

TITRE

**"DECONTAMINATION BACTERIENNE ET
PARASITOLOGIQUE DES EAUX USEES
DOMESTIQUES PAR LA FILIERE
LAGUNAGE DE LA STATION PILOTE DE
L'E.I.E.R."**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRESENTE PAR :

COULIBALY Poulou

ANNEE 1992-1993

DECONTAMINATION BACTERIENNE
ET PARASITOLOGIQUE DES EAUX
USEES DOMESTIQUES PAR LA FILIERE
LAGUNAGE DE LA STATION PILOTE
DE L'EIER

Mention :

Encadrement

A. KLUTSE

E. I. E. R.	
Enregistré à l'arrivée	
le 23 23 JUIN 1993	N° <i>190/93</i>

DEDICACE

- A mon père **OUMAR** qui, de par ses devoirs de bon père, a tant souffert pour moi
- A ma mère, feu **Marie CHANTAL** qui un matin d'Octobre m'amène à l'école, croyant me voir sortir avec un diplôme. C'était sans prédire l'avenir. Que son âme se repose en paix.
- A la famille Madani BA pour toute l'affection dont j'ai été l'objet
- A mes frères et soeurs
- A tous mes amis
- A la future mère de mes enfants
- A tous ceux qui contribuent à l'amélioration de notre cadre de vie

Je dédie ce document.

REMERCIEMENTS

Vouloir élaborer un mémoire de fin d'études n'est pas toujours une tâche facile, surtout lorsque le sujet à traiter est d'importance.

Dans cette grande joie que nous éprouvions de finir les études, nous ne saurions taire notre reconnaissance envers toutes les personnes qui, dans une franche et bien aimable collaboration ont contribué, par des efforts soutenus, à la mise au point de ce document.

A cette fin donc, que l'occasion me soit offerte d'adresser mes sincères remerciements à toute la grande famille enseignante et administrative de l'E.I.E.R. pour les efforts consentis durant ma formation.

Qu'il me soit permis de faire mention spéciale de mon Directeur de mémoire, Monsieur **Amah KLUTSE** à qui j'exprime tous mes remerciements et mes sentiments de profonde gratitude.

Je remercie Monsieur **AFANGHON Dieudonné** pour sa franche collaboration au laboratoire. Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Je tiens à remercier:

- Monsieur **TOUNKARA Mohamed**, pour sa disponibilité et la documentation fournie. Qu'il se voit ici récompensé.

- Monsieur **TRAORE Harouna** pour le service rendu et ses précieux conseils

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de tous mes parents, de mes amis et de tous les autres qui m'ont aidé et dont les noms devraient figurer ici.

Que tous mes collègues de promotion trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude, leurs dévouement et encouragement ayant été exemplaires.

A tous je dis merci

SOMMAIRE

DEDICACE

REMERCIEMENTS

RESUME	1
INTRODUCTION	3
Chapitre I: PRESENTATION DE LA STATION DE L'E.I.E.R	6
I.1. Origine des eaux usées	6
I.2. Description de la station	6
Chapitre II: RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	9
II.1. Lagunage	9
II.1.1. Bassins anaérobies	9
II.1.2. Bassins aérobies	10
II.1.3. Bassins facultatifs	10
II.2. Facteurs physico-chimiques	12
II.2.1. Influence du PH	13
II.2.2. Influence de la température	13
II.2.3. Influence de l'oxygène dissous	14
Chapitre III: MATERIELS ET METHODES	15
III.1. Echantillonnage	15
III.2. Débit et temps de séjour	16
III.2.1. Débit	16
III.2.2. Temps de séjour	16
III.3. Paramètres physico-chimiques	18
III.3.1. Le potentiel d'hydrogène (PH)	18
III.3.2. La température	18
III.3.3. L'oxygène dissous	18
III.3.4. La demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO5)	19

III.4. Paramètres bactériologiques	19
III.4.1. Les Coliformes thermotolérants	19
III.4.2. Les Streptocoques fécaux	20
III.4.3. Les Salmonelles	20
III.5. Parasitologie	22
Chapitre IV: RESULTATS - INTERPRETATION	24
IV.1. Débit et temps de séjour	24
IV.2. Paramètres physico-chimiques	24
IV.2.1. Le potentiel d'hydrogène (PH)	24
IV.2.2. La température	26
IV.2.3. L'oxygène dissous	27
IV.2.4. La demande biologique en oxygène en 5jours (DBO5)	29
IV.3. Paramètres bactériologiques	33
IV.3.2. Streptocoques fécaux	35
IV.3.3. Salmonelles	38
IV.4. Parasitologie	40
Chapitre V: CONCLUSION	42
BIBLIOGRAPHIE	45

PRINCIPAUX SIGLES UTILISES

STEP	: Station d'Épuration
E.I.E.R.	: Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Équipement Rural
C.I.E.H.	: Comité Inter-africain d'Études Hydrauliques
C.R.E.P.A	: Centre Régional pour l'Eau Potable et Assainissement à faible coût
E.P.F.L.	: Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
DI	: Décanteur primaire
BI.1	: Bassin n°1 de la filière I
BI.2	: Bassin n°2 de la filière I
UFC	: Unité Formant Colonies
DBO5	: Demande Biologique en Oxygène en 5 jours (mg/l)
ulog	: Unité Logarithmique
CF	: Coliformes thermotolérants
SF	: Streptocoques fécaux

RESUME
INTRODUCTION

RESUME

Des thèmes comme "DECONTAMINATION BACTERIENNE ET PARASITOLOGIQUE DES EAUX USEES DOMESTIQUES PAR LA FILIERE LAGUNAGE DE LA STATION PILOTE DE L'E.I.E.R." méritent réflexion de tous ceux qui s'intéressent à l'avenir de la sous-région voire du continent qui passe, à notre avis, par la résolution des problèmes environnementaux. C'est ce qui nous a surtout motivé dans le choix du présent mémoire.

A travers le présent ouvrage, notre intention n'est nullement d'épuiser toutes les connaissances relatives à la décontamination des eaux usées domestiques par lagunage, mais plutôt d'apporter notre modeste contribution dans l'appréciation de l'efficacité d'épuration de la station pilote de l'E.I.E.R.

Hormis l'introduction dans laquelle nous situons le sujet dans son contexte en évoquant la problématique et énumérant les objectifs, le document comprend cinq(5) parties dont la conclusion. La première partie, présentation de la station, consiste à la description sommaire de l'objet de notre étude tout en précisant l'origine des eaux usées y arrivant. La recherche bibliographique qui constitue la deuxième partie se veut une référence littéraire autrement dit un étalage des résultats obtenus par certains auteurs. Les protocoles expérimentaux et les principes de détermination des paramètres sont consignés dans la troisième partie tandis que le chapitre IV régroupé les résultats et leurs interprétations. Ainsi:

- on est arrivé à des charges moyennes de 1 560kg/ha.j et 210kg/ha.j respectivement pour BI.1 et BI.2. L'abattement global de la filière est de 79%.

- le pH, la température et l'oxygène dissous se présentent comme suit:

* évolution de la température des eaux en fonction des saisons

* les valeurs de pH sont comprises entre 7 et 8, plage favorable au développement de la flore bactérienne.

* contrairement au deuxième bassin, le premier présente de faibles valeurs en oxygène dissous dues à une forte charge organique. Une légère tendance à la baisse de ces valeurs se fait sentir la nuit.

- Concernant les bactéries témoins de contamination fécale on a relevé:

* un abattement de 99,6% soit 2 à 3 ulog pour les coliformes thermotolérants

* un abattement de 99% soit 2 ulog pour les streptocoques fécaux.

Il y a aussi une mauvaise corrélation entre les streptocoques à l'entrée et à la sortie de chaque unité d'une part et d'autre part entre les coliformes et les streptocoques en un point donné. On observe, par contre, une bonne corrélation entre les coliformes à l'entrée et à la sortie de chaque ouvrage.

- Pas de résultats très concluants pour les salmonelles et les parasites.

La cinquième et dernière partie est la conclusion. Elle résume tous les résultats obtenus et permet de se prononcer sur la capacité d'épuration de la station pilote de l'E.I.E.R.

Malgré quelques difficultés, nous nous sommes attelés pour vous présenter ce travail qui, loin d'être parfait, contribuera à la compréhension générale du fonctionnement de la station de l'E.I.E.R.

Quelque soit le jugement que vous porteriez sur ce travail, sachez qu'il n'est pas un chef d'oeuvre qui cerne tous les problèmes afférents à une épuration des eaux usées domestiques dans sa globalité.

INTRODUCTION

L'Afrique en général et le Sahel en particulier, connaît depuis quelques décennies les effets néfastes de la sécheresse. L'un de ces effets et non le moindre, est le problème crucial d'eau qui se traduit par sa rareté et très souvent sa pollution.

"L'eau, c'est la vie" a-t-on l'habitude de dire, donc indispensable. Mais l'eau constitue aussi un élément dangereux de par son caractère de vecteur de maladies. Pour endiguer ce phénomène, il s'avère nécessaire voire indispensable de vulgariser les techniques visant à préserver la santé des populations.

La progression du niveau de vie des populations engendre l'accroissement des consommations d'eau qui a pour conséquence une production d'eaux usées qu'il convient d'éliminer sans nuisances. Alors un programme d'assainissement viable avec des unités de traitement des eaux usées domestiques s'impose là où on trouve des habitations regroupées.

Ainsi, dans le cadre d'une étude sur les techniques alternatives d'épuration des eaux usées, l'Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural (E.I.E.R.) et le Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût (CREPA) - Ouagadougou - Burkina Faso avec l'appui de la Coopération suisse à travers l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) ont recherché celles qui pourraient répondre le mieux aux problèmes spécifiques des populations en milieu soudano-sahélien. Il est apparu que la technique du lagunage naturel (de préférence) est la mieux adaptée au contexte sahélien. Une station pilote d'épuration des eaux usées est construite à l'E.I.E.R. pour étudier deux systèmes de traitement: par lagunage et par lit bactérien.

