

INSTITUT PASTEUR DE LILLE  
SERVICE DES EAUX

DEVENIR DES GERMES ENTERIQUES  
EN MER DU NORD

CONTRAT IFREMER 83/3046/B

JUIN 1985

# SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
I - <u>INTRODUCTION</u>	1
II - <u>ETUDES IN VITRO</u>	7
II-1 - <u>SURVIE D'E. COLI ET STREPTOCOQUES D</u> <u>EN EAU DE MER NON RENOUVELEE</u>	
A - Matériel - Méthodes - Expérimentation	8
B - Résultats	14
II-2 - <u>SURVIE D'E. COLI ET STREPTOCOQUES D (suite)</u>	
A - Allure des courbes	47
B - Espérance de vie $E_0$	50
C - Influence des particules sur $E_0$	51
D - Influence de la concentration d'argile	52
E - Influence du taux d'eau usée	53
F - Influence de la méthode de dénombrement	54
G - Influence de la saison	57
H - Influence de la température	59
II-3 - <u>E. COLI ET STREPTOCOQUES D : en chambre à membrane</u>	
A - Survie d'E. coli en 24 h en chambres de 50 ml	61
B - Survie en chambres à membranes de 5 litres	63
II-4 - <u>E. COLI ET STREPTOCOQUES D : circuit ouvert</u>	
A - Circuit "de 15 heures"	68
B - Circuit "de 62 heures"	79
II-5 - <u>PATHOGENES</u>	
A - En chambre à membrane : staphylocoques / 24 h	94
B - En chambre à membrane : Salmonella / 24 h	95
C - Survie de Salmonella en eau de mer non renouvelée	96
II-6 - <u>SURVIE DANS DES SEDIMENTS</u>	
A - Aspect quantitatif	101
B - Nature des coliformes survivants	103
III - <u>ETUDES DE TERRAIN</u>	
III-1 - Leffrinckoucke	109
III-2 - Boues de dragage	116
III-3 - Bray Dunes	123
IV - <u>CONCLUSION GENERALE</u>	137
V - <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	142
VI - <u>ANNEXE</u>	152

PREMIERE PARTIE

---

INTRODUCTION

## I - INTRODUCTION

Les risques microbiologiques liés à la pollution des eaux de baignade et des eaux conchylicoles sont essentiellement dûs à la pollution fécale.

Certes, des germes marins (Clostridium botulinum type E, et certaines souches de Vibrio pathogènes) peuvent contaminer divers produits de la mer et provoquer de graves toxi-infections<sup>19,4,5,34</sup>. Cependant la présence de ces pathogènes dans le milieu marin, et particulièrement des V. parahaemolyticus et apparentés en zone estuarienne, est "naturelle", inévitable<sup>26,111</sup>.

Il est simplement souhaitable de ne pas faciliter leur prolifération, d'une part dans les produits de la pêche en respectant une hygiène stricte, et d'autre part dans les zones littorales sensibles, en réduisant les apports thermiques<sup>31</sup> et/ou nutritifs<sup>107</sup>. Sur ce dernier point on rejoint d'ailleurs les préoccupations de la lutte contre la pollution fécale<sup>69</sup>.

A propos de la fréquentation des plages, d'autres infections sont parfois rapportées (mycoses, conjonctivites, otites et autres troubles O.R.L.,...) <sup>43,14,15</sup> dont la transmission ne serait pas forcément associée à la pollution fécale de l'eau. En effet la présence de certains des germes responsables est inconstante dans les matières fécales (Pseudomonas aeruginosa)<sup>48</sup>, ou même pas démontrée dans les eaux usées (dermatophytes)<sup>40</sup>. En réalité on évoque plus souvent à ce sujet la qualité microbiologique du sable des plages, ou la possibilité d'auto-infection chez les porteurs de tels germes, après irritation des muqueuses par le bain<sup>56,58</sup>.

L'influence de la qualité microbienne de l'eau en tout cas ne semble pas prépondérante dans la transmission de ces infections.

Au contraire l'incidence de la pollution fécale des eaux balnéaires et conchylicoles est bien mieux établie. Ainsi Cabelli et al<sup>13,14,15,16</sup> en 1975-78 ont observé à New York une corrélation significative entre la fréquence des troubles gastro-intestinaux parmi les baigneurs, surtout les enfants, et la concentration des eaux en Streptocoques D et, à un moindre degré, en E. coli, (à l'exclusion des autres groupes dénombrés : coliformes dits "totaux", coliformes dits "fécaux", Vibrio marins, Pseudomonas aeruginosa, ...). Plusieurs enquêtes d'épidémiologie prospective sur le même modèle ont confirmé ces résultats, tant en eau douce qu'en eau de mer<sup>67,80,88</sup>.

Quant à l'incidence de la contamination fécale des coquillages, elle est tellement manifeste que l'épidémiologie rétrospective suffit à en témoigner (typhoïdes<sup>12</sup>; hépatite A<sup>2</sup>; gastro-entérites virales<sup>50,72</sup>, choléra<sup>32</sup>, ...). Les pathogènes sont en effet concentrés par les mollusques filtreurs, et une multiplication - bactérienne - peut même parfois survenir dans leur chair après cueillette. Cette amplification de la charge bactérienne s'accompagne souvent de la sélection d'une espèce, d'où le caractère monomorphe, parfois spectaculaire, des toxi-infections par coquillages. La pollution des eaux de baignade conduirait par contre à des infections diversifiées, polymorphes, dont la concomittance passerait plus facilement inaperçue.

Depuis des décennies, l'impossible dénombrement exhaustif des pathogènes fécaux a été remplacé par le suivi d'"indicateurs de contamination fécale", comme E. coli ou les Streptocoques D. Le contrôle sanitaire des eaux conchylicoles et des eaux de baignade porte sur ces germes-tests.

Cette conception a ses détracteurs.

Pour certains<sup>27,96</sup>, les germes-tests ne reflètent pas l'ensemble des pathogènes (il est clair qu'ils ne représentent pas les Vibrio marins autochtones ni, en eau douce, les Legionella ou les amibes des méningo-encéphalites, d'origine tellurique). Cela n'enlève rien à leur valeur d'indicateurs de la contamination fécale.

Pour d'autres,<sup>36,86</sup> ils n'auraient pas le même comportement (transport, survie) que les pathogènes. L'origine de ce doute tient probablement d'une part à la faible connaissance que l'on a du devenir des virus fécaux en mer, et d'autre part à de regrettables errements méthodologiques. En effet dans bien des cas la survie d'indicateurs comme E. coli, jugée trop courte en comparaison de celle des pathogènes, a en fait été écourtée par l'emploi de méthodes de dénombrement trop sélectives<sup>9,71</sup>.

Mais ces critiques ne doivent pas être suspensives.

Le concept de germes tests de contamination fécale a été en effet, malgré ces limites et incertitudes, à la base des grands progrès en hygiène de l'eau dans les pays développés, qu'il s'agisse de distribution d'eau à boire, de protection des nappes, d'assainissement urbain, d'aménagement des baignades en eau douce ou même d'hygiène alimentaire. Et il est permis de penser que la plupart des efforts d'assainissement, qui restent à accomplir dans le domaine littoral, peuvent être conduits avec cet outil, en le complétant par l'étude de certains Vibrio pathogènes.

Ainsi cette étude sur le "Devenir des Germes Entériques en Mer du Nord" concerne-t-elle essentiellement les E. coli et les streptocoques D, mais par les méthodes les moins inhibitrices possibles.

Trois grands phénomènes contribuent à la réduction de la contamination microbienne fécale de l'eau après rejet en mer :

- la DILUTION
- la SEDIMENTATION
- la MORTALITE

Pour décrire la mortalité, les biologistes ont défini la notion de T90, ou temps nécessaire à la division par 10 de l'effectif du micro-organisme étudié.

Les T90 les plus divers ont été rapportés dans la littérature pour les E. coli et les streptocoques D :

- 1) parce que certains ont utilisé le terme T90 pour décrire ensemble deux phénomènes : mortalité et sédimentation par exemple<sup>10,53,54</sup> ;
- 2) parce que certaines méthodes de dénombrement, trop sélectives, peuvent écourter la survie des germes étudiés<sup>9,71</sup> ;
- 3) parce que de nombreux facteurs abiotiques (température, éclaircissement, taux de matières en suspension et de carbone organique, ...) ou biotiques (prédation, microflore compétitrice, sécrétions antimicrobiennes ?...) induisent des variations, bien réelles celles-là, selon les lieux et les saisons.

Devant cette diversité, certains ont cru pouvoir déduire que les T90 avaient une répartition aléatoire, et après des mesures sur milieux trop sélectifs, ont rapporté des T90 très courts, conduisant à des abaques trop optimistes, de portée prétendument universelle, pour le calcul de rejets en mer<sup>103</sup>.

Le présent travail vise à décrire la mortalité bactérienne, et l'usage du terme T90 est réservé ici à l'étude de ce phénomène biologique. La sédimentation des germes nous semble en effet mériter une description séparée. Mais celle-ci d'une part dépasse la biologie pour faire appel à l'océanographie physique, et d'autre part a paru moins urgente pour la région Nord où les échanges avec les sédiments semblent a priori faibles, vu leur nature (sables propres) et l'hydrodynamisme intense (courants) qui prévient la sédimentation.

Enfin cette étude a été conduite dans les conditions biotiques et abiotiques du Pas de Calais, bien distinctes de celles d'autres mers, Méditerranée en particulier, par la turbidité, la température, l'éclaircissement, ..., tous paramètres déterminants du T90.

Ces conditions étant changeantes, les mesures ont été répétées notamment en plusieurs saisons pour explorer diverses températures et qualités d'eau. Il ne s'agit pas pour autant d'une étude paramétrique, la seule variation imposée concernant les matières en suspension (naturelles ; avec addition d'argile ; avec addition de particules organiques).

Après diverses mesures en milieu non renouvelé ("batch"), la mortalité a ensuite été étudiée en chambres à membranes (permettant le renouvellement des solutés). Des vérifications ont enfin été tentées en système ouvert, avec dilution, d'abord en installation pilote, puis en mer du Nord.

\*

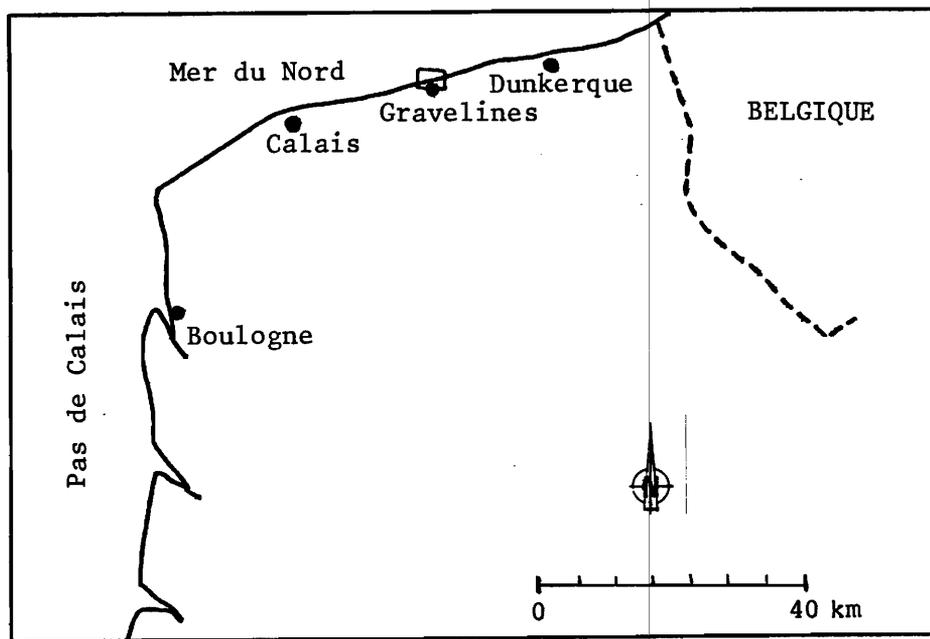
\*

\*

DEUXIEME PARTIE

---

ETUDES IN VITRO

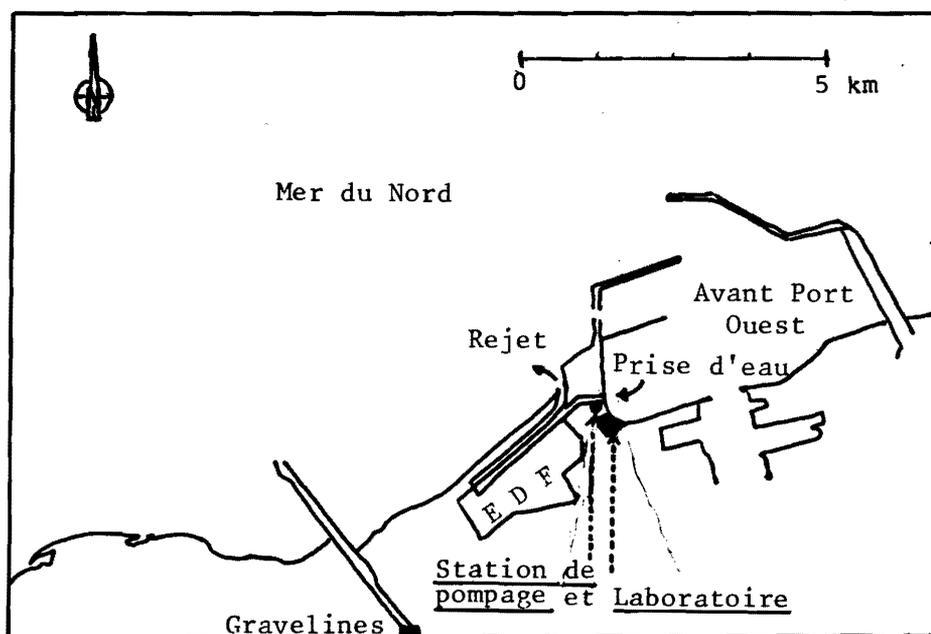


CHAPITRE II-1

SURVIE D'ESCHERICHIA COLI ET STREPTOCOQUES D.  
EN EAU DE MER NON RENOUVELEE

A / MATERIEL - METHODES - EXPERIMENTATIONS

Site d'étude - Les expérimentations ont eu lieu au Laboratoire Littoral de l'Institut Pasteur, à Gravelines - 59 - (carte 1).



Carte 1 - Site d'étude

L'eau de mer est pompée à la prise d'eau de refroidissement de la Centrale électronucléaire EdF, dans l'avant-port ouest de Dunkerque. La marée (en moyenne 5 m) et le débit du canal (environ 240 m<sup>3</sup>/seconde) assurent un renouvellement considérable. L'eau pompée peut donc être considérée comme représentative de la bande littorale, et n'a souffert d'aucune pollution notable durant l'étude. Ses caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques font l'objet d'une surveillance hebdomadaire depuis 1977, liée à l'implantation EdF, et rapportée en détail par ailleurs<sup>29,31,60</sup>.

L'Avant-port est un milieu peu brisé avec # du littoral voisin

L'eau est pompée dans le canal à raison de 30 m<sup>3</sup>/h et atteint le laboratoire en moins de 3 minutes, en canalisations de PVC "alimentaire". Les expérimentations ont lieu dans une pièce climatisée, dont la température est asservie à celle de l'eau pompée.

#### Bactéries étudiées

On a étudié les populations naturelles des eaux usées urbaines, non épurées de Gravelines (Grand Fort Philippe) sans autre traitement qu'une filtration sur Whatman GFD (2,7 µm).

#### Matériel

Pour les essais en milieu non renouvelé ("en batch"), on a utilisé les 12 cuves de 50 l mises au point précédemment pour l'étude des effets de la chloration et de l'échauffement sur les bactéries du milieu marin<sup>29</sup>. Pour l'essentiel, il s'agit (schéma 2) d'un segment sphérique avec un col en haut et une carotte pour sédiment en bas. Les interfaces eau/air et eau/sédiment correspondent à une colonne d'eau de 4 m, et les effets de parois (polymétacrylate) sur la colonne d'eau sont ainsi minimisés. Le sédiment mis en place était du sable pauvre local (fraction fine < 0,63 µm : 0,03 % ; Al en % de la fraction fine : 0,52).