Le lagunage est un procédé d'épuration biologique des eaux usées par un écoulement lent de ces eaux dans un ou plusieurs bassins à l'air libre où prolifèrent bactéries, algues et autres micro-organismes, vivant au détriment des matières organiques contenues dans l'eau. En même temps les abondances des micro-organismes pathogènes sont réduites par suite du temps de séjour plus ou moins long de l'eau dans les bassins.

Système rustique et extensif se développant sous l'influence des rayons solaires et de l'air donc, l'épuration naturelle exige au départ un climat à ensoleillement suffisant, des superficies de terrain relativement étendues, une qualité du sol assurant l'imperméabilité pour empêcher la pollution des nappes sous-jacentes.

La technique présente des avantages bien connus:

- souplesse de fonctionnement vis à vis des variations des charges
- simplicité et économie de fonctionnement
- efficacité de la désinfection en germes témoins et de la réduction de pollution organique
- coûts d'investissement par équivalent habitant épuré, d'exploitation et de fonctionnement bas
- possibilité de récirculation des eaux épurées.

Les inconvénients qu'on peut énumérer sont:

- emprise au sol
- dépendance des performances vis à vis du climat
- rendement faible en ce qui concerne les matières en suspension

Si l'efficacité d'épuration des eaux usées par lagunage naturel est appréciée à l'aide des bactéries indicatrices de contamination fécale, toutefois elle est moins connue envers les germes pathogènes.

Dans le cas de la station de l'E.I.E.R., les études ont été globalement menées sur les paramètres physico-chimiques et biologiques définissant la pollution.

Le présent travail consiste en la recherche et au dénombrement des:

- germes test de contamination fécale: coliformes et streptocoques fécaux,
- germes pathogènes: salmonelles,
- parasites: oeufs d'helminthes,

dans les effluents de la station d'épuration des eaux usées de l'E.I.E.R.

Aussi l'approche serait:

- de suivre les oeufs d'helminthes à l'entrée et à la sortie du décanteur primaire.
- de suivre le comportement des bassins de lagunage vis à vis des paramètres comme le potentiel d'hydrogène, la température, l'oxygène dissous et leur impact sur les salmonelles.
- d'établir une relation entre les bactéries test de contamination fécale et les bactéries pathogènes.

**Chapitre I: PRESENTATION DE LA
STATION DE L'E.I.E.R**

I. PRESENTATION DE LA STATION DE L'E.I.E.R

I.1. Origine des eaux usées

Les Eaux usées de la station proviennent des installations de l'E.I.E.R à savoir les logements des étudiants et le restaurant et, des locaux du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H) dans une proportion moindre.

Le réseau des effluents est de type séparatif. Les eaux usées provenant du laboratoire du Génie Sanitaire ne sont pas épurées par la station à cause de sa toxicité: elles sont recueillies dans le réseau d'eaux pluviales.

Le volume moyen journalier d'eaux usées arrivant à la station est de 40m³ environ.

I.2. Description de la station

La figure 1 montre le schéma général de la station expérimentale de l'E.I.E.R qui se compose de:

- * un dégrilleur;
- * une mini station de pompage;
- * un décanteur primaire;
- * deux filières de lagunes naturelles;
- * deux filières comprenant chacune un lit bactérien, un décanteur secondaire et un bassin de maturation;
- * une bache de stockage;
- * un digesteur.

- Placé à l'entrée de la bache de pompage, le dégrilleur, manuel amovible, est constitué d'une grille dont les mailles ont une largeur d'environ 1.5cm. Premier ouvrage tampon, la bache est équipée de deux pompes centrifuges identiques immergées fonctionnant alternativement pendant 6 à 8 heures par jour avec un débit moyen de 6.4 m³/h. Par rapport au sol les dimensions de la bache sont:

l=1.20 m

L=1.60 m

H=2.60 m

DESCRIPTION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL PILOTE DE L'EIER

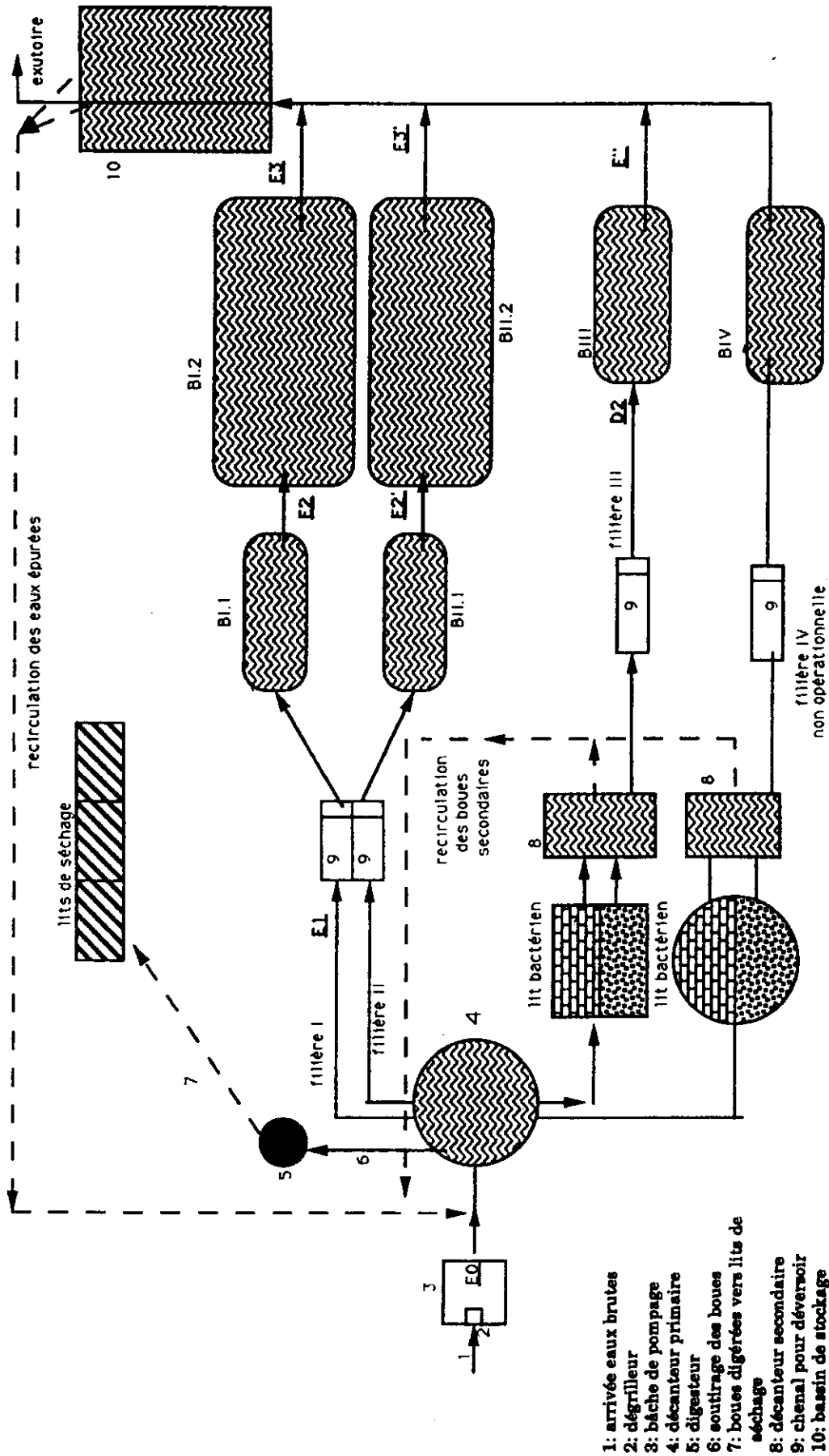


Fig. 1 : Schéma de la station pilote de L'EIER.

- Les eaux usées sont refoulées de la bache vers un décanteur primaire cylindro-conique à flux vertical de 3.3 m de haut sur 2.5m de diamètre. Piégées dans la partie conique de l'ouvrage, les boues sont acheminées vers un épaisseur-digesteur après soutirage par siphonnage. Les boues digérées sont, par la suite, déshydratées sur des lits de séchage de 34.8m² avant épandage éventuel pour l'utilisation en agriculture.

- Les eaux décantées se répartissent entre les 4 filières: 2 à lagunes et 2 à lits bactériens.

* La filière I du lagunage facultatif comprend 2 bassins de forme quelconque. Les berges des bassins sont en latérite-ciment et ont une pente de 45°

* La filière II comprend aussi 2 bassins de forme quelconque dont les berges sont couvertes de bache en polyéthylène noire.

* La filière III comprend en amont du lit bactérien de forme rectangulaire scindé en deux compartiments contenant respectivement des briques en latérite et des graviers en quartz. La répartition du débit sur le lit bactérien s'effectue à l'aide d'un auguet basculant. En aval de la filière se trouve un bassin de maturation. Le décanteur secondaire aménagé a pour rôle de piéger les boues d'autocurage du lit bactérien.

* La filière IV comprend aussi un lit bactérien de forme circulaire dont les garnitures sont en quartz et en latérite. Le répartiteur des eaux est un sprinkler. Après une décantation secondaire, les eaux sont ensuite acheminées vers un bassin de maturation de mêmes dimensions que celui de la filière III.

TABLEAU 1: Description des bassins de la station

Bassin	Profondeur (m)	Superficie (m ²)	Volume (m ³)
BI.1	1.22	62	76
BI.2	1.07	340	364
BII.1	1.30	67	87
BII.2	0.85	300	255
BIII	0.75	174	131

Chapitre II: RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

II. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1. Lagunage

Une lagune n'est rien d'autre qu'une succession de bassins de faible profondeur, excavés dans le sol, où l'effluent séjourne dans l'attente d'une épuration par les processus naturels. Cette épuration peut se traduire par:

- la dégradation de la matière organique,
- l'abattement des bactéries indicatrices de pollution fécale,
- la réduction voire l'élimination des germes pathogènes et des parasites,
- etc...