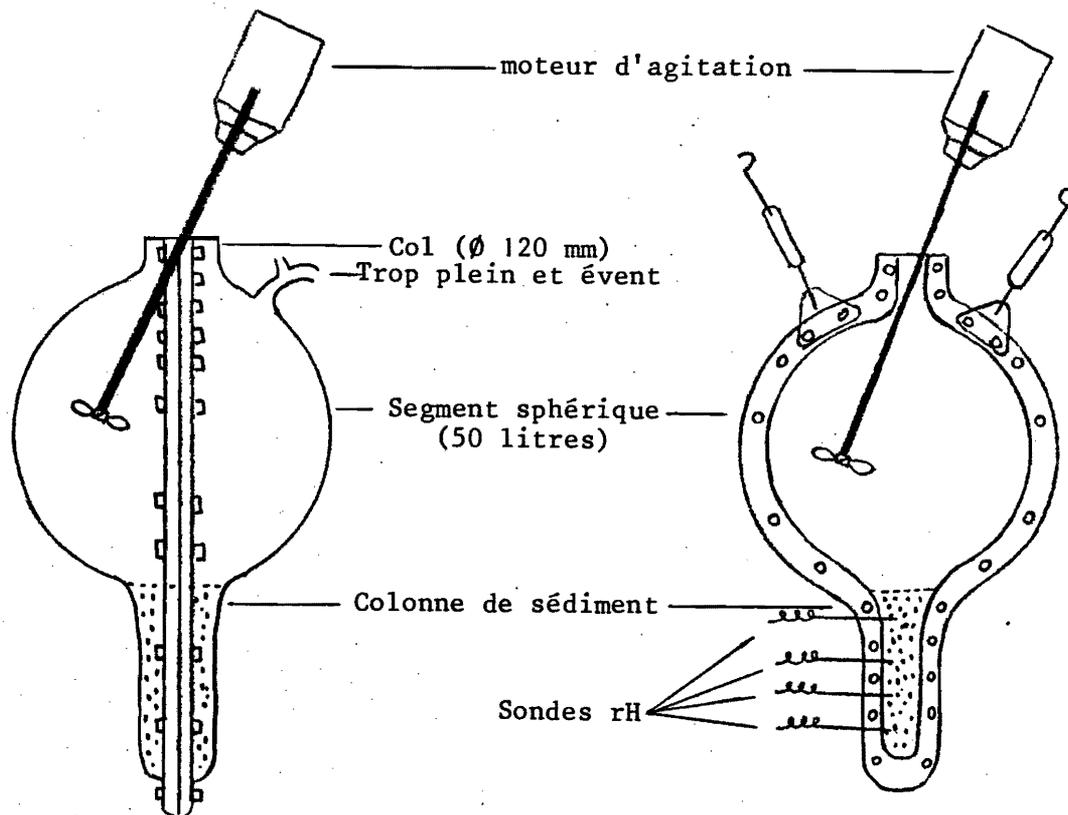


Schéma 2 - Cuves utilisées pour les essais "en batch"

L'agitation, identique dans toutes les cuves, a été réglée une fois pour toutes pour n'avoir aucun dépôt appréciable au bas des cuves. Quand on utilise de l'eau de mer naturelle, l'évolution de la microflore dans le sédiment suit celle de l'eau sus-jacente, sans enrichissement ni piégeage<sup>29</sup>. Quand l'eau est enrichie en eau usée, le sédiment superficiel se contamine progressivement : les concentrations (N/volume) dans l'eau et dans le sable s'équilibrent en 3 à 4 jours : à ce stade, 1% de la charge bactérienne initiale a diffusé vers le sédiment.

### Méthodes analytiques

La température a été enregistrée en continu dans chaque cuve au moyen de sondes résistives liées à un enregistreur 12 voies.

Les Matières en suspension (MeS) ont été déterminées selon la méthode du RNO<sup>25</sup>.

L'Oxygène Dissous a été mesuré avec une sonde spécifique YSI

Les E. coli ont été dénombrés en milieux liquides et en milieux solides. Pour assurer une revivification maximale, les milieux liquides suivants ont été employés, selon la technique en NPP (3 tubes/dilution) :

- bouillon lactosé au BCP (30° C, 48 h), puis :
- milieu de Schubert (44,5° C, 24 h) pour détection du gaz et de l'indole.

La gélose lactosée au tergitol et TTC a été utilisée après filtration de 100, 10 ou 1 ml, ou par étalement en surface de 0,1 ml des dilutions appropriées et incubée à 44°5 pendant 24 h.

Les Coliformes dits "Totaux" de peu de signification sanitaire, ont cependant été dénombrés en quelques occasions, par repiquage des bouillons lactosés sur bouillon lactosé bilié au Vert Brillant et incubation à 37° C, 24 h et calcul du NPP. En cas d'utilisation de milieux solides, les boîtes de gélose au Tergitol et TTC étaient incubées à 37° C, 24 h. On a compté toutes les colonies Lactose<sup>+</sup> sans distinction des Aeromonas. Il s'agit donc d'un nombre de coliformes présumés.

Les Streptocoques du groupe D ont également été dénombrés en milieux liquides et sur gélose. Les milieux liquides suivants ont été employés en NPP (3 tubes/dilution) :

- bouillon de Rothe (48h à 37° C), puis :
- bouillon de Litsky (48h à 37° C) pour confirmation.

La gélose de Slanetz à l'azide et au TTC a étéensemencée par filtration de 100, 10, ou 1 ml, ou étalement en surface de 0,1 ml des dilutions appropriées, et incubée à 37° C pendant 48 h.

Les Bactéries Totales ont été dénombrées au microscope en épifluorescence, parfois après fixation par le formaldéhyde (2 parties de formol commercial à 37 % pour 100 parties). Après fixation sur membrane (Nucléopore 0,2 µm), les cellules sont colorées avec une solution d'acridine orange au 1/30000 à pH 7,4 pendant 5 minutes. Le filtre est placé sur un support gélosé (tampon phosphate pH 7,4, M/10) sous huile non fluorescente, et le nombre de cellules est déterminé à l'aide d'un analyseur d'images (Analytic System 10-40) dûment étalonné.

#### Argiles et Particules Organiques

On a enrichi le mélange eau de mer/eau usée soit avec de l'argile inerte pour tester l'influence physique des matières en suspension, soit avec des particules organiques pour tester l'effet nutritif des MeS sur la survie des germes entériques. Comme argile on a utilisé de la montmorillonite (Bentonite SF-Serva - 14515) à la concentration finale de 50 mg/l. Comme particules organiques on a utilisé des boues activées de station d'épuration urbaine, après filtration à 100 µm et autoclavage à 110° C 30 minutes, à la concentration finale de 50 mg/l.

La fig. 3 représente pour un exemple moyen l'évolution de la turbidité sur 4 jours dans l'eau de mer naturelle et en cas d'apport d'argile ou de particules organiques. Avec argile, un niveau stable est atteint, aux 3/4 du niveau initial, dès le 1<sup>o</sup> jour. Par contre, avec particules organiques, la turbidité n'est pas stable, mais décroît régulièrement pour rejoindre celle de l'eau de mer naturelle au 3<sup>e</sup> jour.

La fig. 4 représente l'évolution des E. coli la même semaine dans la cuve avec particules organiques ajoutées. La disparition des E. coli ne semble pas parallèle à la baisse de turbidité.

Il se confirme ainsi que la disparition des germes étudiées ne correspond pas à une sédimentation avec les MeS argileuses ni même avec des floccs organiques.

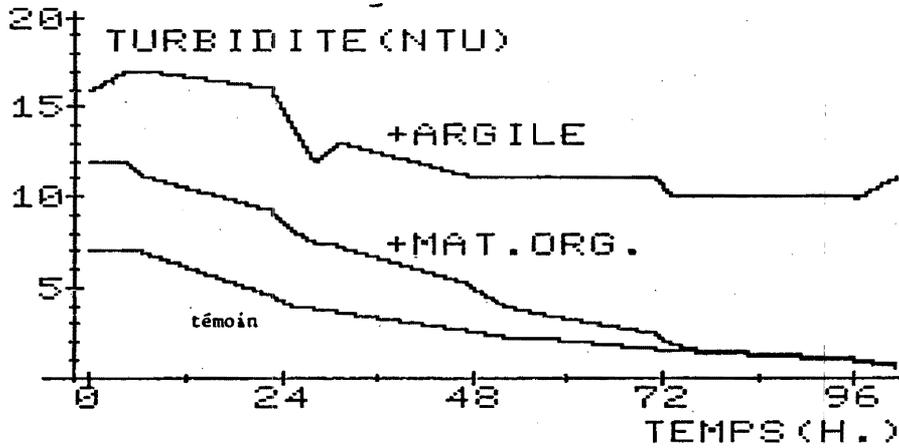


FIGURE 3 - Exemple d'évolution de la turbidité  
Essai en batch du 20 au 26/11/1984

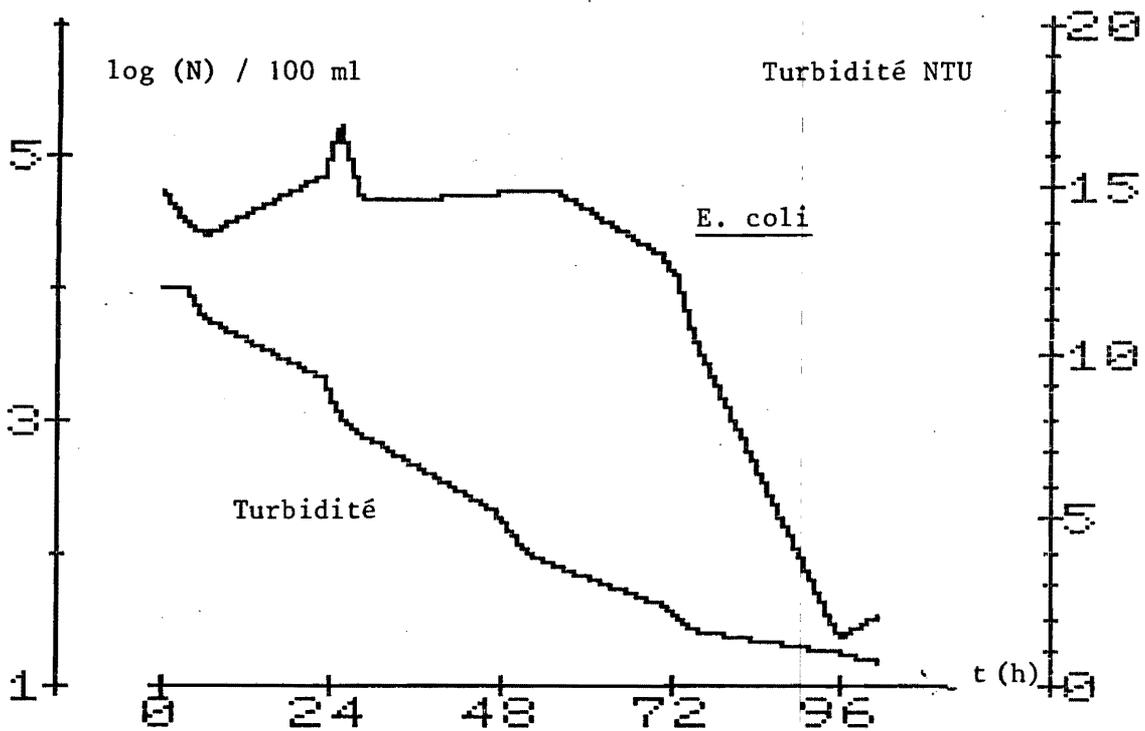


FIGURE 4 - Evolution comparée des E. coli et de la Turbidité  
Essai en batch du 20 au 26/11/1984 - Eau usée 0,5 %  
Particules organiques ajoutées 50 mg/l

CHAPITRE II-1

SURVIE D'ESCHERICHIA COLI ET STREPTOCOQUES D  
EN EAU DE MER NON RENOUVELEE

(suite)

B / RESULTATS

Le tableau 5 présente le calendrier des essais réalisés "en batch". Pour chaque expérimentation, deux taux d'eau usée ont été essayés : 0,5 % et 0,02 %.

Dates	COMPARTIMENTS ETUDIES		PARTICULES AJOUTEES		EAU USEE	DIVERS	METHODES
	EAUX	SEDIMENTS	ARGILE	Partic. Org.	Taux % inject.		
10 au 23 Mars 84	X	X	X	X	0,5 et 0,02		2 fig.6-8/Tab.7-9
02 au 09 Avril 85	X	X	X	X	0,5 et 0,02		2 fig.10-12/Tab.11-13
24 Avril au 2 Mai 1984	X	X	X	X	0,5 et 0,02		2 fig.14-16/Tab. 15-17
10 au 17 Septembre 1984	X		X	X	0,5 et 0,02	Remise en suspen- sion du dépt en fin d'exprieence	1 fig. 22 / tab. 23
24 Septembre au 01 Octobre 1984	X		X	X	0,5 et 0,02		1 Fig. 22 / Tab. 23
2 au 9 Octobre 84	X		X	X	0,5 et 0,02	idem	1 Fig. 26 / Tab. 27
10 au 17 Octobre 1984	X		X	X	0,5	avec et sans agitation	1 Fig. 28 / Tab. 29
20 au 26 Octobre 1984	X		X	X	0,5	Prélèvements plus nombreux	1 Fig. 30 / Tab. 31
21 au 25 Janvier 1985	X		X	X	0,5 et 0,02		1 Fig. 32 / Tab. 33
04 au 13 Février 1985	X		X	X	0,02	En série parallèle avec Salmonella	1 Fig. 34 / Tab. 35

Tableau 5 - Calendrier des essais en "batch"

Les résultats de ces 15 séries expérimentales sont portés dans les tableaux et figures 6 à 35, et discutés au chap. II-2.

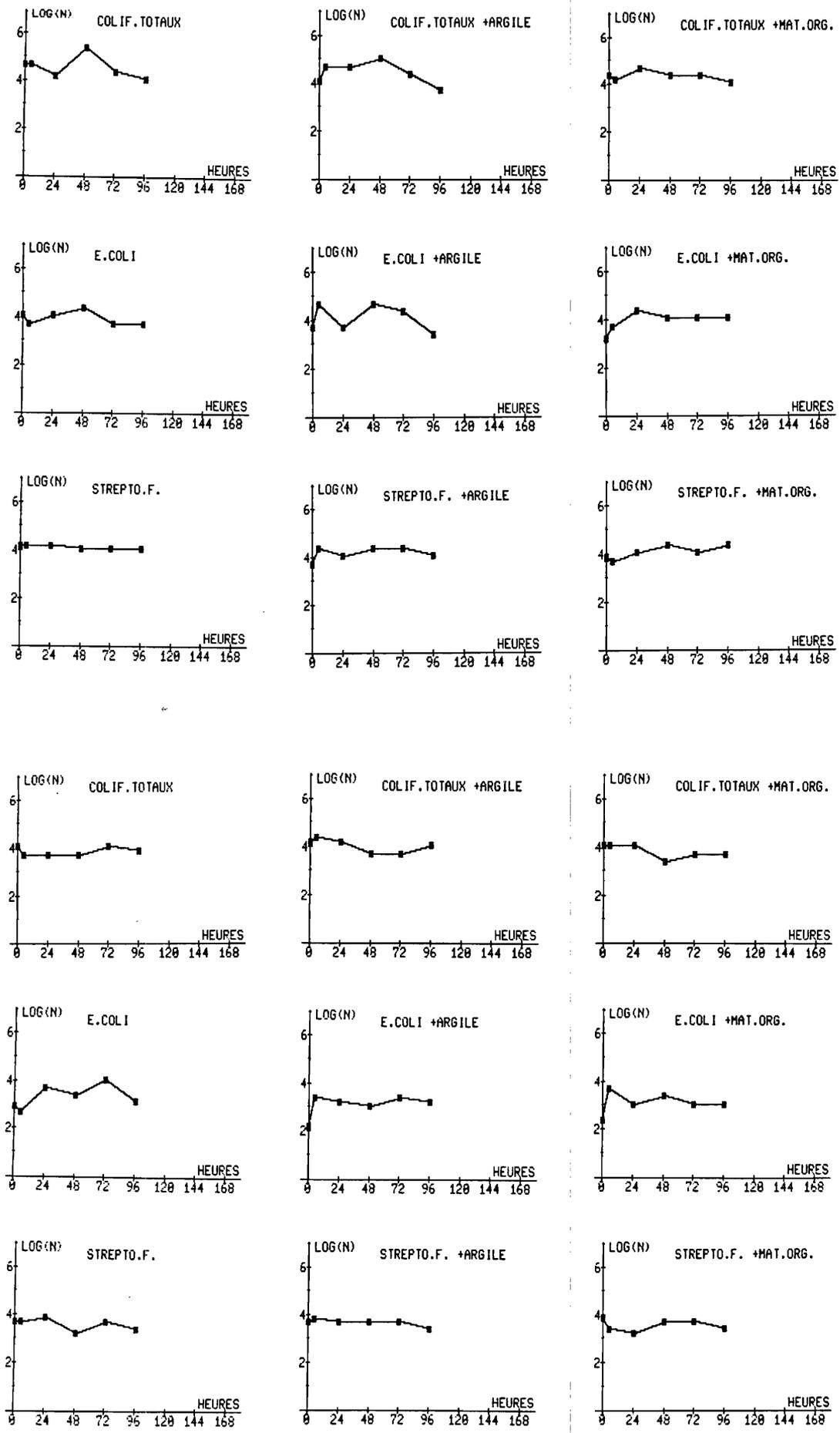


Figure 6 - 19 au 23 Mars 1984 (Tubes)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
5h	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>
24h	1.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
48h	2.4 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
72h	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
96h	1.1 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
190 (heures)	E 250 G —	E 204 G —	E 448 G —
<b>E. coli /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
5h	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
24h	1.1 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
48h	2.1 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
72h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
96h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
190 (heures)	E 425 G —	E 337 G —	E — G —
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	1.5 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	6.4 10 <sup>3</sup>
5h	1.5 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
24h	1.5 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
48h	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
72h	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
96h	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
190 (heures)	E 558 G —	E — G —	E — G —
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
5h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
24h	4.6 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
48h	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
72h	1.1 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
96h	7.5 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
190 (heures)	E — G —	E 210 G —	E 195 G —
<b>E. coli /100ml</b>			
To	7.5 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>2</sup>	2.1 10 <sup>2</sup>
5h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
24h	4.6 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
48h	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
72h	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
96h	1.4 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
190 (heures)	E — G —	E — G —	E — G —
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	7.5 10 <sup>3</sup>
5h	4.6 10 <sup>3</sup>	6.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
24h	7.2 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
48h	1.5 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
72h	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
96h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
190 (heures)	E 328 G —	E 351 G —	E — G —

Tableau 7 - 19 au 23 Mars 1984 (Tubes)  
Température moyenne : 6,7° C

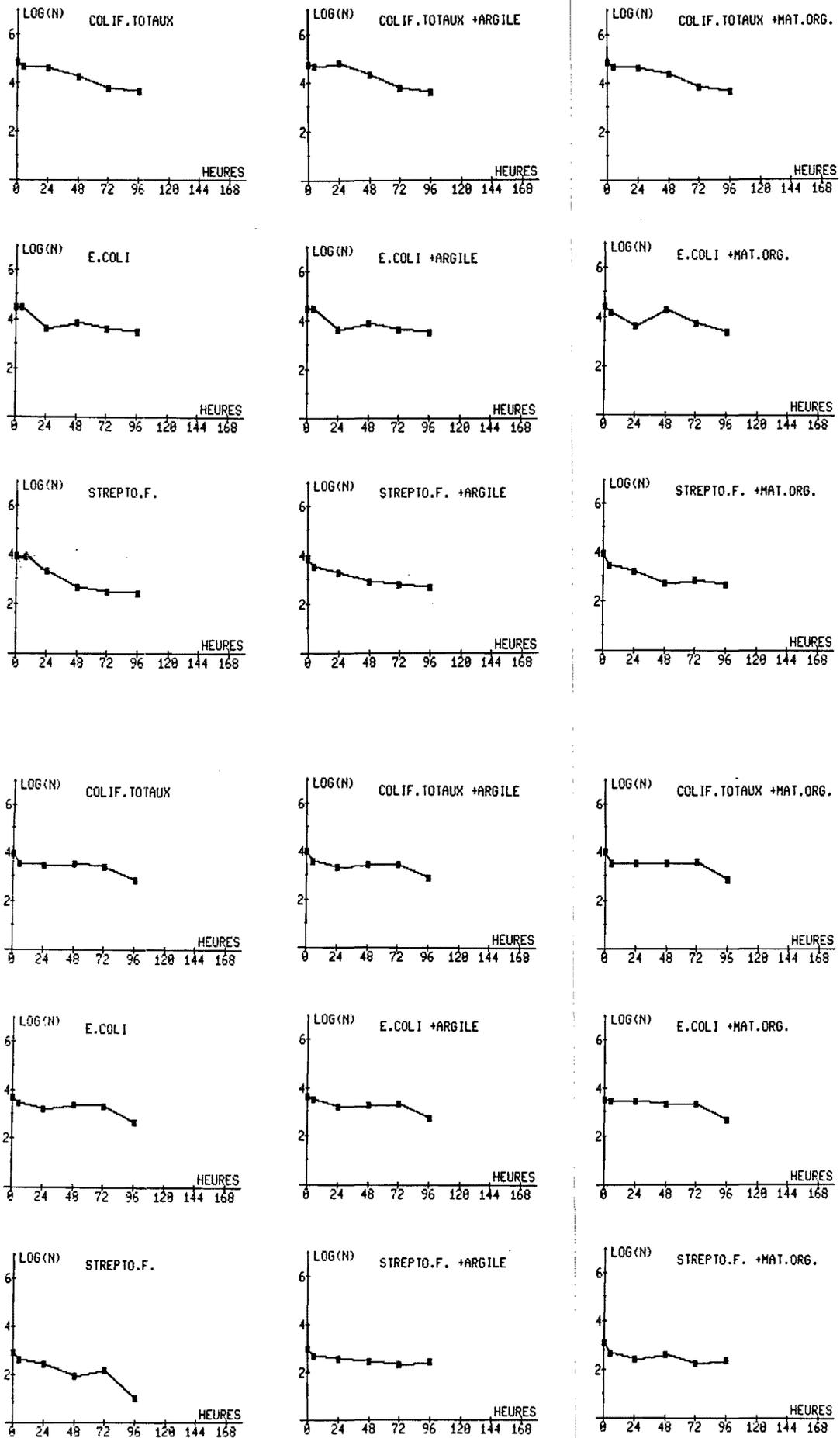


Figure 8 - 19 au 23 Mars 1984 (Boites)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	7.1 10 <sup>4</sup>	5.5 10 <sup>4</sup>	7.0 10 <sup>4</sup>
5h	4.5 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	4.7 10 <sup>4</sup>
24h	4.0 10 <sup>4</sup>	6.0 10 <sup>4</sup>	4.0 10 <sup>4</sup>
48h	1.7 10 <sup>3</sup>	1.9 10 <sup>3</sup>	2.3 10 <sup>3</sup>
72h	5.3 10 <sup>3</sup>	5.3 10 <sup>3</sup>	6.4 10 <sup>3</sup>
96h	4.4 10 <sup>3</sup>	3.8 10 <sup>3</sup>	4.2 10 <sup>3</sup>
190 (heures)	E 77      G 75	E 75      C 75	E 78      G 77
<b>E. coli /100ml</b>			
To	3.0 10 <sup>4</sup>	2.7 10 <sup>4</sup>	2.5 10 <sup>4</sup>
5h	3.0 10 <sup>3</sup>	2.9 10 <sup>3</sup>	1.4 10 <sup>4</sup>
24h	4.2 10 <sup>3</sup>	4.0 10 <sup>3</sup>	4.0 10 <sup>3</sup>
48h	7.0 10 <sup>3</sup>	1.3 10 <sup>3</sup>	1.9 10 <sup>3</sup>
72h	4.2 10 <sup>3</sup>	4.9 10 <sup>3</sup>	5.5 10 <sup>3</sup>
96h	3.0 10 <sup>3</sup>	2.3 10 <sup>3</sup>	2.5 10 <sup>3</sup>
190 (heures)	E101      G108	E110      G109	E135      *      G149
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	8.0 10 <sup>3</sup>	6.0 10 <sup>3</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>
5h	8.4 10 <sup>3</sup>	3.2 10 <sup>3</sup>	2.9 10 <sup>3</sup>
24h	2.0 10 <sup>3</sup>	1.7 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
48h	4.5 10 <sup>2</sup>	8.0 10 <sup>2</sup>	5.1 10 <sup>2</sup>
72h	3.1 10 <sup>2</sup>	5.7 10 <sup>2</sup>	6.6 10 <sup>2</sup>
96h	2.5 10 <sup>2</sup>	4.3 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E 58      G 55	E 88      G 87	E 86      G 85

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	9.0 10 <sup>3</sup>	1.0 10 <sup>4</sup>	1.0 10 <sup>4</sup>
5h	3.2 10 <sup>3</sup>	3.9 10 <sup>3</sup>	3.1 10 <sup>3</sup>
24h	2.8 10 <sup>3</sup>	2.1 10 <sup>3</sup>	3.0 10 <sup>3</sup>
48h	3.2 10 <sup>3</sup>	2.7 10 <sup>3</sup>	3.1 10 <sup>3</sup>
72h	2.4 10 <sup>2</sup>	2.6 10 <sup>2</sup>	3.4 10 <sup>2</sup>
96h	7.2 10 <sup>2</sup>	7.8 10 <sup>2</sup>	6.8 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E128      G130	E127      G131	E131      G126
<b>E. coli /100ml</b>			
To	5.0 10 <sup>3</sup>	4.0 10 <sup>3</sup>	3.0 10 <sup>3</sup>
5h	2.7 10 <sup>3</sup>	3.0 10 <sup>3</sup>	2.7 10 <sup>3</sup>
24h	1.5 10 <sup>3</sup>	1.6 10 <sup>3</sup>	2.9 10 <sup>3</sup>
48h	2.4 10 <sup>3</sup>	1.8 10 <sup>3</sup>	2.1 10 <sup>3</sup>
72h	2.0 10 <sup>2</sup>	2.1 10 <sup>2</sup>	2.0 10 <sup>2</sup>
96h	4.5 10 <sup>2</sup>	4.8 10 <sup>2</sup>	4.4 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E135      G136	E143      *      G160	E143      G149
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	8.0 10 <sup>2</sup>	5.0 10 <sup>2</sup>	1.2 10 <sup>3</sup>
5h	4.0 10 <sup>2</sup>	4.7 10 <sup>2</sup>	4.2 10 <sup>2</sup>
24h	2.7 10 <sup>2</sup>	3.4 10 <sup>2</sup>	2.5 10 <sup>2</sup>
48h	8.0 10 <sup>1</sup>	2.6 10 <sup>2</sup>	4.0 10 <sup>2</sup>
72h	1.4 10 <sup>1</sup>	2.0 10 <sup>2</sup>	1.7 10 <sup>2</sup>
96h	1.0 10 <sup>1</sup>	2.5 10 <sup>2</sup>	2.2 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E 63      G 61	E 195      G —	E 171      G —

Tableau 9 - 19 au 23 Mars 1984 (Boites)  
Température moyenne : 6,7° C

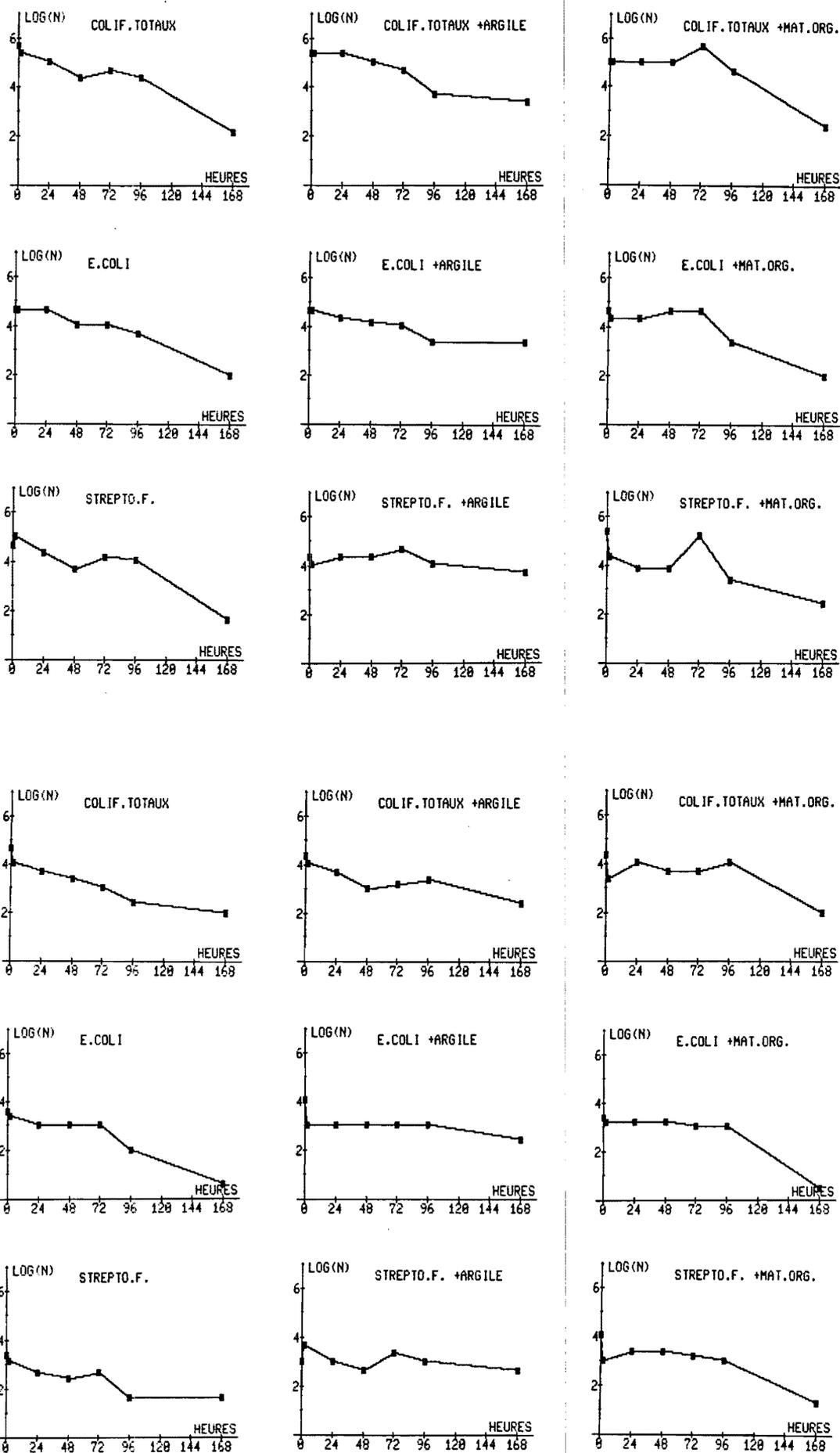


Figure 10 - 02 au 09 Avril 1984 (tubes)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
2h	2.4 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
24h	1.1 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
48h	2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
72h	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>
96h	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
168h	1.5 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E 53 G 58	E 73 G 78	E 64 * G 120
<b>E. coli /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
2h	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	4.6 10 <sup>4</sup>	2.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
48h	1.1 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
72h	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
96h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
168h	9.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 62 * G 72	E 125 G 119	E 61 * G 111
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
2h	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	7.5 10 <sup>3</sup>
48h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	7.5 10 <sup>3</sup>
72h	1.5 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>5</sup>
96h	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
168h	4.3 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E 61 * G 96	E 221 G 184	E 68 G 65
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
2h	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
24h	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
48h	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
72h	1.1 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
96h	2.4 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
168h	9.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 66 G 60	E 102 G 91	E 79 G 84
<b>E. coli /100ml</b>			
To	3.9 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
2h	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
24h	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
48h	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
72h	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
96h	9.3 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
168h	0.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 79 G 80	E 132 G 118	E 94 G 103
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
2h	1.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
24h	4.6 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
48h	2.4 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
72h	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
96h	4.3 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
168h	4.3 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.0 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 101 G 91	E 612 G 104	E 67 G 71