Simple et moins onéreux, le lagunage est considéré de nos jours comme l'un des procédés d'épuration naturelle les plus fiables [6]. Ainsi, cette technique a été vulgarisée à travers le monde.

Comme défini, le lagunage comporte des bassins qui n'ont pas les mêmes caractéristiques de fonctionnement. De nombreuses études ont été faites sur les bassins et leurs processus d'épuration par Gloyna [10]. On distingue:

II.1.1. Bassins anaérobies

Ce sont des bassins de 3 à 4 mètres de profondeur colonisés par les bactéries anaérobies. Ces bassins sont davantage utilisés pour le traitement des eaux usées concentrées ($DBO_5 > 300\text{mg/l}$) et pour une eau contenant une forte concentration de matières en suspension [18]. La dégradation de la matière organique aboutit à la libération des gaz tels que le méthane (CH_4) et le dioxyde de carbone (CO_2).

II.1.2. Bassins aérobies

D'une profondeur d'environ 1m ces types de bassins sont aérés soit naturellement soit artificiellement. L'aération artificielle se fait soit par diffuseur soit par agitation mécanique. La dégradation de la matière organique s'accompagne de consommation d'oxygène. Pour un "raffinage" des eaux traitées, ces bassins peuvent être utilisés comme bassins de maturation.

II.1.3. Bassins facultatifs

De 2 mètres de profondeur, ils comportent 2 zones distinctes qui coexistent verticalement:

- l'une supérieure qui est aérobie, créée et maintenue par le processus photosynthétique,
- l'autre inférieure est anaérobie du fait des processus de dégradation de la matière organique.

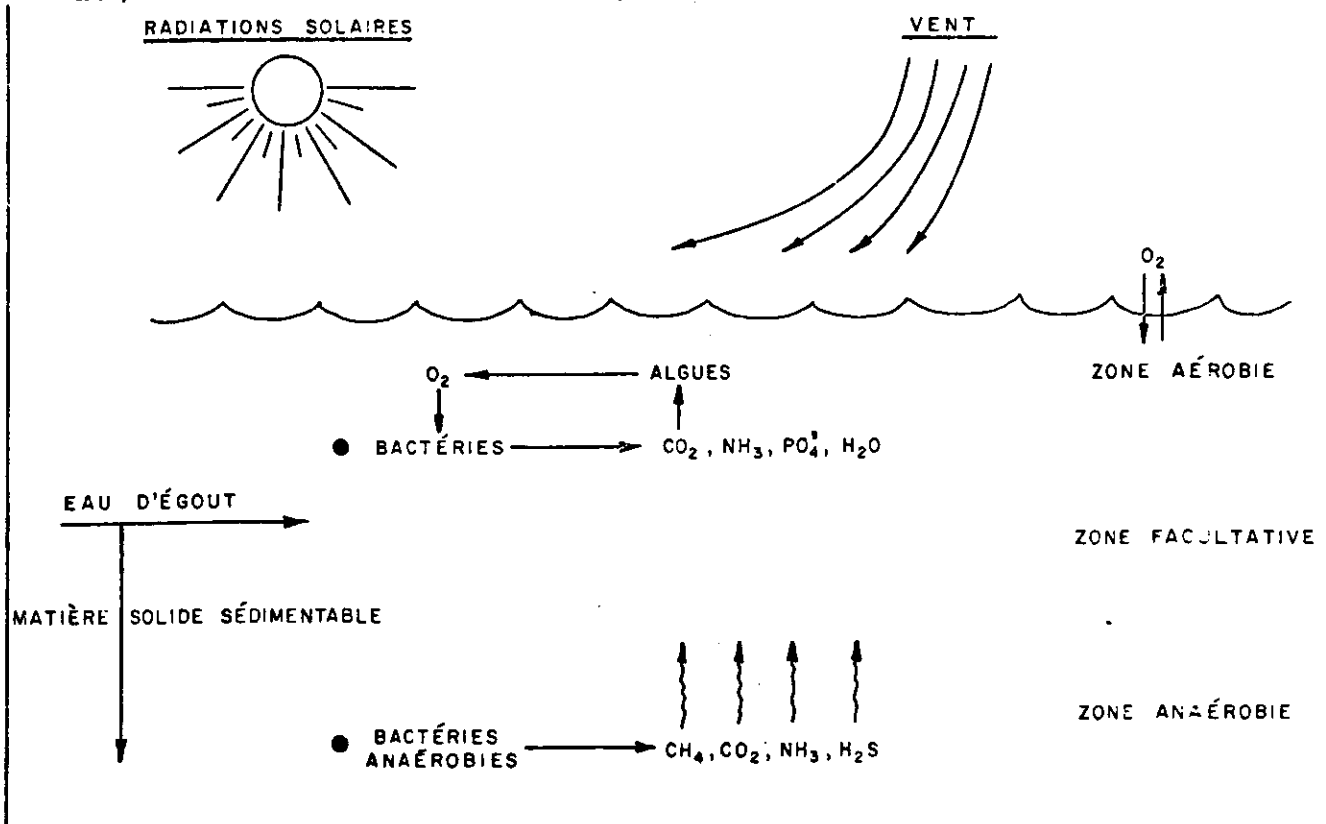


Fig 2: Schéma de fonctionnement d'un bassin facultatif, tiré de [18]

Dans les eaux usées brutes, les dénombrements font classiquement état de concentrations comprises entre 10^6 et 10^8 coliformes fécaux par 100ml. Un dispositif classique de traitement des eaux usées éliminant 99% des germes conduit à un rejet contenant encore de 10^4 à 10^6 germes par 100ml, ce qui est très éloigné des valeurs souhaitées qui sont inférieures à 1000 pour 100ml avec une moyenne de 100 germes par 100ml [5]. Malheureusement, la recherche des germes indicateurs n'est pas suffisante en elle même. Leur présence dans l'eau implique seulement la possibilité d'y trouver des germes pathogènes. En s'intéressant uniquement aux indicateurs de pollution fécale, on court de grands risques: risques épidémiologiques par exemple.

Les études relatives au comportement des bassins vis à vis des germes pathogènes comme les salmonelles ont été menées.

La parasitologie étant un problème réel dans les pays en voie de développement et que notre étude porte sur le comportement des bassins de lagunage sous son aspect sanitaire, nous nous sommes intéressés aussi à la recherche des parasites tels que les oeufs d'helminthes. Des études ont été faites dans ce sens. En eau d'entrée, le nombre d'oeufs d'helminthes devrait permettre de connaître le niveau d'infestation de la pollution humaine et animale d'après Feachem et al. [14]; en eau épurée, il permet d'apprécier les risques sanitaires pour l'homme et le bétail liés à l'utilisation de cette eau selon Feliciano cité par Stien [17].

II.2. Facteurs physico-chimiques

Dispositif très intégré, le lagunage se trouve dépendre, plus que tout autre, de l'ensemble des conditions environnementales:

- géologiques et pédologiques
- climatiques
- fonciers
- sensibilité saisonnière du milieu récepteur.

Le pouvoir auto-épurateur des milieux aquatiques est connu de longue date mais les premières appréciations sur le rôle et l'importance des facteurs environnementaux intervenant dans l'auto-épuration n'ont été apportées qu'il y a quelques décennies. Plusieurs auteurs, entre autres Baleux et Troussellier [3] ont eu à faire des études dans ce sens.

II.2.1. Influence du PH

Le PH influence fortement les réactions de dégradation de la matière organique ainsi que l'élimination des germes pathogènes. Il augmente avec l'activité photosynthétique qui provoque une forte demande en CO₂ [11, 18]. Dans les environnements aquatiques les bactéries ont leur plage de PH pour se développer.

D'après Pelzcar et Coll. 1979, les bactéries peuvent se développer dans une gamme de PH comprise entre 6.5 et 8.5 - entre 5 et 9 selon Bachoffen cités par Bahlaoui [2]. Leur optimum de croissance se situe entre 6.5 et 7.5 d'après Mezrioui [3].

II.2.2. Influence de la température

La température est un paramètre qui joue un rôle fondamental sur le comportement et le rendement épuratoire des lagunes même si son appréciation est difficile à cause du nombre de facteurs qui peuvent interférer.

Dans la littérature, il est généralement admis que la température a un effet accélérateur sur l'inactivation bactérienne, Mc Feters et coll. 1974; Mitchell et Starzyk 1975 cités par Bahlaoui [2]. Une augmentation de température se traduit par une augmentation du pouvoir épurateur lorsque le milieu biologique s'y prête. Au delà de la limite supérieure de 37°C environ, l'activité bactérienne, donc la demande en oxygène, augmente suite à la diminution de la concentration algale.

II.2.3. Influence de l'oxygène dissous

La teneur en oxygène est un facteur limitant les processus de minéralisation de la matière organique. Concernant les coliformes, Calkins et Moeller [4] affirment que ces germes, à raison du fait qu'ils sont des organismes aérobies et facultativement anaérobies préfèrent les conditions extrêmes - abondance ou pauvreté en oxygène dissous. C'est un paramètre qui est essentiellement lié à l'activité photosynthétique.

Chapitre III: MATERIELS ET METHODES

III. MATERIELS ET METHODES

III.1. Echantillonnage

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons en polyéthylène et transportés immédiatement au laboratoire pour analyses; le site est à 100m du laboratoire.

Les points de prélèvements sont E₀, E₁, E₂, E₃ et D₂. (Voir fig.1.)

L'échantillonnage constitue la phase déterminante d'une expérience. Il a certainement une influence sur les résultats d'analyse et les calculs des charges polluantes. Les analyses n'ont de valeur que si l'échantillon est vraiment représentatif des conditions ou de la qualité existant réellement dans la pratique.

Ainsi nous avons suivi deux méthodes de prélèvement: en continu et ponctuels

- les prélèvements en continu permettent d'obtenir des échantillons composites afin d'apprécier la représentativité des échantillons ponctuels.