Tableau 11 - 02 au 09 Avril 1984 (tubes)  
Température moyenne : 8,6° C

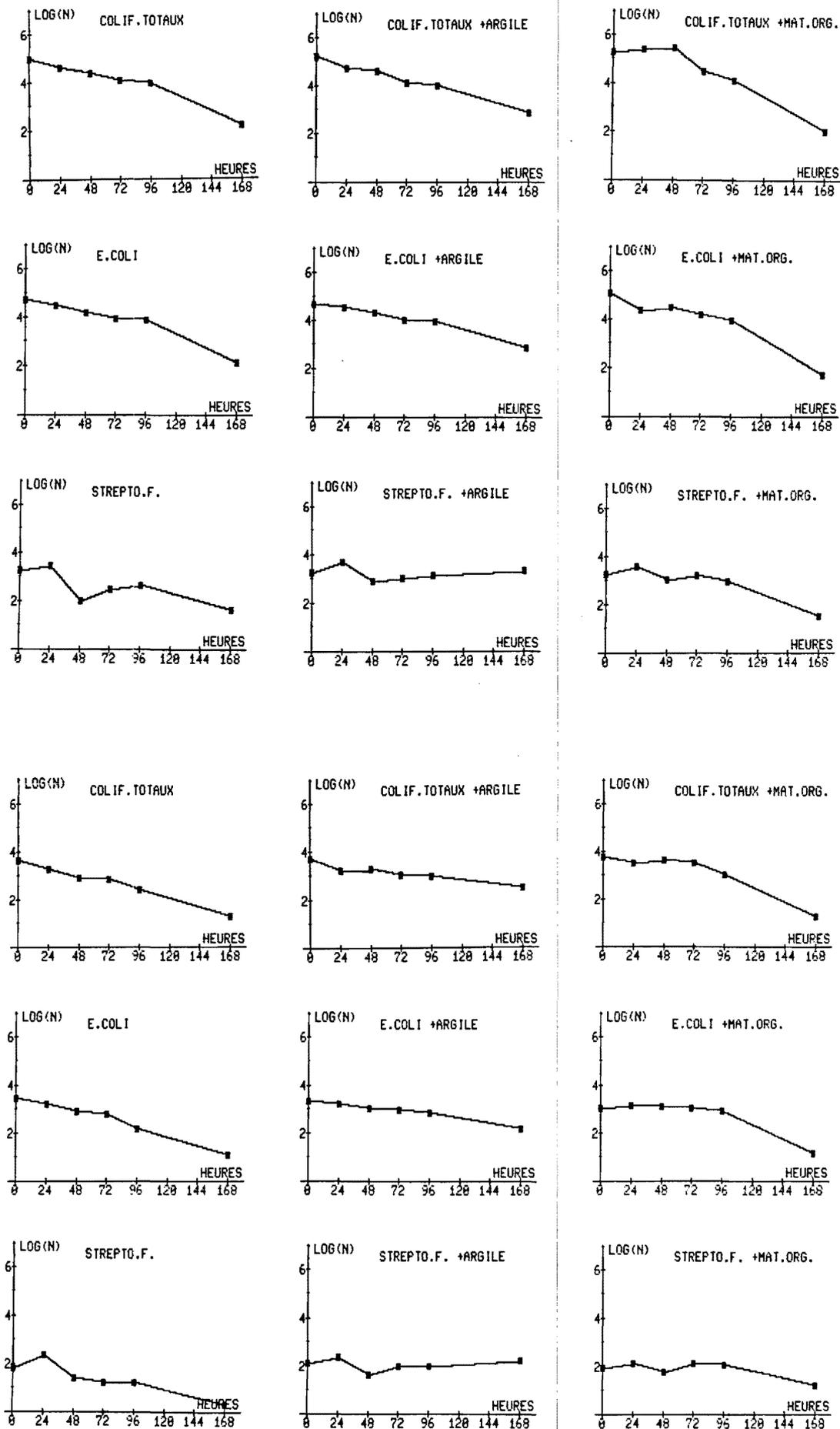


Figure 12 - 02 au 09 Avril 1984 (Boites)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	8.8 10 <sup>4</sup>	1.7 10 <sup>5</sup>	1.8 10 <sup>5</sup>
24h	4.2 10 <sup>4</sup>	5.2 10 <sup>4</sup>	2.5 10 <sup>5</sup>
48h	2.1 10 <sup>4</sup>	4.0 10 <sup>4</sup>	2.9 10 <sup>5</sup>
72h	1.1 10 <sup>4</sup>	1.3 10 <sup>4</sup>	3.1 10 <sup>4</sup>
96h	8.0 10 <sup>3</sup>	9.2 10 <sup>2</sup>	1.2 10 <sup>4</sup>
168h	1.4 10 <sup>2</sup>	7.0 10 <sup>2</sup>	1.0 10 <sup>2</sup>
T90 (heures)	E 62      G 69	E 73      G 74	E 48 *      G 83
<b>E. coli /100ml</b>			
To	5.4 10 <sup>4</sup>	4.8 10 <sup>4</sup>	1.2 10 <sup>5</sup>
24h	3.0 10 <sup>4</sup>	3.2 10 <sup>4</sup>	2.2 10 <sup>4</sup>
48h	1.4 10 <sup>4</sup>	2.0 10 <sup>4</sup>	3.1 10 <sup>4</sup>
72h	8.2 10 <sup>3</sup>	9.8 10 <sup>3</sup>	1.4 10 <sup>4</sup>
96h	7.8 10 <sup>3</sup>	7.9 10 <sup>2</sup>	8.5 10 <sup>3</sup>
168h	1.2 10 <sup>2</sup>	7.0 10 <sup>2</sup>	5.0 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 66      G 73	E 92      G 95	E 54      G 61
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	1.7 10 <sup>3</sup>	1.7 10 <sup>3</sup>	1.7 10 <sup>3</sup>
24h	2.6 10 <sup>3</sup>	4.7 10 <sup>2</sup>	3.5 10 <sup>2</sup>
48h	1.0 10 <sup>2</sup>	8.2 10 <sup>2</sup>	9.8 10 <sup>2</sup>
72h	3.0 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.6 10 <sup>3</sup>
96h	4.7 10 <sup>2</sup>	1.3 10 <sup>3</sup>	9.2 10 <sup>1</sup>
168h	4.0 10 <sup>1</sup>	2.2 10 <sup>3</sup>	3.0 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E108      G 100	E —      G —	E 93      G 97

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	4.4 10 <sup>3</sup>	4.8 10 <sup>3</sup>	5.2 10 <sup>3</sup>
24h	1.7 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	3.2 10 <sup>3</sup>
48h	8.2 10 <sup>2</sup>	1.8 10 <sup>3</sup>	4.3 10 <sup>3</sup>
72h	7.0 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>2</sup>	3.3 10 <sup>3</sup>
96h	2.6 10 <sup>2</sup>	8.8 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
168h	1.7 10 <sup>1</sup>	3.1 10 <sup>2</sup>	1.7 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 72      G 75	E159      G 153	E 70 *      G 91
<b>E. coli /100ml</b>			
To	2.9 10 <sup>3</sup>	2.1 10 <sup>3</sup>	1.0 10 <sup>3</sup>
24h	1.6 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	1.3 10 <sup>3</sup>
48h	8.1 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.2 10 <sup>3</sup>
72h	6.1 10 <sup>2</sup>	8.6 10 <sup>2</sup>	1.0 10 <sup>3</sup>
96h	1.5 10 <sup>2</sup>	6.7 10 <sup>2</sup>	8.2 10 <sup>2</sup>
168h	1.1 10 <sup>1</sup>	1.4 10 <sup>2</sup>	1.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 69      G 75	E147      G 146	E 90 *      G 108
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	6.0 10 <sup>1</sup>	1.3 10 <sup>2</sup>	8.0 10 <sup>1</sup>
24h	2.1 10 <sup>2</sup>	2.2 10 <sup>1</sup>	1.2 10 <sup>2</sup>
48h	2.2 10 <sup>1</sup>	4.1 10 <sup>1</sup>	5.4 10 <sup>1</sup>
72h	1.5 10 <sup>1</sup>	1.0 10 <sup>1</sup>	1.3 10 <sup>2</sup>
96h	1.6 10 <sup>1</sup>	9.0 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>2</sup>
168h	0.2 10 <sup>1</sup>	1.7 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 98      G 91	E —      G —	E 248      G —

Tableau 13 - 02 au 09 Avril 1984 (Boîtes)  
Température moyenne : 8,6° C

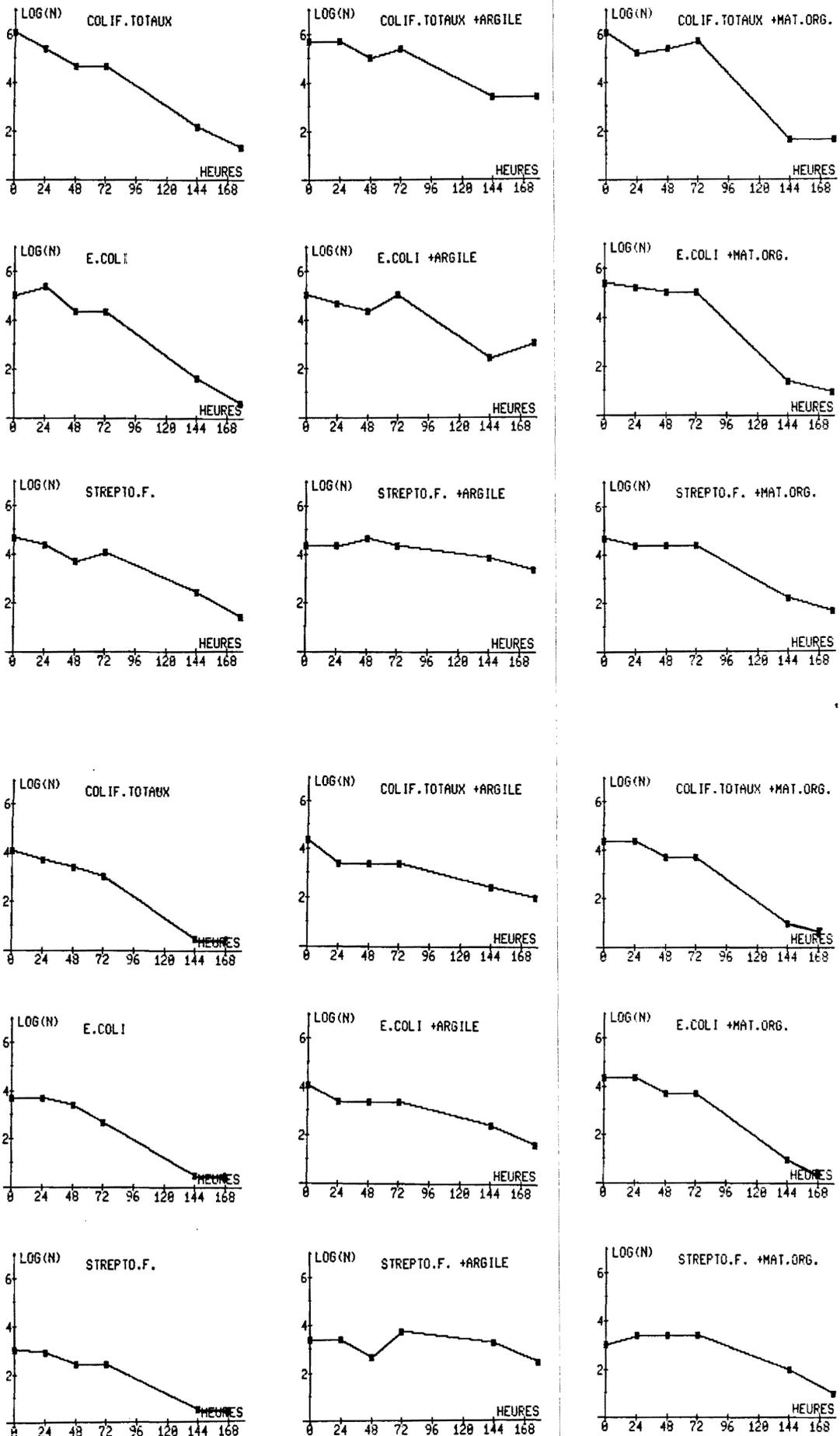


Figure 14 - 24 Avril au 02 Mai 1984 (Tubes)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>6</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>6</sup>
24h	2.4 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>	1.5 10 <sup>5</sup>
48h	4.6 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
72h	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>
144h	1.5 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
178h	2.1 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 38 G 44	E107 * G 137	E 36 * G 68
<b>E. coli /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
24h	2.4 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>5</sup>
48h	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
72h	2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
144h	4.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	2.3 10 <sup>1</sup>
178h	0.4 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 36 * G 46	E 72 * G 110	E 35 * G 80
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
24h	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
48h	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
72h	1.1 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
144h	2.4 10 <sup>2</sup>	7.5 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>2</sup>
178h	2.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 56 G 64	E 171 G 170	E 55 * G 89

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
48h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
72h	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>
178h	0.4 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 45 G 53	E 85 G 81	E 42 * G 53
<b>E. coli /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
48h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
72h	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>
178h	0.3 10 <sup>1</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 47 * G 58	E 83 G 85	E 41 * G 53
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
24h	7.5 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
48h	2.4 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
72h	2.4 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
178h	0.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 61 G 68	E 259 G 250	E 78 * G 132

Tableau 15 : du 24/04 au 02/05/1984 (Tubes)  
Température moyenne : 8,6° C

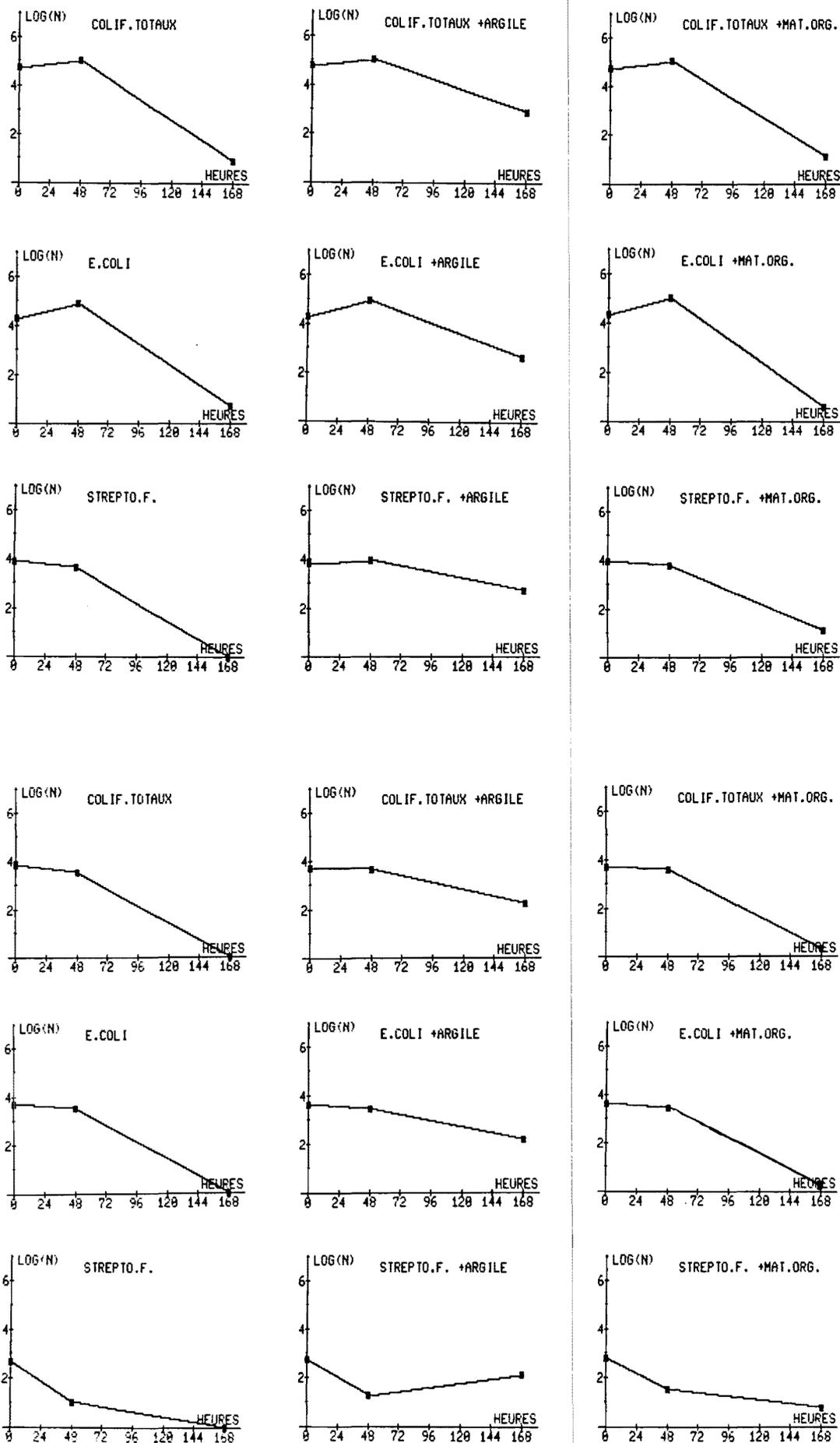


Figure 16 - 24 Avril au 2 Mai 1984 (Boites)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	5.2 10 <sup>4</sup>	5.6 10 <sup>4</sup>	5.2 10 <sup>4</sup>
48h	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
178h	0.8 10 <sup>1</sup>	7.6 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 42 * G 88	E 85 * G 104	E 44 * G 88
<b>E. coli /100ml</b>			
To	1.9 10 <sup>4</sup>	1.9 10 <sup>4</sup>	2.2 10 <sup>4</sup>
48h	8.0 10 <sup>4</sup>	9.5 10 <sup>4</sup>	1.0 10 <sup>5</sup>
178h	0.5 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 44 * G 84	E 92 G 97	E 42 * G 83
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	7.3 10 <sup>3</sup>	6.7 10 <sup>3</sup>	7.9 10 <sup>3</sup>
48h	4.1 10 <sup>3</sup>	8.4 10 <sup>3</sup>	5.3 10 <sup>3</sup>
178h	0.1 10 <sup>1</sup>	4.9 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 44 * G 87	E 142 G 143	E 59 * G 93

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	6.0 10 <sup>3</sup>	4.8 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
48h	3.2 10 <sup>3</sup>	4.0 10 <sup>3</sup>	3.5 10 <sup>3</sup>
178h	0.1 10 <sup>1</sup>	1.7 10 <sup>2</sup>	0.2 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 45 * G 87	E 116 G 114	E 50 * G 92
<b>E. coli /100ml</b>			
To	4.7 10 <sup>3</sup>	4.0 10 <sup>3</sup>	3.9 10 <sup>3</sup>
48h	3.0 10 <sup>3</sup>	2.7 10 <sup>3</sup>	3.4 10 <sup>3</sup>
178h	0.1 10 <sup>1</sup>	1.5 10 <sup>2</sup>	0.1 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 46 * G 89	E 120 G 112	E 46 * G 93
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	4.7 10 <sup>2</sup>	5.2 10 <sup>2</sup>	5.7 10 <sup>2</sup>
48h	1.0 10 <sup>1</sup>	1.8 10 <sup>1</sup>	3.0 10 <sup>1</sup>
178h	0.1 10 <sup>1</sup>	1.2 10 <sup>2</sup>	0.6 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 74 G 68	E 658 G 647	E 101 * G 90

Tableau 17 - 24 Avril au 2 Mai 1984 (Boîtes)  
Température moyenne : 8,6° C

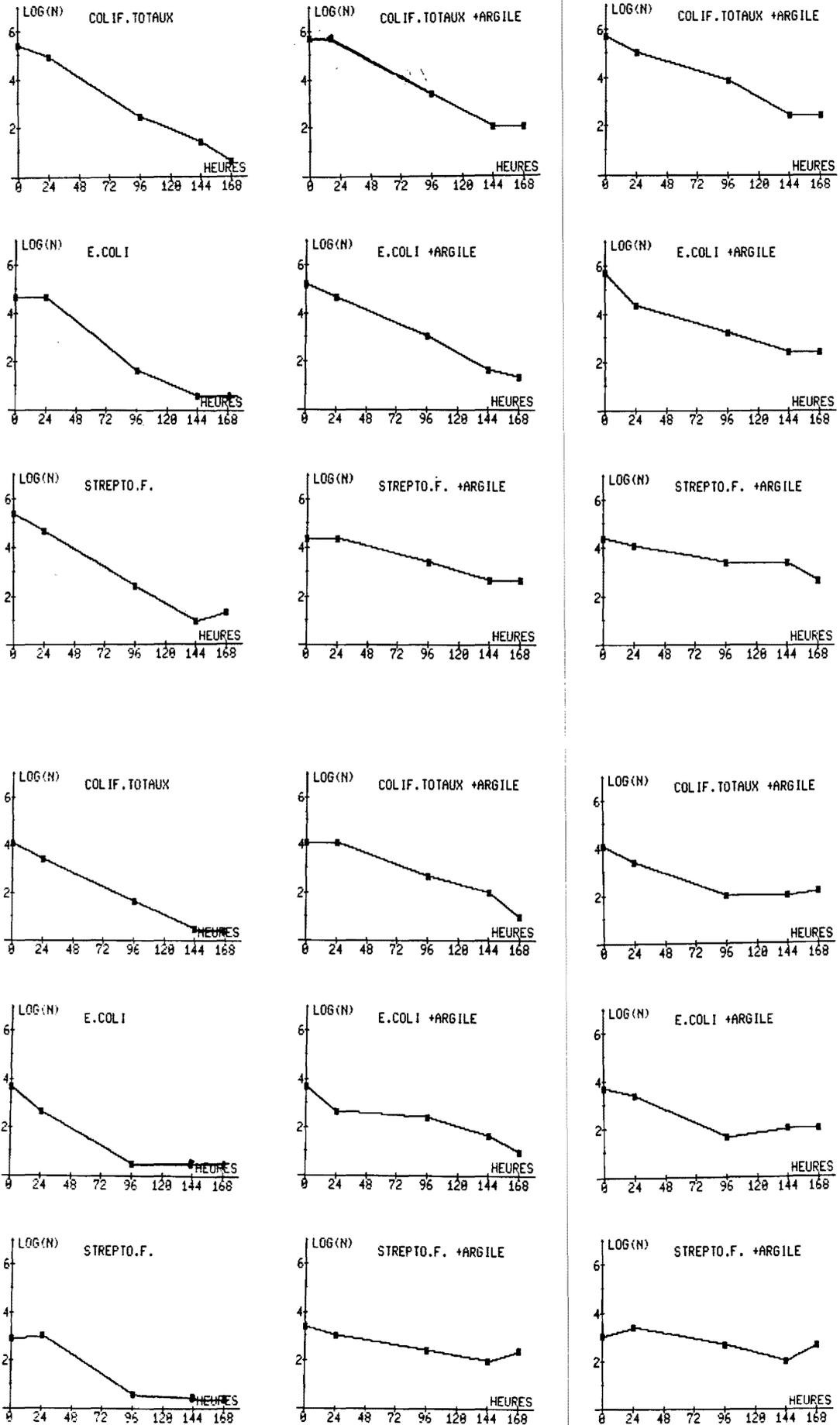


Figure 18 - 3 au 10 Mai 1984 (Tubes)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 5 mg/l	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>
24h	7.5 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
96h	2.4 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	7.5 10 <sup>3</sup>
144h	2.3 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E 35      G 41	E 40      G 48	E 49      G 53
<b>E. coli /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>
24h	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	2.1 10 <sup>4</sup>
96h	4.3 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
144h	0.4 10 <sup>1</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	2.1 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E 36      G 43	E 42      G 48	E 54      G 51
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
96h	2.4 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
144h	0.9 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
168h	2.1 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E 38      G 42	E 86      G 89	E 115      G 112

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 5 mg/l	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
24h	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
96h	4.3 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.3 10 <sup>1</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>	1.5 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E 41      G 45	E 56      * G 66	E 86      G 74
<b>E. coli /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
24h	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
96h	0.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.3 10 <sup>1</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 31      G 32	E 74      G 74	E 90      G 89
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	7.5 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
24h	1.1 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
96h	0.4 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
190 (heures)	E 59      G 57	E 142      G 136	E 182      G 173

Tableau 19 - 3 au 10 Mai 1984 (Tubes)  
Température moyenne : 8,7° C

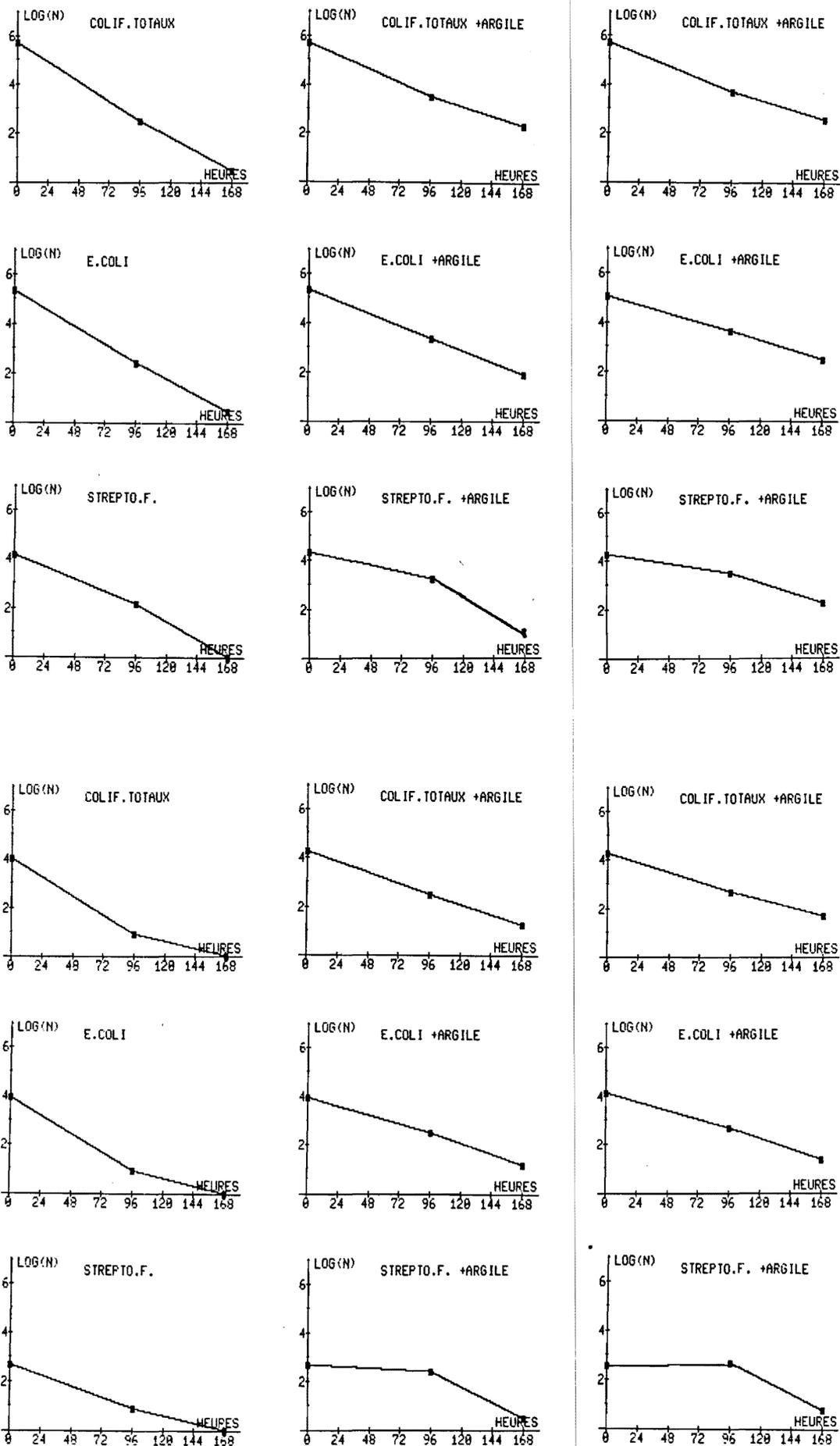


Figure 20 - 3 au 10 Mai 1984 (Boites)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 5 mg/l	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	$4.6 \cdot 10^5$	$4.7 \cdot 10^5$	$4.9 \cdot 10^5$
96h	$2.8 \cdot 10^2$	$3.2 \cdot 10^2$	$5.0 \cdot 10^2$
168h	$0.3 \cdot 10^1$	$1.8 \cdot 10^2$	$3.6 \cdot 10^2$
$\widehat{T90}$ (heures)	E 31      G 36	E 49      G 53	E 53      G 57
<b>E. coli /100ml</b>			
To	$2.2 \cdot 10^5$	$2.0 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^5$
96h	$2.7 \cdot 10^2$	$2.1 \cdot 10^1$	$4.3 \cdot 10^2$
168h	$0.3 \cdot 10^1$	$7.0 \cdot 10^1$	$2.8 \cdot 10^2$
$\widehat{T90}$ (heures)	E 34      G 40	E 49      G 54	E 65      G 69
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	$1.3 \cdot 10^4$	$2.0 \cdot 10^4$	$1.8 \cdot 10^4$
96h	$1.5 \cdot 10^2$	$1.5 \cdot 10^3$	$2.8 \cdot 10^3$
168h	$0.1 \cdot 10^1$	$1.9 \cdot 10^1$	$1.7 \cdot 10^2$
$\widehat{T90}$ (heures)	E 41      G 48	E 57      G 64	E 84      G 88

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 5 mg/l	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	$1.0 \cdot 10^4$	$1.6 \cdot 10^4$	$1.7 \cdot 10^4$
96h	$0.8 \cdot 10^1$	$3.0 \cdot 10^2$	$4.4 \cdot 10^2$
168h	$0.1 \cdot 10^1$	$1.8 \cdot 10^1$	$5.0 \cdot 10^1$
$\widehat{T90}$ (heures)	E 41      G 44	E 57      G 61	E 66      G 68
<b>E. coli /100ml</b>			
To	$9.0 \cdot 10^3$	$9.0 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^4$
96h	$0.8 \cdot 10^1$	$3.0 \cdot 10^1$	$4.4 \cdot 10^1$
168h	$0.1 \cdot 10^1$	$1.4 \cdot 10^1$	$1.9 \cdot 10^1$
$\widehat{T90}$ (heures)	E 42      G 44	E 60      G 65	E 60      G 65
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	$4.4 \cdot 10^2$	$4.2 \cdot 10^2$	$3.5 \cdot 10^2$
96h	$0.8 \cdot 10^1$	$2.3 \cdot 10^2$	$4.4 \cdot 10^2$
168h	$0.1 \cdot 10^1$	$0.3 \cdot 10^1$	$0.6 \cdot 10^1$
$\widehat{T90}$ (heures)	E 63      G 65	E 82      * G 108	E 101      * G 140

Tableau 21 - 3 au 10 Mai 1984 (Boites)  
Température moyenne : 8,7° C

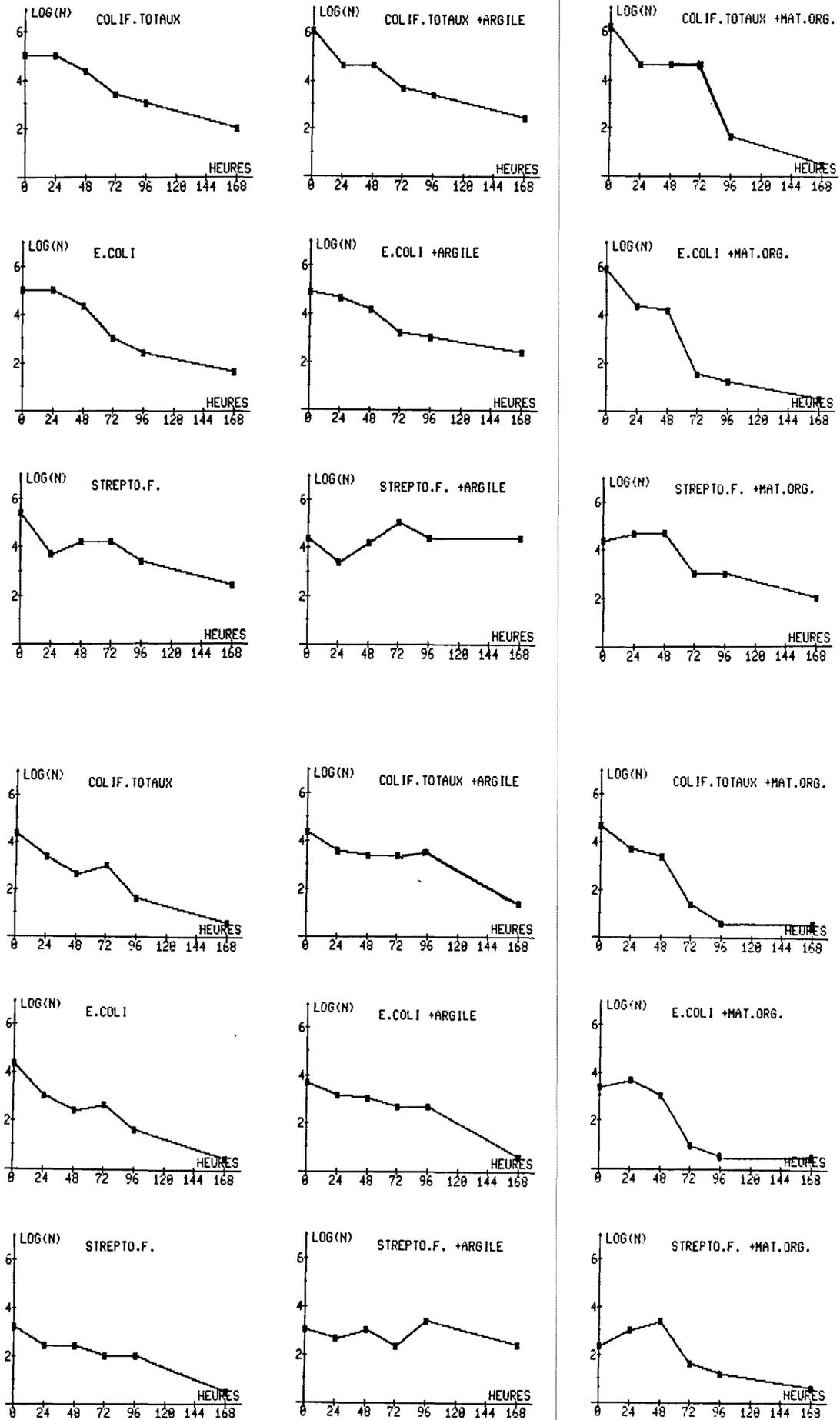


Figure 22 - 10 au 17 Septembre 1984 (Tubes)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>6</sup>	1.5 10 <sup>6</sup>
24h	1.1 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
48h	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
72h	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
96h	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
168h	9.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 50      G 56	E 49      G 48	E 29      G 34
<b>E. coli /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>5</sup>	7.5 10 <sup>4</sup>	7.5 10 <sup>5</sup>
24h	1.1 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
48h	2.4 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>
72h	1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	2.9 10 <sup>1</sup>
96h	2.4 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>1</sup>
168h	4.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 43      G 50	E 62      G 64	E 30      G 31
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
48h	1.5 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
72h	1.5 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
96h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
168h	2.4 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 68      G 62	E —      G —	E 59      G 66