- les prélèvements ponctuels servent à choisir une heure de prélèvements qui nous donne un échantillon représentatif de l'échantillon journalier. D'après les travaux de Guène [11] et Roduit [12], ces heures sont les suivantes: 7-11-15-16 et 19 heures.

Nos prélèvements sont effectués le matin à 7 heures.

Le rythme de prélèvement a été de 3 jours par semaine:

- les prélèvements pour la bactériologie se font 2 fois par semaine
- les prélèvements pour la parasitologie ont lieu une fois par semaine.

III.2. Débit et temps de séjour

III.2.1. Débit

Le débit moyen d'eaux usées arrivant sur la filière I est de 25 m³/jour. Les débits sont déterminés à partir du débit spécifique des pompes et de leur temps de fonctionnement, relevés quotidiennement sur le tableau de commande. La détermination du débit spécifique est effectuée à l'entrée du premier bassin de la filière I. Connaissant le volume recueilli pendant un temps donné et connaissant le temps de fonctionnement journalier des pompes, on calcule le débit.

III.2.2. Temps de séjour

La distribution des temps de séjour est obtenue par injection du chlorure de lithium. Une masse M du traceur est injectée de façon instantanée à l'entrée du bassin. Ensuite il est procédé à des prélèvements ponctuels toutes les 24 heures. Les échantillons sont filtrés avant le dosage avec spectrophotomètre à flamme type JENWAY PFP7. Les prélèvements sont effectués pendant un temps double du temps de séjour [18]. On quantifie le lithium et les concentrations C_0 et C respectivement à l'entrée et à la sortie du bassin sont exprimées en mgLi/l.

Les courbes de distribution des temps de séjour se présentent ainsi

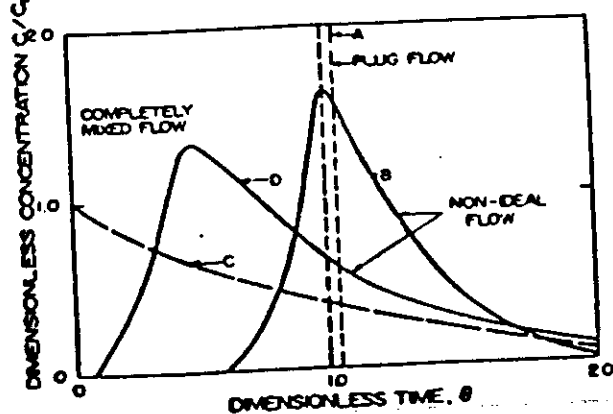


Fig3: Courbes de distribution des temps de séjour, tiré de [12]

- la courbe A caractérise un écoulement en piston pour lequel les particules ont un temps de séjour identique;

- les courbes B et D caractérisent des écoulements intermédiaires non idéaux, du type de ceux obtenus expérimentalement;

- la courbe C caractérise un écoulement à mélange intégral, soit un bassin homogène;

- les courbes A et C sont évidemment des courbes purement théoriques.

Le temps de séjour moyen réel est donné par:

$$\boxed{t_m = \theta_m \times t_{théo}} \quad \text{avec} \quad \theta_m = \frac{\int_0^{\theta_0} \frac{C}{C_0} \theta d\theta}{\int_0^{\theta_0} \frac{C}{C_0} d\theta}$$

et le volume des zones mortes est donné en valeurs relatives par:

$$\boxed{V = 100 \times (1 - \theta_m)}$$

V = Volume mort

θ_m = temps de séjour moyen réduit

θ = temps de séjour réduit

θ_0 = temps de prélèvement, fixé à 2 fois le temps de séjour théorique

$t_{théo}$ = temps de séjour théorique

t_m = temps de séjour moyen réel

C_0 = concentration du lithium à l'entrée du bassin

C = concentration du lithium à la sortie du bassin

III.3. Paramètres physico-chimiques

III.3.1. Le potentiel d'hydrogène (PH)

Le potentiel d'hydrogène est un paramètre chimique qui caractérise l'acidité ou la basicité du milieu. Le PH est exprimé par le cologarithme décimal de la concentration en ions H^+ :

$PH = - \log H^+$. Intervenant presque dans tous les processus métaboliques qui conditionnent l'évolution d'un être vivant, sa connaissance dans la survie des oeufs d'helminthes, par exemple, est d'une importance capitale.

La mesure du PH est faite in situ avec le PHmètre du type MERCK PH 85T. Avant les manipulations l'appareil est étalonné avec des solutions tampons $PH = 7$ et $PH = 4$.

III.3.2. La température

Dans un milieu liquide, la température intervient dans toutes les réactions chimiques. Son influence se fait sentir surtout dans la cinétique de l'épuration: plus la température est élevée, plus la dégradation de la matière organique contenue dans une eau usée se fait rapidement.

La mesure de la température a été faite in situ avec un oxymètre de type WTW OXI 96.

III.3.3. L'oxygène dissous

La teneur en oxygène dissous a un impact sur le rendement épuratoire d'un bassin. Dans les conditions anaérobies on admet un rendement d'épuration de 40 à 60% tandis qu'en aérobiose cette valeur est de 60 à 80% [18].

La présence d'oxygène dissous dans l'eau favorise la croissance d'organismes aérobies ou facultatifs. L'apport d'oxygène peut avoir diverses origines:

- échanges gazeux au niveau de la surface de la lagune qui sont favorisés, par exemple, par le vent
- production d'oxygène par photosynthèse.

La mesure in situ de l'oxygène dissous est faite avec un oxymètre WTW OXI 96.

III.3.4. La demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO5)

La demande biologique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour assurer la destruction des matières organiques en aérobiose contenues dans l'eau. Par convention, la DBO5 est la valeur obtenue après 5 jours d'incubation à 20°C [18].

La mesure de la DBO est faite selon la méthode manométrique basée sur le principe du respiromètre de HACH. L'appareil utilisé est de type HACH MODEL 2173B BOD, placé dans un réfrigérateur maintenu à 20°C qui enregistre la consommation d'oxygène correspondant à la diminution de la pression en oxygène dans le flacon. Voir ANNEXE 1.

III.4. Paramètres bactériologiques

Nous nous sommes intéressés aux bactéries indicatrices de contamination fécale et germes pathogènes tels que les salmonelles. Hormis ces germes, on a procédé à la recherche des parasites tels que les oeufs d'helminthes.

III.4.1. Les Coliformes thermotolérants

Le dénombrement des coliformes thermotolérants sert à juger du degré de pollution bactériologique par contamination fécale d'un effluent provenant d'une lagune. Par 100ml d'eaux usées brutes on peut trouver de 10^6 à 10^8 coliformes [5].

Les coliformes sont des organismes en bâtonnets non sporogènes à coloration gram(-), aérobies ou facultativement anaérobies ne possédant pas d'oxydase et fermentant le lactose avec production d'aldéhyde en 48 heures à $37 \pm 1^\circ\text{C}$.

Le milieu de culture retenu pour l'isolation des coliformes thermotolérants est la gélose lactée au TTC (Tryphényl Tétrazolium Chloride) et Tergitol 7.

Dans une boîte de pétri contenant le milieu de culture, on étale 0.1ml d'échantillon d'eau à analyser et/ou de ses dilutions successives en eau distillée stérile.

Après 24 heures d'incubation à $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$, sont dénombrés comme coliformes thermotolérants les colonies jaunes ou orangées avec halos jaunes.

III.4.2. Les Streptocoques fécaux

Indicateurs sûrs et très sensibles [5] tout comme les coliformes, les streptocoques sont des cocci gram(+) groupées en chaînettes plus ou moins longues, aéro-anaérobies facultatives. Ils sont peu exigeants pour leur croissance. Le milieu de culture retenu est celui dit de Slanetz et Bartley agar. L'étalement en surface est la méthode utilisée.

Après 48h d'incubation à 37°C, sont dénombrés comme streptocoques fécaux toutes les colonies rouges violacées ou marronnes avec ou sans auréoles blanches.

La recherche, l'identification et le dénombrement des indicateurs de pollution fécale sont généralement possibles par 4 méthodes:

- incorporation en gélose
- étalement en surface de gélose
- membrane filtrante.
- méthode de tubes multiples utilisée surtout pour la quantification.

Pour les coliformes et les streptocoques, le nombre de bactéries par 100ml est calculé par:

$$N_{bactéries}/100ml = \frac{n \times 100}{V \times 10^{-x}}$$

avec n = Nombre de germes comptés

V = volume d'essai en ml

10^{-x} = facteur de dilution

Pour le protocole expérimental détaillé de la recherche des coliformes et streptocoques, voire ANNEXE 2

III.4.3. Les Salmonelles

Les salmonelles sont des bacilles gram(-) non sporulés, appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Elles mesurent 0.7 à 1.5 x 1.5 à 5 µm et sont mobiles par ciliature péritriche à l'exception de salmonella gallinarum.

Le milieu d'enrichissement retenu est le bouillon Sélénite F modifié dont la composition est la suivante [3]: bouillon sélénite F, Novobiocine (45mg/l), Pril (200mg/l), PH = 7.

L'incubation se fait à 43°C au bain marie pendant 24 heures.

Le milieu d'isolement choisi, la gélose S.S, doit permettre de par sa composition, d'inhiber la flore secondaire et favoriser le développement de salmonelles. L'incubation de la gélose S.S se fait à 37°C pendant 48h.

Les colonies retenues, sont transparentes à centre noir. L'identification des salmonelles passe par la recherche simultanée de plusieurs tests enzymatiques au moyen de la méthode standardisée APIZ (API Sytem). Après élimination des colonies n'appartenant pas au genre salmonella, on peut passer au sérotypage.

- Dénombrement sur membrane filtrante

La filtration est faite 3 fois successives sur les membranes de cellulose 12µm, 5µm et 0.45µm. Après filtration, les membranes sont introduites dans des flacons contenant le bouillon sélénite F modifié et l'ensemble est incubé à 43°C au bain marie pendant 24h.

Après l'enrichissement, on isole les salmonelles à partir de la gélose S.S qui est incubée à 37°C pendant 48h. L'enrichissement à partir de la gélose se fait par étalement avec dilution afin d'avoir des colonies caractéristiques bien isolées.

La quantification des salmonelles est basée sur la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP) qui consiste à dénombrer indirectement par calcul statistique après répartition de l'inoculum dans un milieu de culture liquide. On homogénéise d'abord l'échantillon à analyser par agitation. Les volumes d'eau utilisés: 1000, 100, 10 et 1ml de l'échantillon. Ainsi, 3 séries de 3 tubes contenant le milieu d'enrichissement choisi ont étéensemencées avec des volumes d'eau, filtrés ou non, décroissant avec une progression géométrique de 10.

Le rapport volume du milieu d'enrichissement sur le volume d'eau de l'échantillon à analyser est de 10. Sont soumises à l'identification les colonies transparentes à centre noir qui se sont développées sur le milieu gélose S.S. La technique utilisée est la méthode standardisée APIZ (API system) qui est en fait basée sur la présomption.

Parmi les 3 séries des trois tubesensemencées respectivement avec des volumes d'eau d'échantillon de 1000, 100, 10 et 1ml (3x1000; 3x100; 3x100, 3x1), la série de base retenue est celle où les trois tubes sont positifs et qui correspond au plus petit volume d'eauensemencée; les 2 autres sont les 2 séries voisines dont tous les tubes ne sont pas positifs. Ainsi à partir du nombre de tubes positifs dans chaque série (nombre caractéristique), le résultat du dénombrement est donné directement en se référant à une table statistique (J. C. de Man, 1975) qui permet d'indiquer la valeur statistiquement la plus probable et ses intervalles de confiance à 95 et 99% [2]. Voir ANNEXE 3

III.5. Parasitologie

Comme précédemment annoncé, la recherche des parasites au cours d'un cycle de traitement des eaux permet de fournir des informations sur l'efficacité de la station. En eau d'entrée, le nombre d'oeufs d'helminthes devrait permettre de connaître le niveau d'infestation de la pollution humaine et animale; en eau épurée, il permet d'apprécier les risques sanitaires pour l'homme et le bétail liés à l'utilisation de ces produits.

Les Ascaris sont des vers Nématodes de grande taille: les femelles mesurent 20 à 25cm de long sur 5 à 6mm de diamètre et les mâles de 15 à 17cm de long sur 2 à 4mm de diamètre. Les oeufs sont extrêmement résistants et lorsqu'ils sont éliminés, ils ne sont pas embryonnés.

La méthode de mise en évidence et de quantification retenue est celle de FAUST, recommandée pour la recherche des oeufs d'Ascaris entre autres. Cette méthode est basée sur la centrifugation. Pour cela on a :

- une centrifugeuse du type CHERMLE Z320 à vitesse variable
- de l'eau physiologique
- d'une solution de sulfate de zinc à 33%
- des pipettes Pasteur
- une cellule Mac Master
- un microscope

Avant le début des manipulations, on doit toujours vérifier la densité de l'eau physiologique qui est environ 1.18 supérieure à 1.13 qui est celle des oeufs d'ascaris.

La méthode de FAUST est consignée en ANNEXE 4.

Les prélèvements pour la parasitologie ont eu lieu à l'entrée et à la sortie du décanteur primaire soit, respectivement aux points E_0 et E_1

Chapitre IV: RESULTATS - INTERPRETATION

IV. RESULTATS - INTERPRETATION

IV.1. Débit et temps de séjour

Le débit escompté au début de l'étude est de $25\text{m}^3/\text{j}$ sur la filière I soit approximativement $2/3$ du débit de $40\text{m}^3/\text{j}$ entrant dans la station. Le débit moyen retenu est de $22.5\text{m}^3/\text{j}$. Cette valeur avoisine celle trouvée par Roduit [12] qui est de $22\text{m}^3/\text{j}$. Guène [11] en son temps, a trouvé une valeur moyenne de $18\text{m}^3/\text{j}$ sur la filière I. Aujourd'hui, c'est dans le but de diminuer le temps de séjour qu'on a augmenté le débit.

Faute de temps, nous n'avons pas pu suivre nous même les expériences de traçage. Néanmoins, ce travail a été récemment fait par Roduit et résumé dans le tableau suivant:

	Décembre			Janvier		
	$t_{\text{théo}}$ [jour]	t_m [jour]	Volume mort en [%]	$t_{\text{théo}}$ [jour]	t_m [jour]	Volume mort en [%]
BI.1	3.45	3.4	1			
BI.2	16.5	13.2	20	16.5	14.2	14

TABLEAU 2: Temps de séjour moyens des bassins, tiré de [12]

Roduit affirme, après observation des courbes de distribution des temps de séjour, avoir mis en évidence la présence de court-circuits spécialement dans le deuxième bassin, par l'apparition d'un important pic après moins d'un dixième du temps de séjour théorique.

IV.2. Paramètres physico-chimiques

Pour une bonne interprétation, nous avons jugé nécessaire de compléter nos résultats avec ceux obtenus par M^r KLUTSE.

IV.2.1. Le potentiel d'hydrogène (PH)

Les résultats des mesures sont en ANNEXE 5.

TABLEAU 3: Valeurs moyennes de PH

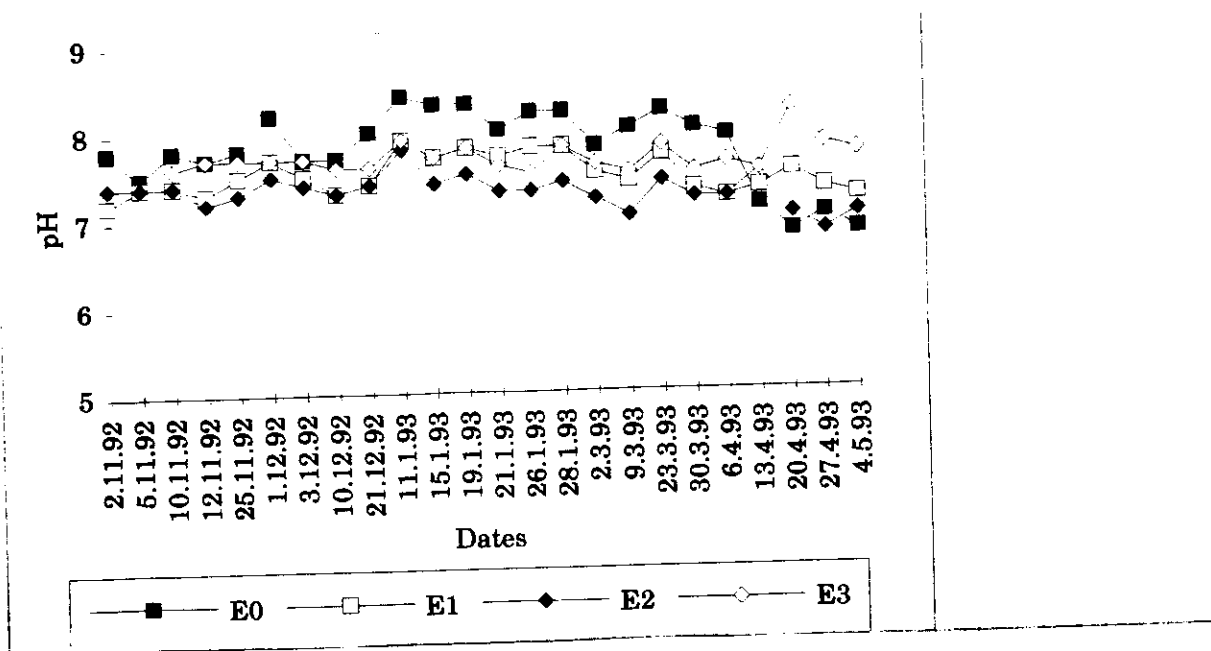
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	D ₂
Moyenne	7.8	7.5	7.3	7.7	7.3
Ecart-type	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2

Les plus grandes valeurs de pH sont relevées au point E₀. Les différences entre les valeurs des autres points sont dans l'ensemble faibles.

Le pH des eaux du deuxième bassin est supérieur à celui du premier, ce qui peut s'expliquer par une activité photosynthétique plus importante [18]. Le bassin BI.2 fonctionne comme un facultatif; c'est pourquoi le pH ne dépasse pratiquement pas 8 comme le montre la figure 4.

Les eaux recueillies au point D2 (filière lit bactérien), ont leur pH légèrement inférieur à celui du point E₁ (sortie du décanteur primaire, filière I). Ceci peut s'expliquer par exemple, par le dégagement de certains gaz comme H₂S et CO₂ qui se produit au niveau du lit bactérien après putréfaction des microfilms se trouvant sur le garnissage.

Fig 4: Variations du pH de l'eau sur la filière lagune.