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
24h	2.4 10 <sup>3</sup>	3.9 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
48h	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
72h	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.3 10 <sup>1</sup>
96h	4.3 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	2.3 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 46      G 48	E 59      G 61	E 37      G 37
<b>E. coli /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
24h	1.1 10 <sup>3</sup>	1.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
48h	2.4 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
72h	4.6 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>
96h	4.3 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.3 10 <sup>1</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 47      G 46	E 59      G 65	E 46      * G 60
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	1.5 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	2.1 10 <sup>2</sup>
24h	2.4 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
48h	2.4 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
72h	9.3 10 <sup>1</sup>	2.1 10 <sup>2</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
96h	9.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>1</sup>
168h	0.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 69      G 69	E 416      G 409	E 56      * G 68

Tableau 23 : 10 au 17 Septembre 1984 (Tubes)  
Température moyenne : 19° C

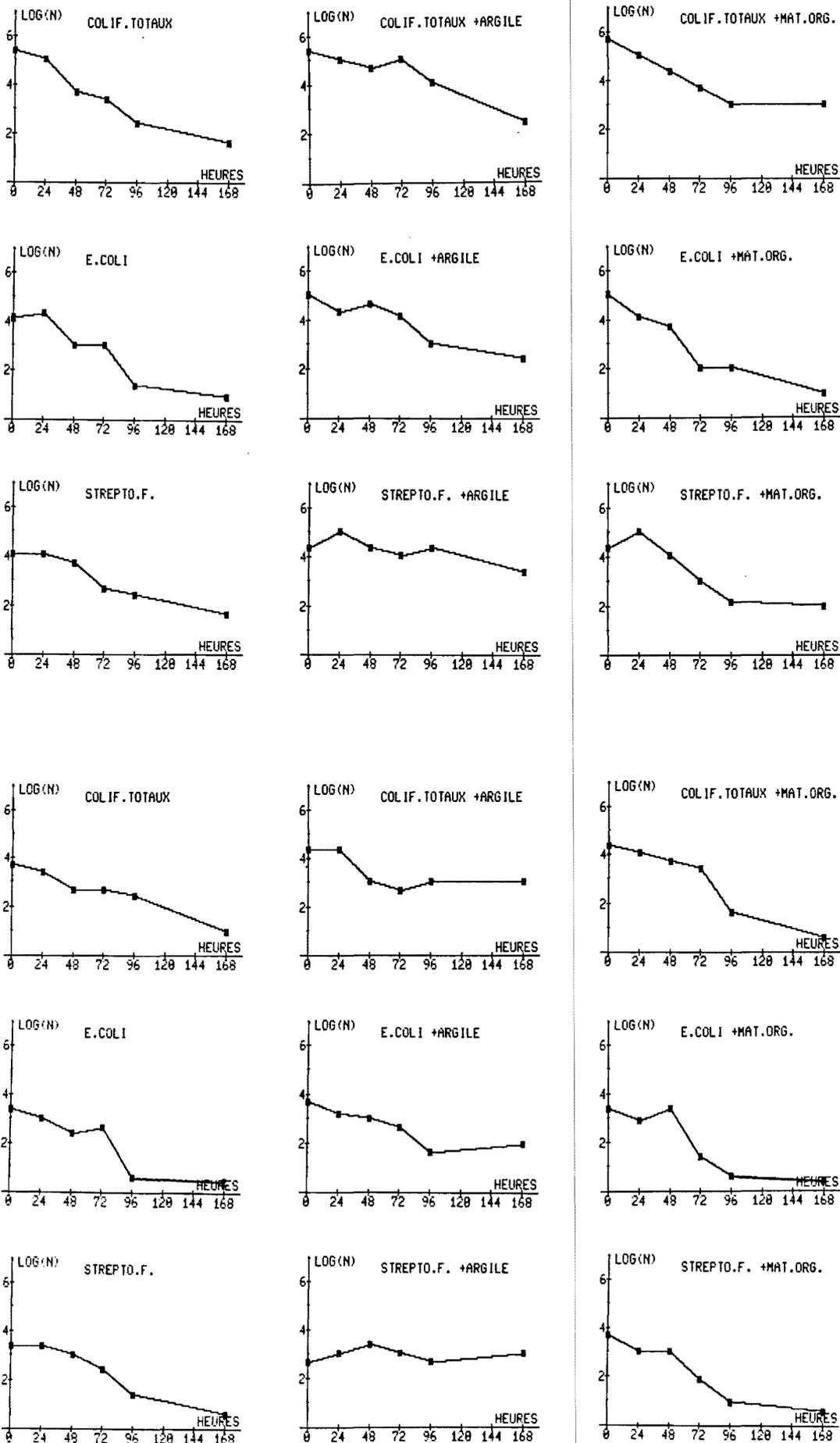


Figure 24 - 24 Septembre au 1er Octobre 1984 (Tubes)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>
24h	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
48h	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
72h	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
96h	2.4 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
168h	4.3 10 <sup>1</sup>	2.1 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
190 (heures)	E 42      G 45	E 56      G 66	E 61      G 57
<b>E. coli /100ml</b>			
To	1.5 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
24h	2.4 10 <sup>4</sup>	2.1 10 <sup>4</sup>	1.2 10 <sup>3</sup>
48h	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>1</sup>
72h	1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
96h	2.3 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.9 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 45      G 49	E 62      G 66	E 41      G 41
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
48h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
72h	4.6 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>2</sup>
96h	2.4 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>2</sup>
168h	4.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 62      G 68	E 136      G 123	E 54      G 53

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	2.4 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
48h	4.6 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
72h	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
96h	2.4 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.9 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 64      G 68	E 117      G 108	E 41      G 49
<b>E. coli /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
24h	1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	7.5 10 <sup>2</sup>
48h	2.4 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
72h	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.3 10 <sup>1</sup>
96h	0.4 10 <sup>1</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 55      G 64	E 90      G 88	E 52      G 55
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
24h	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
48h	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
72h	2.4 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>2</sup>	7.5 10 <sup>1</sup>
96h	2.3 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 58      *      G 69	E —      G —	E 51      G 53

Tableau 25 - 24 Septembre au 1er Octobre 1984 (Tubes)  
Température moyenne : 17°2 C

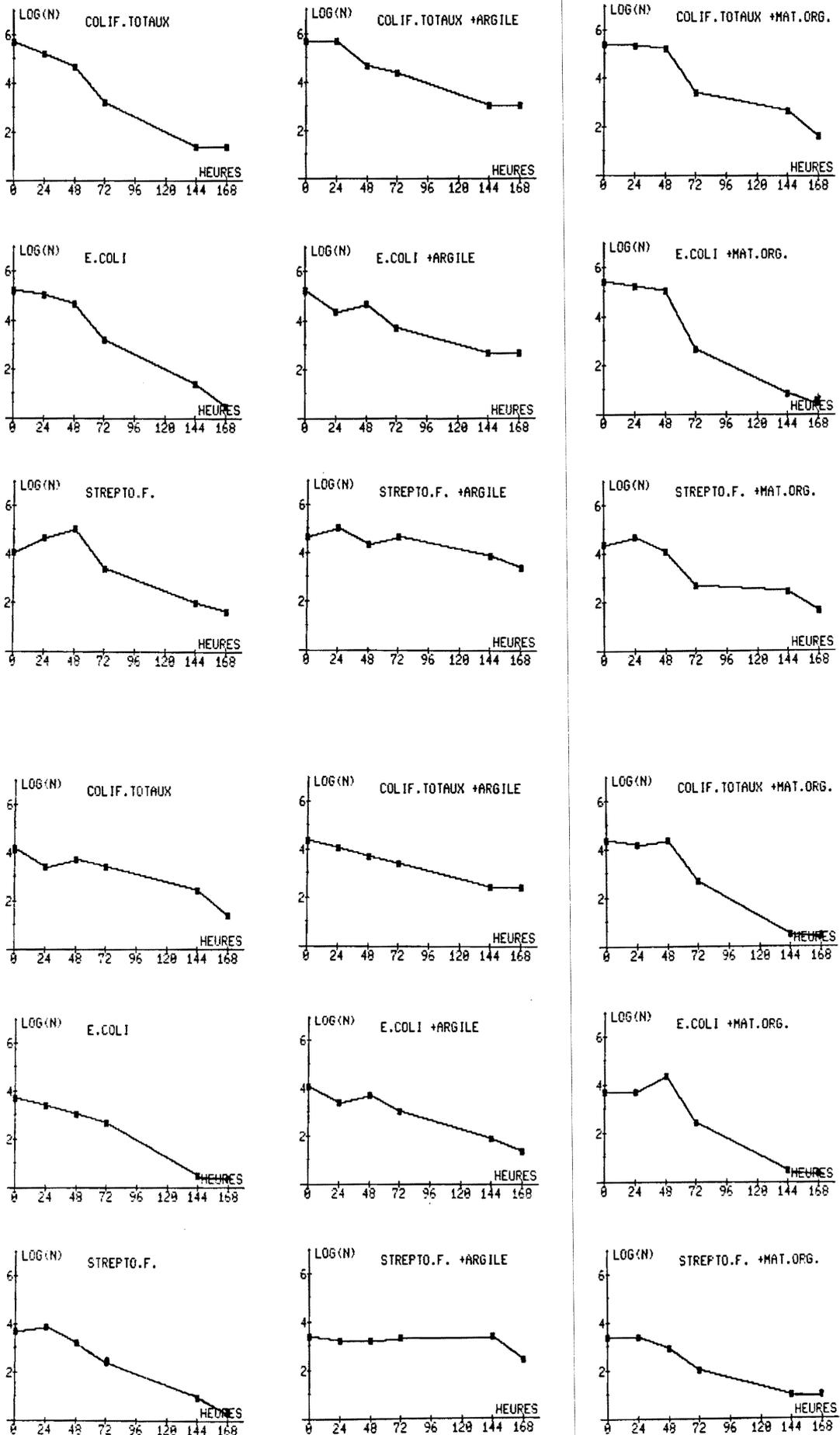


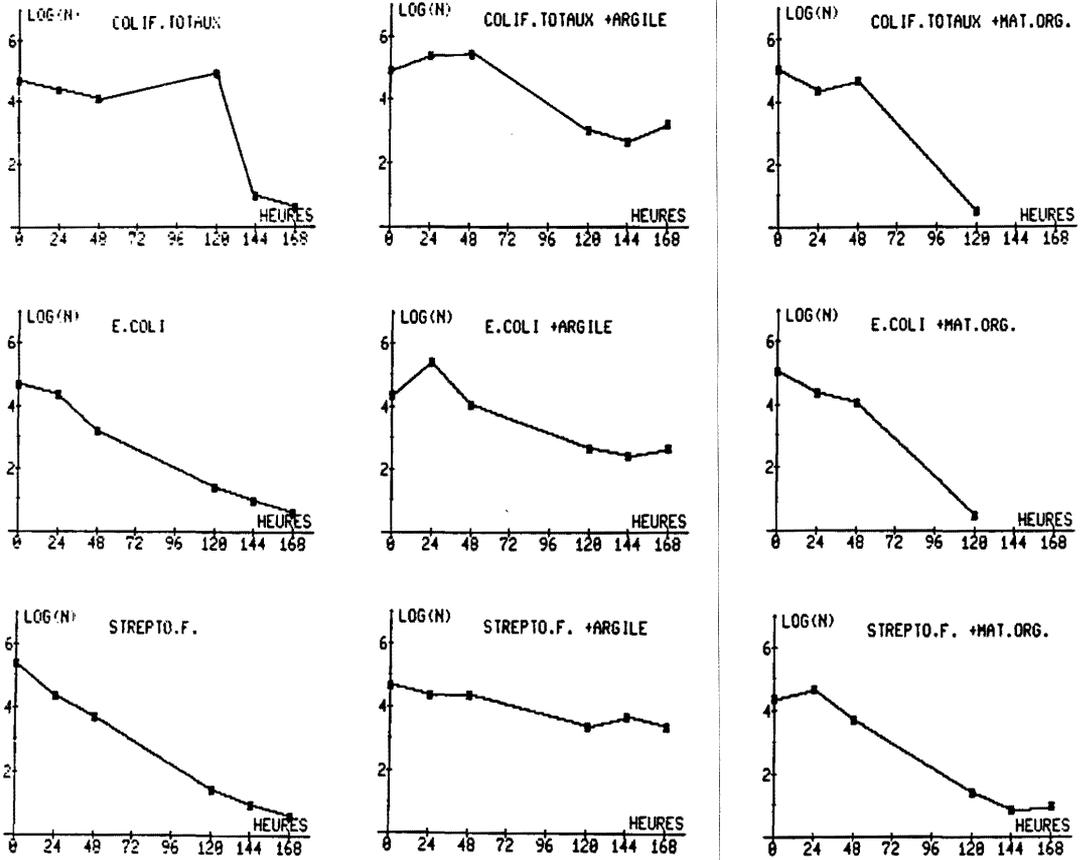
Figure 26 - 2 au 9 Octobre 1984 (Tubes)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
24h	1.5 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>	2.1 10 <sup>5</sup>
48h	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>5</sup>
72h	1.5 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
144h	2.3 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
168h	2.3 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 36 G 41	E 58 G 62	E 43 * G 56
<b>E. coli /100ml</b>			
To	1.5 10 <sup>5</sup>	1.5 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
24h	1.1 10 <sup>7</sup>	2.1 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>5</sup>
48h	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
72h	1.5 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
144h	2.3 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	0.7 10 <sup>1</sup>
168h	0.3 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 34 * G 44	E 66 G 65	E 30 * G 40
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	4.6 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
48h	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
72h	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
144h	9.3 10 <sup>1</sup>	7.5 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
168h	3.9 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 53 * G 71	E 122 G 119	E 58 G 62

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	1.5 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>
48h	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
72h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
144h	2.4 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
168h	2.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 69 G 74	E 80 G 79	E 38 * G 48
<b>E. coli /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
24h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
48h	1.1 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
72h	4.6 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	7.5 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	2.1 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 48 G 56	E 64 G 69	E 43 * G 59
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
24h	7.5 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
48h	1.5 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	7.5 10 <sup>2</sup>
72h	2.4 10 <sup>2</sup>	2.1 10 <sup>3</sup>	3.3 10 <sup>1</sup>
144h	0.9 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	6.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	6.3 10 <sup>1</sup>
190 (heures)	E 48 G 55	E 295 G 306	E 61 G 66