IV.2.2. La température

Les résultats des mesures sont en ANNEXE 6

TABLEAU 4: Valeurs moyennes de la température (°C)

	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	D ₂
Moyenne	27.4	27.2	25.2	24.0	27.7
Ecart-type	2.6	2.8	3.4	3.7	1.5

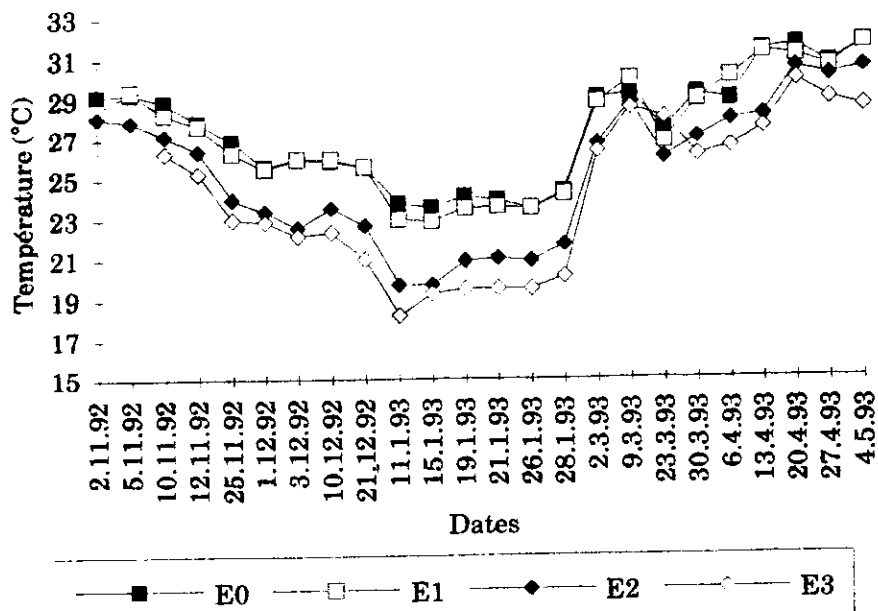
Les températures moyennes décroissent de l'amont vers l'aval sur la filière lagune. On constate la valeur relativement élevée dans le bassin BI.1 par rapport au BI.2. Cela peut s'expliquer par:

- la petitesse du volume de BI.1
- un brassage de la surface de l'eau accentué en BI.2. La remontée des boues à la surface de BI.1 ne favorise pas la baisse de température.
- une eau relativement chaude provenant du décanteur primaire.

La différence entre les valeurs de température en E₁ et D₂ peut être due au fait que les eaux de la filière III s'exposent plus au rayonnement solaire avant le point de prélèvement D₂; cela se produit au niveau du lit bactérien et du décanteur secondaire.

On remarque sur la figure 5 que les eaux prélevées aux points E₀ et E₁ sont pratiquement à la même température. Il en est de même presque pour E₂ et E₃. Globalement on constate une baisse de température de Novembre à Février et une montée à partir du début Mars. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'en Novembre - Février on est en période froide et à partir de Mars la saison commence à devenir chaude.

Fig 5: Variations de la température de l'eau sur la filière lagunaire



IV.2.3. L'oxygène dissous

Les résultats des mesures sont en ANNEXE 7

TABLEAU 5: Valeurs moyennes de l'oxygène dissous (mg/l)

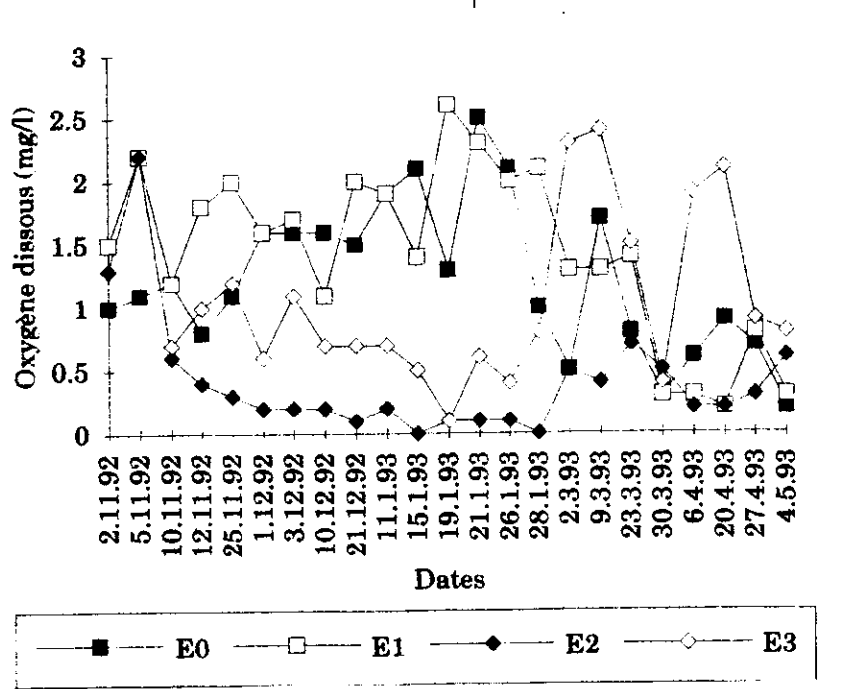
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	D ₂
Moyenne	1.2	1.4	0.4	1.0	1.9
Ecart-type	0.6	0.7	0.5	0.6	0.7

On constate en premier lieu une légère oxygénation des eaux suite à leur passage dans le décanteur primaire [12]. Ce phénomène s'explique par le fait, par exemple, qu'il y a eu échanges de surface. Il y a aussi eu une oxygénation sur le trajet E₀ - D₂.

Le bassin BI.1 a fonctionné presque en anaérobiose, raison pour laquelle les valeurs de l'oxygène dissous y sont très faibles. Ces valeurs concordent avec les précédentes obtenues sur la station [11, 12, 18]. On a remarqué à partir de Février la formation d'une croûte algale à la surface de BI.1; ce qui empêche la diffusion de l'oxygène de l'air dans l'eau.

Les valeurs de l'oxygène dissous en BI.2 sont un peu plus élevées comme le montre la figure 6. Ceci peut s'expliquer par le fait que les charges y sont plus faibles et l'activité photosynthétique plus intense.

Fig 6: Variation de l'oxygène dissous sur la filière lagune



Remarque: Période de forte température, on a constaté une tendance à la diminution de l'oxygène dissous: Bon fonctionnement des bassins.

IV.2.4. La demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO5)

Les résultats des mesures sont consignés en ANNEXE 8

TABLEAU 6: Valeurs moyennes de la DBO5 (mg/l)

	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	D ₂
Moyenne	547	430	320	113	120
Ecart-type	41	94	147	37	40

A vue d'oeil, les chiffres apparaissent logiques car diminuent de l'amont vers l'aval de la filière I. Les rendements diffèrent selon l'ouvrage:

- décanteur primaire: 21%
- Bassin BI.1 : 26%
- Bassin BI.2 : 65%

La filière III a un rendement moyen de 78% jusqu'au point D₂.

Les rendements des différents ouvrages ne sont pas très satisfaisants. Néanmoins, le décanteur primaire, même si son rôle n'est pas d'épurer vis à vis de la DBO5, y contribue légèrement à travers son rendement de 21%.

On remarque que BI.2 est plus efficace que BI.1. Cela peut s'expliquer par:

- la charge élevée en BI.1 plus qu'en BI.2: respectivement 1560 et 212Kg/ha.j de DBO5 pour BI.1 et BI.2.
- le temps plus long en BI.2 que disposent les bactéries pour dégrader la matière organique, donc épuration beaucoup plus complète: différence de temps de séjour.
- l'épuration est plus efficace en BI.2, qui est en aérobiose, qu'en BI.1 qui fonctionne en anaérobiose.

Les valeurs moyennes répertoriées dans le tableau 6 concordent légèrement, à $\pm 10\%$ près hormis le point E_2 , avec celles trouvées par Roduit qui sont:

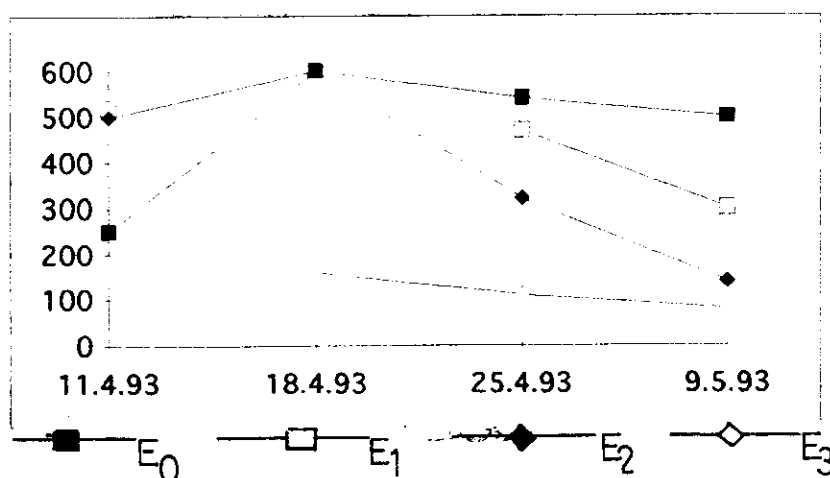
	E_0	E_1	E_2	E_3
Moyenne	495	480	250	111
Ecart-type	97	91	31	27

TABLEAU 7: Tiré de [12]

Le rendement global de la filière lagune est de 79%: satisfaisant. Les rendements trouvés par Guène et Roduit sont respectivement 83 et 77%.

Remarquons qu'en référence à la norme française qui fixe la concentration de l'effluent à 40mg/l de DBO5 le tableau a) de l'ANNEXE 8 nous permet de constater que 100% des rejets de la filière I sont supérieurs à 40mg/l. Heureusement que ces effluents ne sont pas directement rejetés ou réutilisés: au niveau du bassin de stockage les eaux très bien épurées de la filière III s'y ajoutent; pouvant diminuer ainsi la pollution.

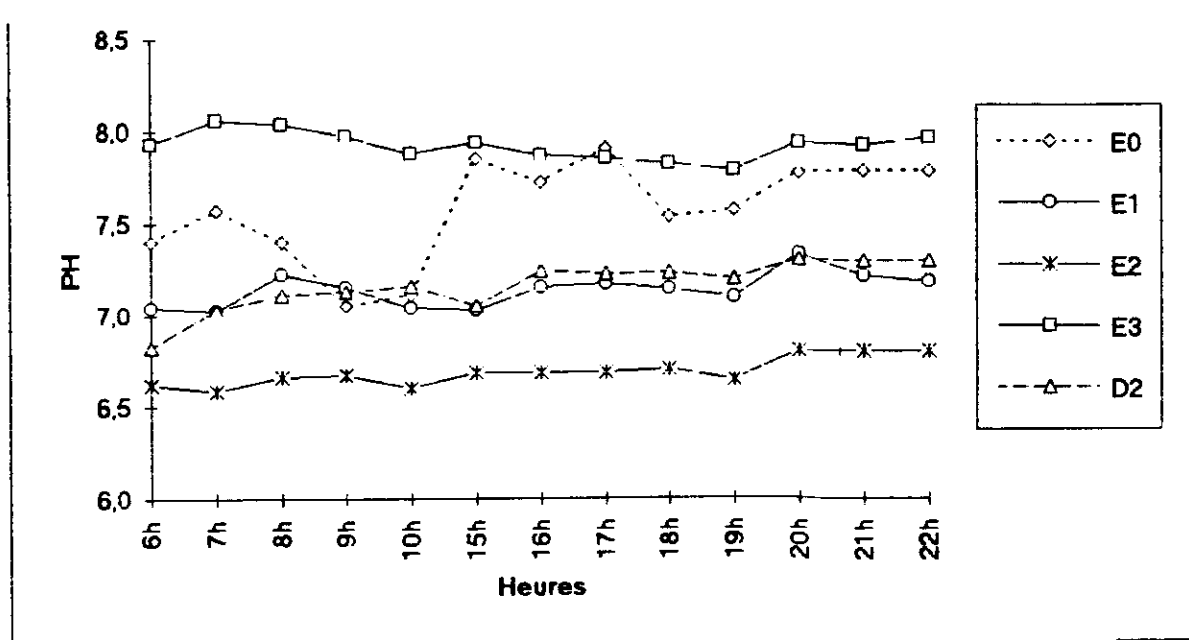
Fig 7: Evolution de la DBO5 sur la filière lagune.



IV.2.5. Suivi journalier de pH, de la température et de l'oxygène dissous

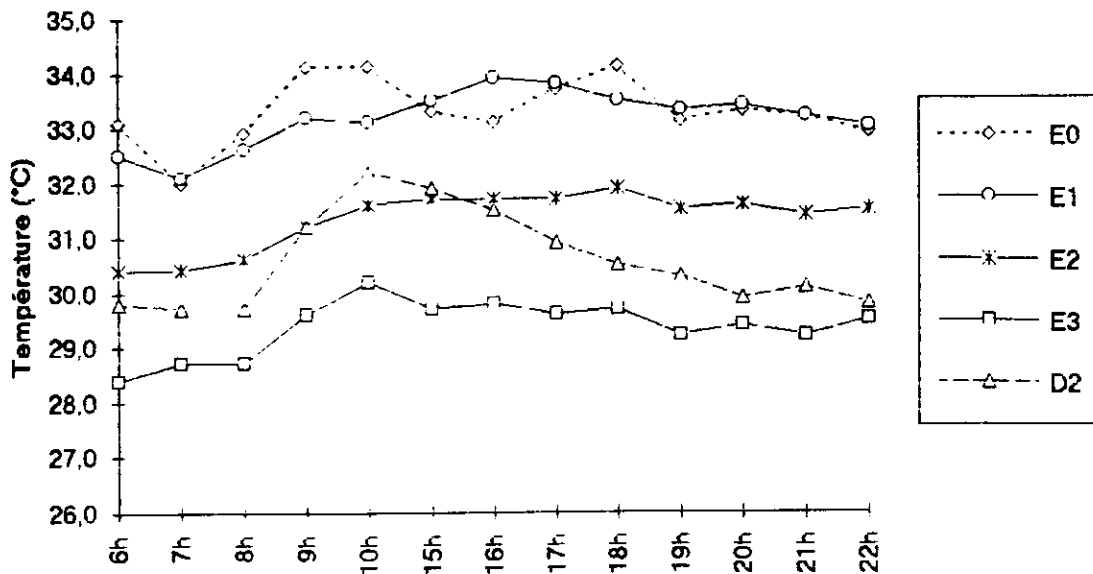
Les résultats des mesures sont en ANNEXE 9. Le commentaire porte sur le fonctionnement des bassins le jour et la nuit suivant l'évolution de ces différents paramètres.

Fig 8a: Variation de pH



Dans l'ensemble, pas de variation en moyenne entre le jour et la nuit. Cependant on constate une fluctuation en E₀. L'absorption de l'oxygène et le dégagement du dioxyde de carbone la nuit par les phytoplanctons devrait aboutir à la baisse de pH. On pourrait peut être observer une variation notable au delà des 22h, heure à laquelle nous avons arrêté les mesures.

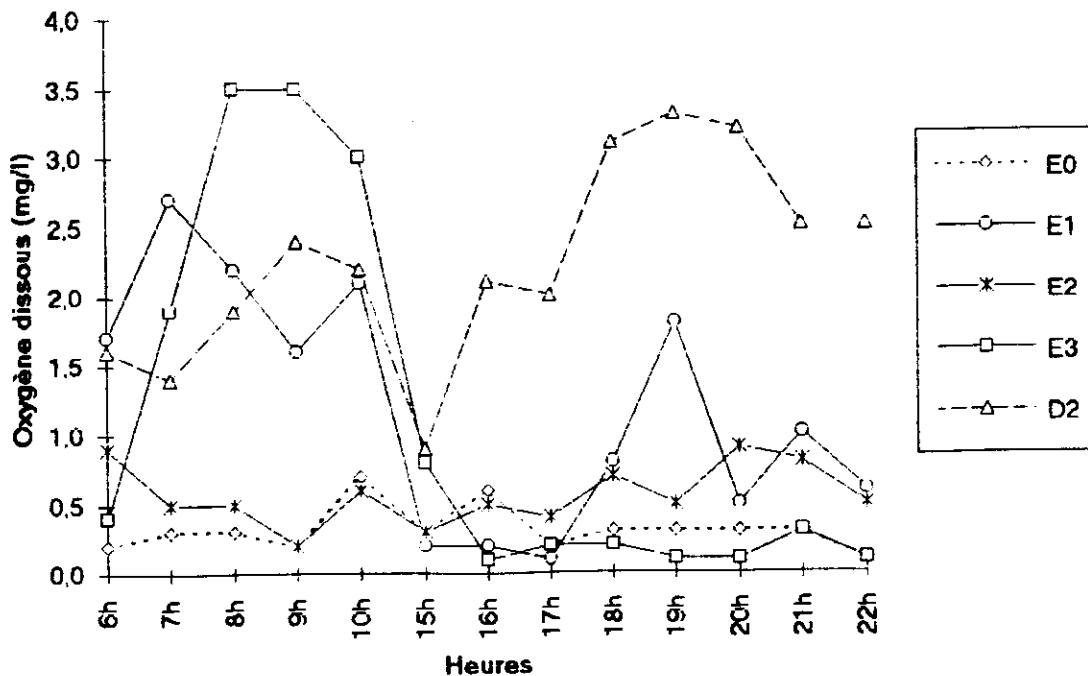
Fig 8b: Variation de la température (°C)



La température dans l'ensemble baisse la nuit, ce qui est logique.

Les valeurs élevées en E₀ le matin (6h) peuvent être dues au fait que les eaux provenant des douches de l'internat et la cuisine sont relativement chaudes. Le cas du point E₁ est en fait lié au passage des eaux par le décanteur primaire.

Fig 8c: Variation de l'oxygène dissous (mg/l)



En moyenne les valeurs en E₀ et E₂ restent constantes. Cependant une légère augmentation s'observe en E₂, ce qui traduit une oxygénation naturelle la nuit; le premier bassin fonctionnant toujours en anaérobiose.

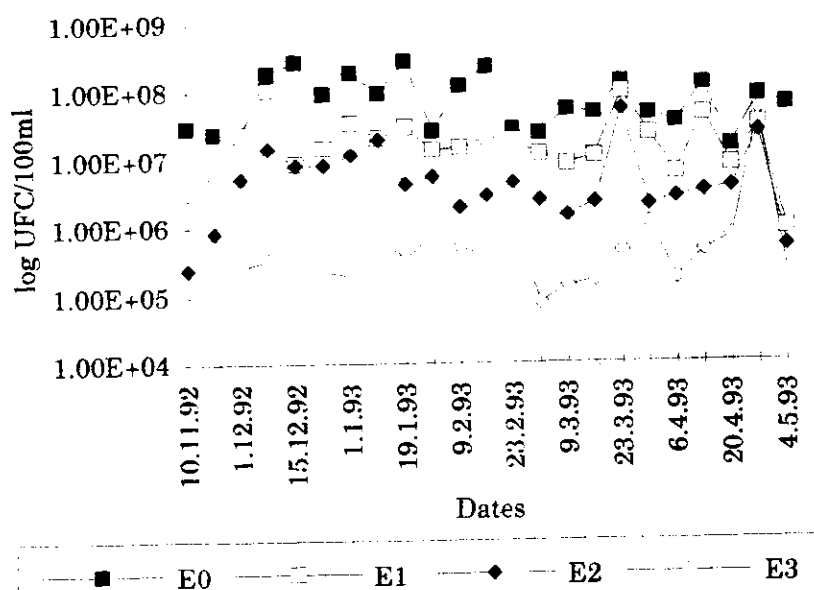
Les plus grandes valeurs sont relevées en E₃ le jour et les plus faibles la nuit. Ce phénomène traduit le bon fonctionnement du bassin BI.2: les phytoplanctons consomment suffisamment d'oxygène la nuit.

IV.3. Paramètres bactériologiques

Les résultats du dénombrement des germes indicateurs de pollution fécale sont en ANNEXE 10

IV.3.1. Coliformes thermotolérants

Fig 9: Abondance des coliformes thermotolérants sur la filière lagune



Sur la figure 9, on observe un abattement de l'ordre de 2 unités log. Cette observation se fait sentir surtout au niveau du point E₃ - sortie de BI.2 - dont la courbe se détache complètement des trois (3) autres. Il n'y a pas une grande variation en E₃.

Par contre, on remarque une forte fluctuation des valeurs au début de l'étude au niveau des points E₀, E₁ et E₂; cela peut s'expliquer par le fait que la station venait d'être mise en fonctionnement et qu'il y a eu nécessairement un temps d'adaptation.