Tableau 27 - 2 au 9 Octobre 1984 (Tubes)  
Température moyenne : 18°5 C

avec agitation



sans agitation

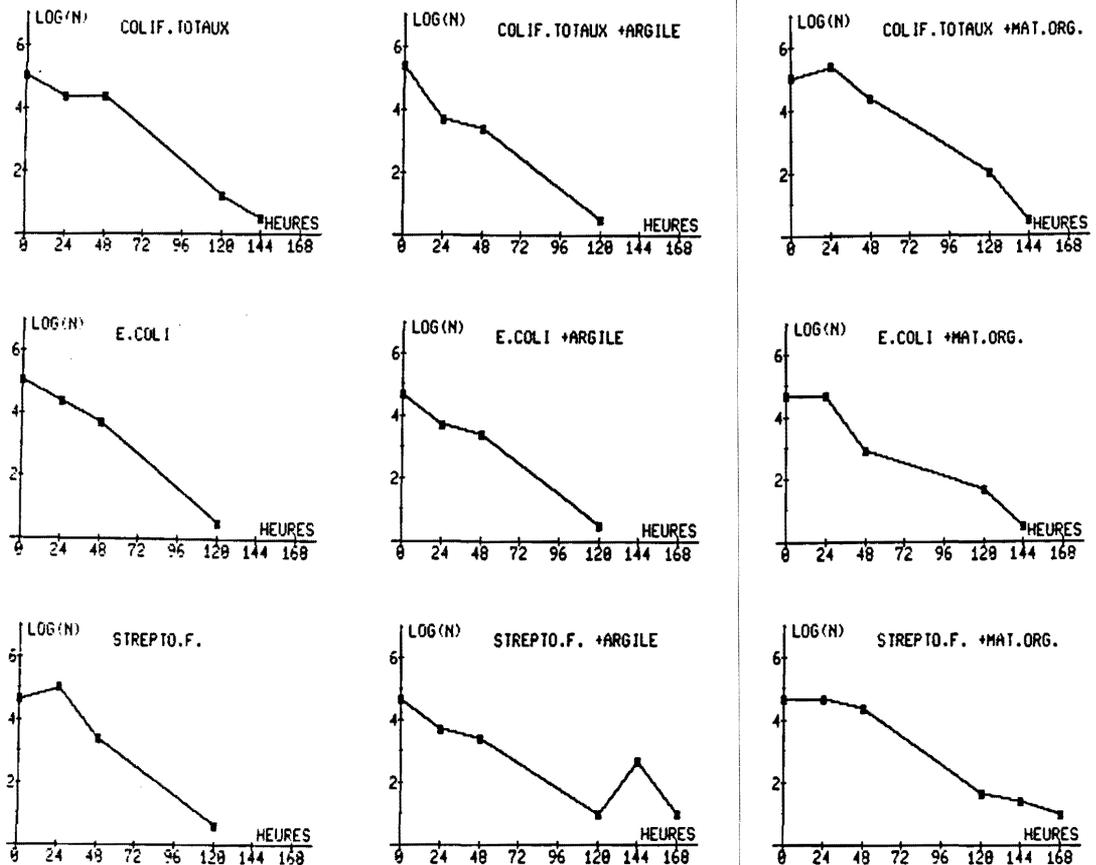


Figure 28 - 10 au 17 Octobre 1984 (Tubes)

avec agitation

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>4</sup>	7.5 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
24h	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
48h	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
120h	1.5 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	0.7 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 46 * G 84	E 61 G 68	E 28 * G 49
<b>E. coli /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
24h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
48h	1.5 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>1</sup>
120h	2.3 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
144h	0.9 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 39 G 45	E 64 G 60	E 26 * G 52
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
24h	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
48h	4.6 10 <sup>1</sup>	2.1 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
120h	2.8 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.3 10 <sup>1</sup>
144h	0.9 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	0.7 10 <sup>1</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 35 G 32	E 129 G 126	E 40 G 46

sans agitation

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
24h	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
48h	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
120h	1.5 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	0.7 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	0.4 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 33 * G 68	E 35 G 36	E 30 * G 79
<b>E. coli /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
24h	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
48h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	7.5 10 <sup>2</sup>
120h	0.3 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.3 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 26 G 31	E 29 G 33	E 34 G 41
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
24h	1.1 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
48h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
120h	0.4 10 <sup>1</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
144h	0.3 10 <sup>1</sup>	4.3 10 <sup>2</sup>	2.3 10 <sup>1</sup>
168h	0.9 10 <sup>1</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 35 G 39	E 52 G 52	E 39 * G 93

Tableau 29 - 10 au 17 Octobre 1984 (Tubes)  
Température moyenne : 17°5 C

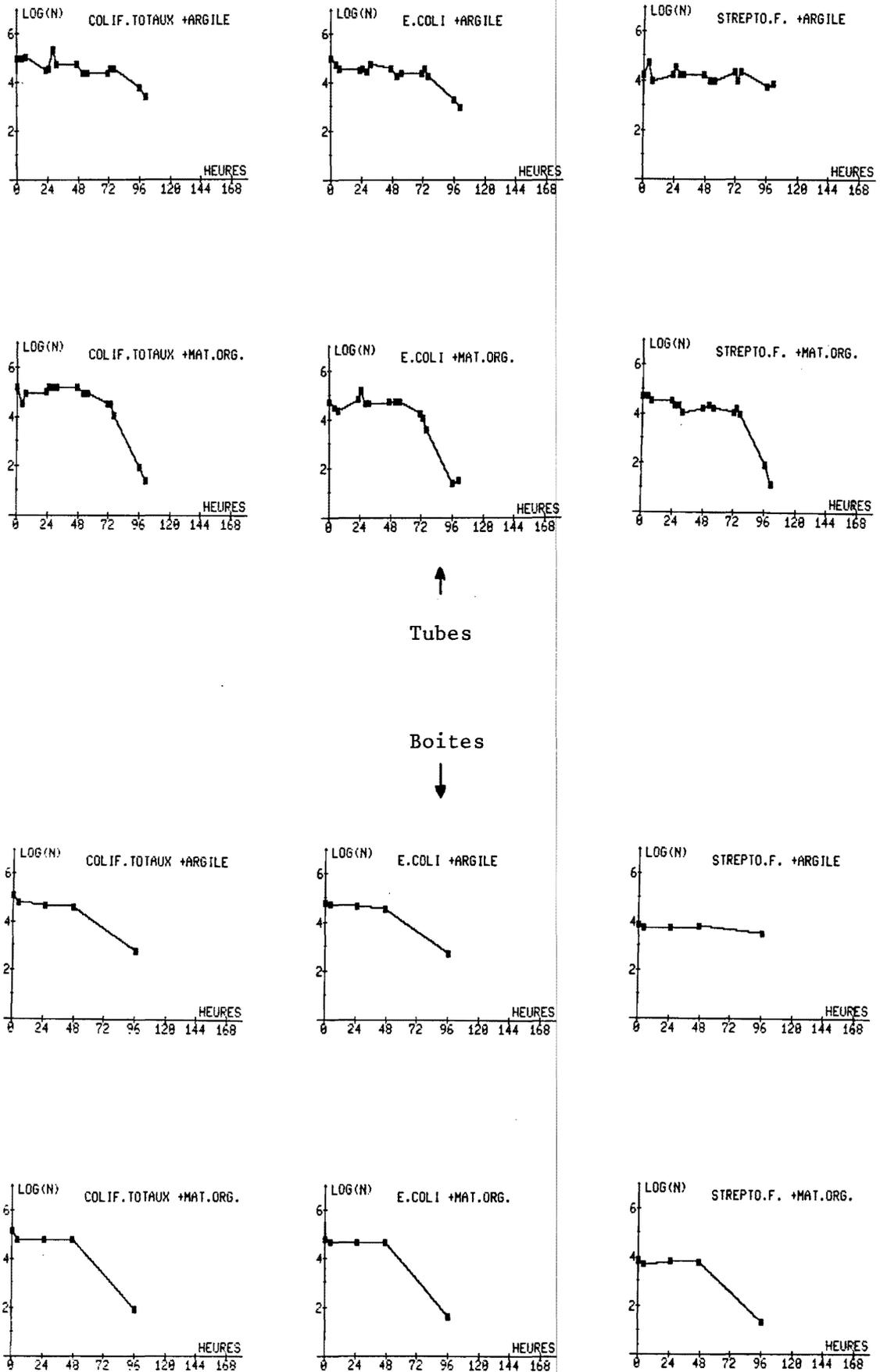


Figure 30 - 20 au 26 Novembre 1984 (Tubes - Boites)

	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l		eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l	
	Milieu liquide	Milieu solide	Milieu liquide	Milieu solide
<b>coliformes totaux /100ml</b>				
To	9.2 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>5</sup>	1.6 10 <sup>5</sup>	1.3 10 <sup>5</sup>
4h	9.2 10 <sup>4</sup>	6.3 10 <sup>4</sup>	3.4 10 <sup>4</sup>	6.0 10 <sup>4</sup>
6h30	1.1 10 <sup>4</sup>		9.2 10 <sup>4</sup>	
23h	3.2 10 <sup>4</sup>		1.1 10 <sup>5</sup>	
25h	3.5 10 <sup>4</sup>	4.8 10 <sup>4</sup>	1.6 10 <sup>5</sup>	5.6 10 <sup>4</sup>
28h	2.2 10 <sup>5</sup>		1.7 10 <sup>5</sup>	
31h	5.4 10 <sup>4</sup>		1.7 10 <sup>5</sup>	
47h	5.4 10 <sup>4</sup>	3.7 10 <sup>4</sup>	1.6 10 <sup>4</sup>	5.6 10 <sup>4</sup>
52h	2.4 10 <sup>4</sup>		9.2 10 <sup>4</sup>	
55h	2.4 10 <sup>4</sup>		9.2 10 <sup>4</sup>	
71h	2.4 10 <sup>4</sup>		3.5 10 <sup>4</sup>	
73h	3.5 10 <sup>4</sup>		3.5 10 <sup>4</sup>	
76h	3.5 10 <sup>4</sup>		1.1 10 <sup>1</sup>	
96h	5.4 10 <sup>3</sup>	5.6 10 <sup>2</sup>	7.9 10 <sup>1</sup>	8.0 10 <sup>1</sup>
101h	2.4 10 <sup>3</sup>		2.3 10 <sup>1</sup>	
$\widehat{T90}$ (heures)	E 81 G 78	E 44 G 46	E 35 * G 63	E 33 * G 56
<b>E. coli /100ml</b>				
To	9.2 10 <sup>4</sup>	6.0 10 <sup>4</sup>	5.4 10 <sup>4</sup>	6.0 10 <sup>4</sup>
4h	5.4 10 <sup>4</sup>	5.2 10 <sup>4</sup>	2.8 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
6h30	3.5 10 <sup>4</sup>		2.4 10 <sup>4</sup>	
23h	3.1 10 <sup>4</sup>		7.0 10 <sup>4</sup>	
25h	3.5 10 <sup>4</sup>	4.7 10 <sup>4</sup>	1.6 10 <sup>5</sup>	4.3 10 <sup>4</sup>
28h	2.6 10 <sup>4</sup>		4.6 10 <sup>4</sup>	
31h	5.4 10 <sup>4</sup>		4.6 10 <sup>4</sup>	
47h	3.5 10 <sup>4</sup>	3.4 10 <sup>4</sup>	5.4 10 <sup>4</sup>	4.5 10 <sup>4</sup>
52h	1.6 10 <sup>4</sup>		5.4 10 <sup>4</sup>	
55h	2.4 10 <sup>4</sup>		5.4 10 <sup>4</sup>	
71h	2.4 10 <sup>4</sup>		1.6 10 <sup>4</sup>	
73h	3.5 10 <sup>4</sup>		1.1 10 <sup>3</sup>	
76h	1.7 10 <sup>4</sup>		3.5 10 <sup>3</sup>	
96h	1.7 10 <sup>3</sup>	5.2 10 <sup>2</sup>	2.3 10 <sup>1</sup>	4.0 10 <sup>1</sup>
101h	9.2 10 <sup>2</sup>		3.3 10 <sup>1</sup>	
$\widehat{T90}$ (heures)	E76 G76	E48 G 53	E35 G43	E32 * G 62
<b>Streptocoques Fécaux /100ml</b>				
To	1.7 10 <sup>4</sup>	7.8 10 <sup>3</sup>	5.4 10 <sup>4</sup>	6.5 10 <sup>3</sup>
4h	5.4 10 <sup>4</sup>	5.4 10 <sup>3</sup>	5.4 10 <sup>4</sup>	4.5 10 <sup>3</sup>
6h30	9.2 10 <sup>3</sup>		3.5 10 <sup>4</sup>	
23h	1.7 10 <sup>4</sup>		3.5 10 <sup>4</sup>	
25h	3.5 10 <sup>4</sup>	5.2 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	6.7 10 <sup>3</sup>
28h	1.6 10 <sup>4</sup>		2.2 10 <sup>4</sup>	
31h	1.6 10 <sup>4</sup>		1.1 10 <sup>4</sup>	
47h	1.6 10 <sup>4</sup>	6.0 10 <sup>3</sup>	1.6 10 <sup>4</sup>	5.7 10 <sup>3</sup>
52h	9.2 10 <sup>3</sup>		2.4 10 <sup>4</sup>	
55h	9.2 10 <sup>3</sup>		1.6 10 <sup>4</sup>	
71h	2.4 10 <sup>4</sup>		1.1 10 <sup>4</sup>	
73h	9.2 10 <sup>3</sup>		1.6 10 <sup>3</sup>	
76h	2.4 10 <sup>4</sup>		9.2 10 <sup>3</sup>	
96h	5.4 10 <sup>3</sup>	3.0 10 <sup>3</sup>	7.9 10 <sup>1</sup>	2.0 10 <sup>1</sup>
101h	7.0 10 <sup>3</sup>		1.4 10 <sup>1</sup>	
$\widehat{T90}$ (heures)	E229 G 207	E 305 G —	E 41 * G 66	E 41 G 57

Tableau 31 - 20 au 26 Novembre 1984 (Tubes - Boites)  
Température moyenne : 12°7 C