Le tableau suivant récapitule les abattements moyens au niveau chaque ouvrage.

TABLEAU 8:

	Coliformes thermotolérants			
	Décanteur	BI.1	BI.2	Filière
Moyenne	0.6	0.6	1.1	2.3
Ecart-type	0.4	0.3	0.5	0.5

Guène [11] après avoir travaillé avec des temps de séjour respectifs de 4.6 et 16.3 jours pour BI.1 et BI.2 a obtenu des résultats portés au tableau 9.

TABLEAU 9:

	Décanteur	BI.1	BI.2	Filière
CF	1.5	1.3	1.9	4.7

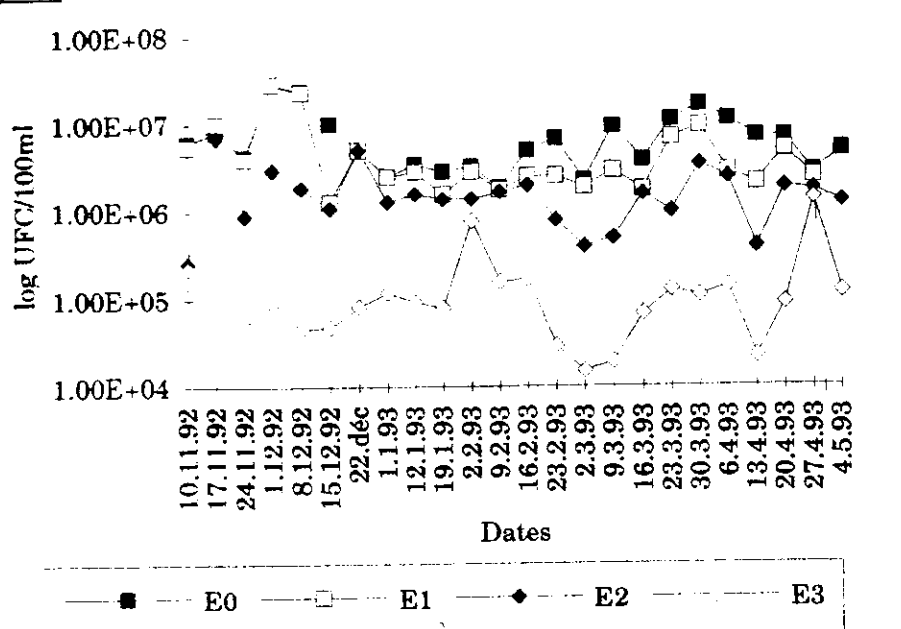
On constate que Guène a eu des abattements plus élevés. Cela peut s'expliquer par le fait qu'il a travaillé avec des temps de séjour plus élevés. Pendant cette étude on a eu comme temps de séjour 3.4 et 13.2 jours respectivement pour BI.1 et BI.2 donc, des valeurs inférieures à celles de Guène. On remarque alors que le temps de séjour joue un rôle fondamental dans le traitement bactériologique des eaux usées: plus le temps de séjour est élevé, mieux est l'épuration.

Avec un abattement de 2.3 ulog, le rendement est de l'ordre de 99.6%.

Toutefois la concentration moyenne à la sortie de BI.2 est de $4.5 \cdot 10^5$ ufc/100ml pour les coliformes fécaux, supérieure à la valeur de Guène qui est de $7.4 \cdot 10^4$ ufc/100ml.

IV.3.2. Streptocoques fécaux

Fig 10: Abondance des streptocoques fécaux sur la filière lagune



Le même phénomène de temps d'adaptation se fait remarquer au niveau des points E₀, E₁ et E₂. La disparité s'arrête en fin Décembre. Ensuite les trois (3) courbes se chevauchent avec des fluctuations. La courbe représentative du point E₃ fluctue légèrement du début jusqu'en fin Janvier avant de présenter de grands écarts entre les valeurs. Le décalage de la courbe E₃ explique le bon fonctionnement de BI.2 par rapport aux autres ouvrages vis à vis des streptocoques.

TABLEAU 10: Abattement moyen par rapport aux streptocoques fécaux

	Streptocoques fécaux			
	Décanteur	BI.1	BI.2	Filière
Moyenne	0.2	0.4	1.1	1.9
Ecart-type	0.2	0.4	0.5	0.6

Avec un abattement de 1.9 ulog, le rendement est d'environ 99%. Néanmoins la concentration moyenne à la sortie de BI.2 est de $1.8 \cdot 10^5$ ufc/100ml pour les streptocoques fécaux.

Tout compte fait, on remarque que comparées aux résultats obtenus par d'autres auteurs (voir recherche bibliographique), les performances de la station de l'E.I.E.R. sont bonnes.

Le rapport moyen coliformes thermotolérants/streptocoques au niveau des points de prélèvements est résumé dans le tableau suivant:

TABLEAU 11:

	E_0	E_1	E_2	E_3
CF	9.610^7	2.410^7	8.010^6	4.510^5
SF	7.810^6	5.610^6	1.810^6	1.810^5
CF/SF	12.3	4.3	4.4	2.5

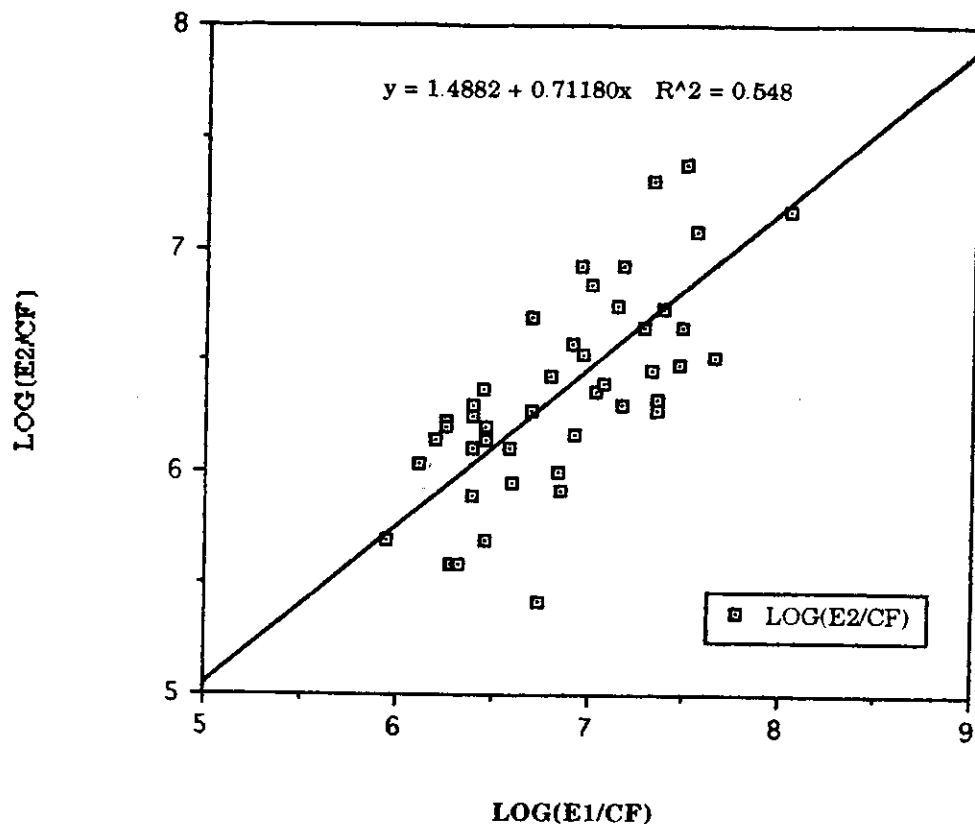
Ces différents rapports sont significatifs dans la mesure où ils pourraient, à l'avenir, permettre de rechercher seulement, par exemple, les coliformes thermotolérants pour en déduire les streptocoques. Les rapports CF/SF confirment aussi l'origine de ces germes qui est d'ailleurs connue.

*** Corrélation entre les abondances**

A partir de ces indicateurs de contamination fécale, nous avons essayé d'établir une corrélation entre les abondances. La méthode statistique utilisée est incorporée dans le logiciel Cricket Graph (Macintosh).

Ainsi on a obtenu la corrélation entre les abondances des coliformes à l'entrée et à la sortie de BI.1 par exemple (Voir quelques cas en ANNEXE 11)

fig. 11 : Corrélation entre les abondances des coliformes à l'entrée et à la sortie de BI1



Quelques résultats obtenus sont consignés dans des matrices de corrélation

ENTREE		SORTIE		BI.1		BI.2	
		Décanteur		CF	SF	CF	SF
DI	CF	0.592				0.226	
	SF		0.566				0.05
BI.1	CF			0.548		0.230	
	SF				0.198		0.001
BI.2	CF					0.322	0.096
	SF						0.288

TABLEAU 12: Grande matrice

TABLEAU 13: Matrices isolées

ENTREE

a)

DI	CF	SF
CF	1	0.008
SF		1

b)

BI.1	CF	SF
CF	1	0.090
SF		1

c)

BI.2	CF	SF
CF	1	0.032
SF		1

SORTIE DE BI.2

d)

	CF	SF
CF	1	0.106
SF		1

- En observant la grande matrice on remarque:
- * une mauvaise corrélation entre les streptocoques à l'entrée et à la sortie de chaque ouvrage
 - * une bonne corrélation entre les coliformes à l'entrée et à la sortie de chaque ouvrage. Mais au fur et à mesure que l'on va de l'amont vers l'aval, cette corrélation diminue. Cela peut s'expliquer par l'effet cumulé des paramètres influençant l'évolution de l'abondance des différents germes.

IV.3.3. Salmonelles

TABLEAU 14: Résultat de la détermination des salmonelles

DATE	SALMONELLES (NPP/1)			
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃
17.11.92	23			
24.11.92	< 3	4	9	21
15.12.92	9	< 3	4	4
22.12.92		4		< 3
05.01.93		4	< 3	< 3
30.03.93		2.1		1.5
06.04.93		20		9