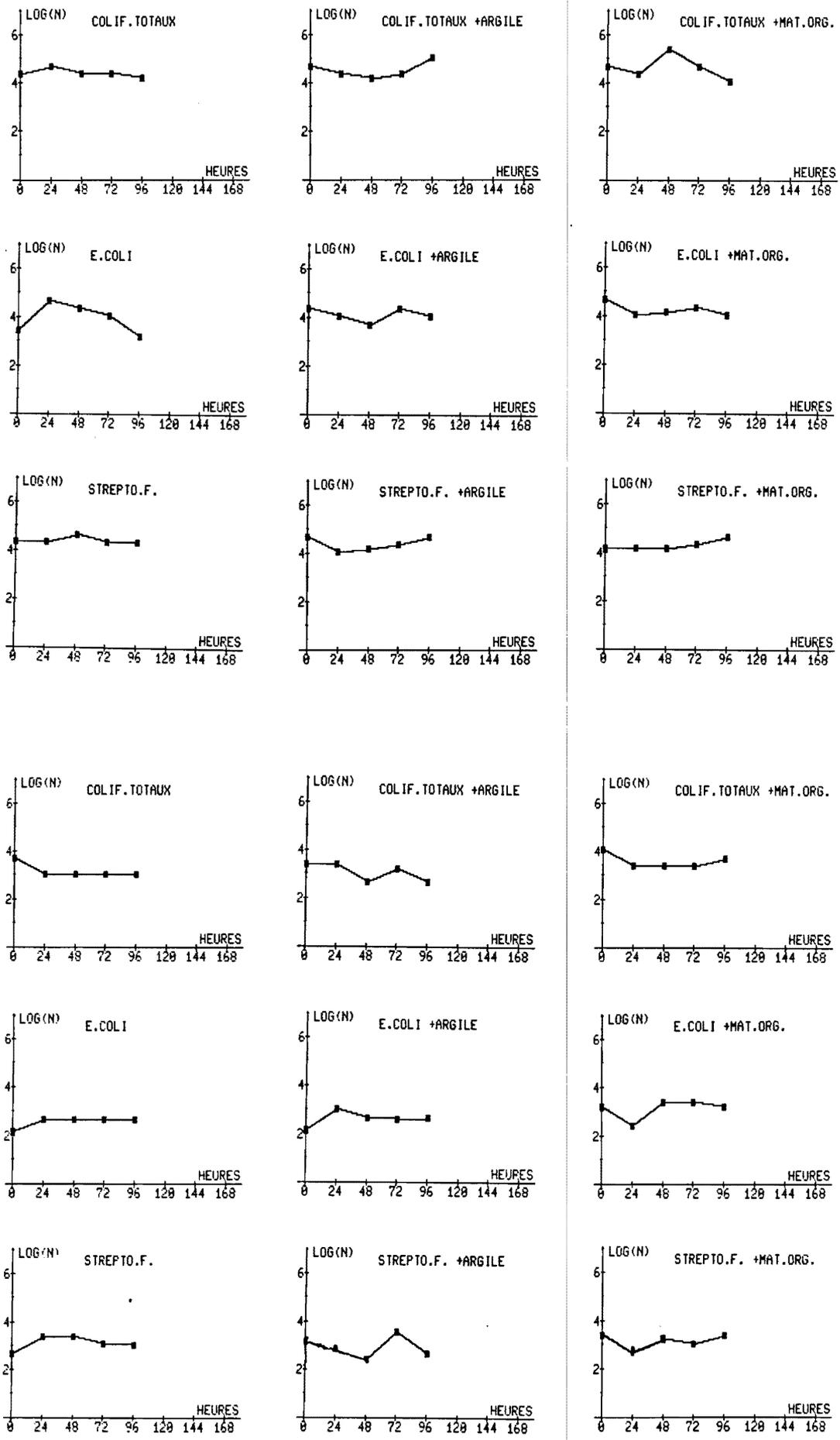
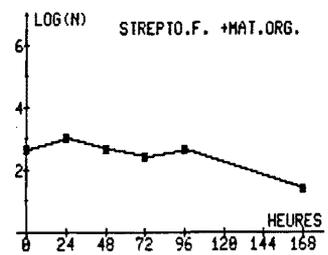
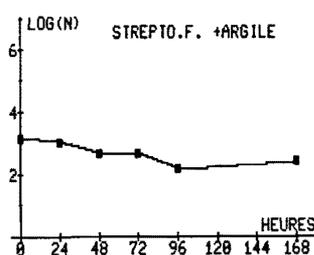
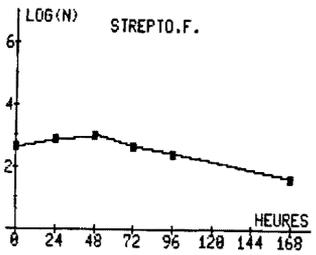
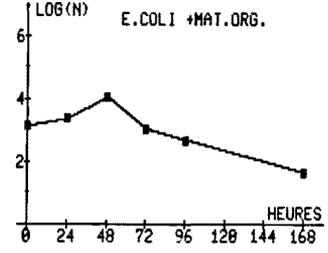
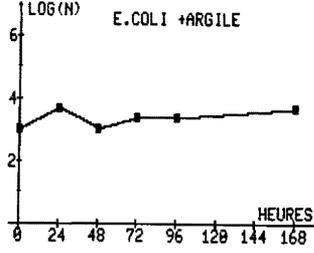
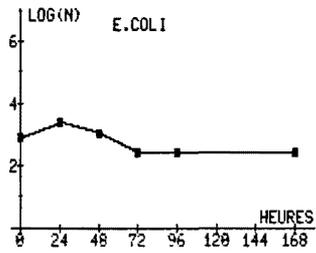
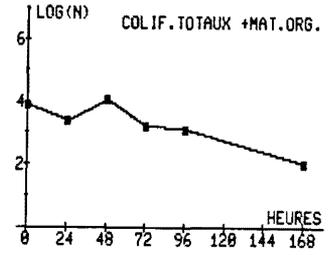
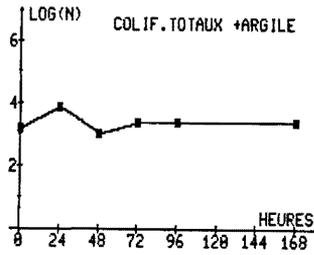
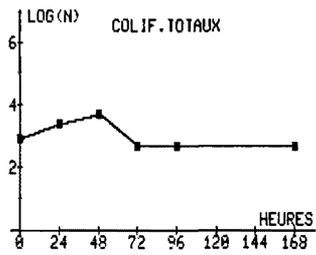


Figure 32 - 21 au 25 Janvier 1985 (Tubes)

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
24h	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
48h	2.4 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
72h	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
96h	1.5 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
T90 (heures)	E 347 G —	-	E 250 G —
	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>E. coli /100ml</b>			
To	2.9 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
24h	4.6 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
48h	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>
72h	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
96h	1.5 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
T90 (heures)	E 201 G —	E 709 G —	E 265 G —
	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>
24h	2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>
48h	4.6 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>
72h	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
96h	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
T90 (heures)	-	-	-

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
24h	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
48h	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
72h	1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
96h	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
T90 (heures)	-	-	E 317 G —
<b>E. coli /100ml</b>			
To	1.5 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
24h	4.6 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
48h	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
72h	4.6 10 <sup>2</sup>	3.9 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
96h	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
T90 (heures)	-	-	-
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
24h	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
48h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
72h	1.2 10 <sup>3</sup>	3.9 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
96h	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
T90 (heures)	-	-	-

Tableau 33 : 21 au 25 Janvier 1985 (Tubes)  
Température moyenne : 8,2° C



↑  
Eau usée : 0,02 %

Salmonella : 0,01 % au bouillon  
( $1,1 \cdot 10^8$ /ml)

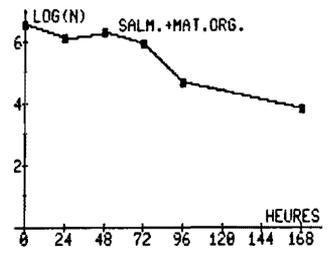
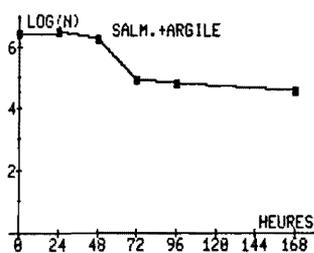


Figure 34 - 4 au 13 Février 1985

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	7.5 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	7.5 10 <sup>3</sup>
24h	2.4 10 <sup>3</sup>	7.5 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
48h	4.6 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
72h	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
96h	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.2 10 <sup>3</sup>
168h	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	9.3 10 <sup>1</sup>
216h	4.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E153 * G 143	E 286 G255	E 75 G 83
<b>E. coli /100ml</b>			
To	7.5 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.4 10 <sup>3</sup>
24h	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
48h	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
72h	2.4 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
96h	2.4 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
168h	2.4 10 <sup>1</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	4.3 10 <sup>1</sup>
216h	4.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.3 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E157 * G148	E464 G439	E 71 G 76
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>2</sup>	1.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
24h	7.5 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
48h	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
72h	4.6 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>
96h	2.4 10 <sup>2</sup>	1.5 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>
168h	4.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	2.3 10 <sup>1</sup>
216h	0.9 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>2</sup>	0.7 10 <sup>1</sup>
T90 (heures)	E 111 G120	E 282 * G410	E 104 * G134
<b>Salmonella /100ml</b>			
To	3.7 10 <sup>6</sup>	2.8 10 <sup>6</sup>	3.6 10 <sup>6</sup>
24h	3.8 10 <sup>6</sup>	3.2 10 <sup>6</sup>	1.4 10 <sup>6</sup>
48h	2.6 10 <sup>6</sup>	1.8 10 <sup>6</sup>	1.9 10 <sup>6</sup>
72h	7.5 10 <sup>5</sup>	8.0 10 <sup>4</sup>	8.7 10 <sup>5</sup>
96h	6.0 10 <sup>3</sup>	6.0 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
168h	1.6 10 <sup>3</sup>	3.6 10 <sup>4</sup>	6.1 10 <sup>3</sup>
216h	1.0 10 <sup>2</sup>	2.0 10 <sup>4</sup>	4.0 10 <sup>2</sup>
T90 (heures)	E 43 * G 56	E 91 G 90	E 53 * G 65

Tableau 35 - 4 au 13 Février 1985  
Température moyenne : 4°1 C

CHAPITRE II-2

---

SURVIE D'ESCHERICHIA COLI ET STREPTOCOQUES D  
EN EAU DE MER NON RENOUVELEE

(SUITE)

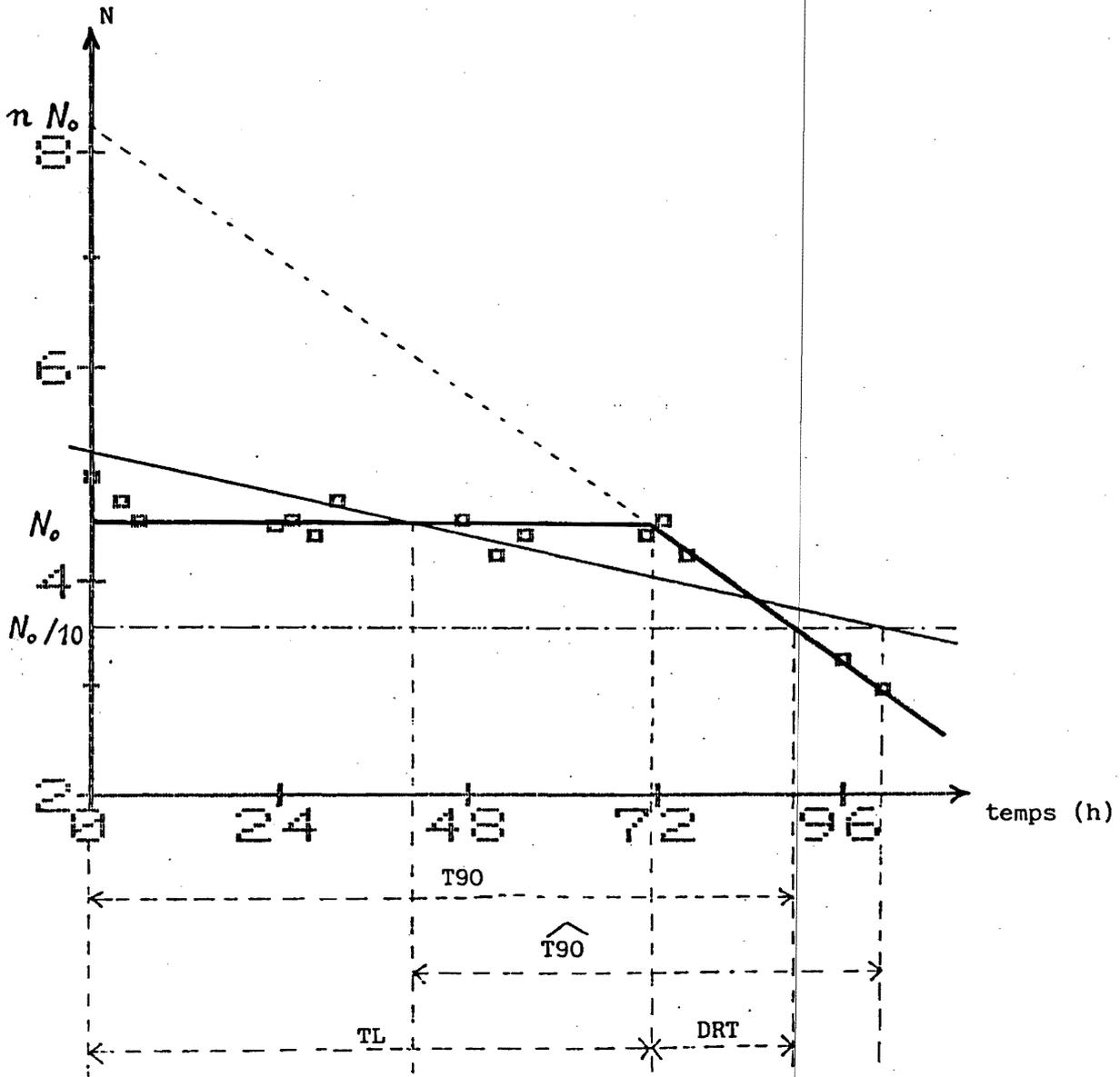


Figure 36 - Courbe de survie : Définitions des paramètres.

CHAPITRE II-2

SURVIE D'ESCHERICHIA COLI ET STREPTOCOQUES D  
EN EAU DE MER NON RENOUVELEE  
(suite)

DISCUSSION

A / ALLURE DES COURBES

Le plus souvent (75 % des cas) la disparition des germes suit une loi exponentielle :

$$N = N_0 e^{-kt}$$

de représentation linéaire en coordonnées semi-logarithmiques :

$$\log N = \frac{1}{T_{90}} \times t - \log N_0$$

?

$$\log N = \log N_0 - kt$$

$T_{90}$  vérifie :  $\log \frac{N_0}{10} = \log N_0 - kT_{90}$

$$\Rightarrow T_{90} = \frac{\log 10}{k} \Rightarrow N = N_0 \cdot 10^{-\frac{t}{T_{90}}}$$

On peut ainsi estimer le  $T_{90}$  à partir de la pente de la droite de régression (symbolisée  $\widehat{T}_{90}$ ).

Cependant dans certains cas (ex. fig. 36) la disparition ne commence qu'après un temps de latence ("lag-phase"), TL, et le temps nécessaire pour passer de  $N_0$  à  $N_0/10$ , ou  $T_{90}$ , est égal à la somme du temps de latence TL et du temps nécessaire à une réduction décimale DRT :

$$T_{90} = TL + 1 \times DRT$$

Dans ce cas, l'estimation du T90 par une régression exponentielle ne convient pas et on observe qu'une loi gaussienne s'ajuste mieux aux valeurs observées (Annexe I).

Pour les 15 séries d'expériences "en batch" (tab. et fig. 7 à 35) nous avons donc rapporté les valeurs de T90 estimées par les 2 types de régression (exponentielle notée E et gaussienne notée G).

Les différences significatives au seuil de 5 % entre les 2 méthodes sont indiquées par \*.

ESPERANCES DE VIE E<sub>0</sub>

	Dénombrements en milieux liquides - NPP						Dénombrement sur milieux solides					
	Eau usée 0,5 %			Eau usée 0,02 %			Eau usée 0,5 %			Eau usée 0,02 %		
		+ argile 50 mg/l	+ boues 50 mg/l		+ argile 50 mg/l	+ boues 50 mg/l		+ argile 50 mg/l	+ boues		+ argile	+ boues
19 au 23/03/84												
Coliformes	96	96	96	96	96	96	32,7	32,7	33,7	56,5	56,9	54,9
E. coli	96	96	96	96	96	96	47,1	47,4	64,8	59,2	69,3	58,8
Streptocoques D	96	96	96	96	96	96	23,8	38,0	36,8	26,4	96	96
02 au 09/04/84												
Coliformes	25,1	33,8	104,8	26,3	39,6	36,6	29,9	32,3	61,6	32,6	66,4	70,3
E. coli	31,1	51,6	92,7	34,7	51,3	44,6	31,8	41,3	26,3	32,4	63,3	80,9
Streptocoques D	69,1	79,9	28,4	39,4	168	31,0	43,3	168	42,0	39,7	168	168
24/4 au 2/5/84												
Coliformes	19,3	109,3	51,3	23,2	35,0	23,2	67,0	75,1	67,4	70,7	82,5	75,0
E. coli	20,1	84,0	62,9	25,2	36,8	22,8	62,1	66,8	61,2	72,4	79,4	76,6
Streptocoques D	27,9	73,9	67,2	29,6	108,6	108,2	70,8	62,1	74,9	29,6	178	39,3
03 au 10/05/84												
Coliformes	17,8	20,9 A	23,0	19,5	28,7 A	47,9	15,7	23,0 A	24,7	19,0	26,5 A	29,7
E. coli	18,7	20,9 A	22,3	14,0	32,0 A	38,6	17,3	23,3 A	29,8	19,3	28,1 A	28,2
Streptocoques D	18,2	38,8 A	48,9	24,6	59,2 A	75,3	20,9	28,0 A	38,2	28,3	88,7 A	97,7
10 au 17/09/84												
Coliformes	24,5	20,7	14,6	20,7	26,7	16,3						
E. coli	21,6	27,9	13,3	20,2	28,3	41,3						
Streptocoques D	26,9	168	28,5	30,1	168	42,0						
24/9 au 1/10/84												
Coliformes	19,5	28,5	24,6	29,3	47,1	21,4						
E. coli	21,3	28,5	18,0	45,6	38,0	23,7						
Streptocoques D	29,5	53,6	23,0	29,9	168	23,0						
02 au 09/10/84												
Coliformes	17,8	26,9	24,5	32,0	34,3	21,0						
E. coli	19,0	28,2	17,2	24,5	30,2	38,1						
Streptocoques D	43,9	51,9	27,0	23,9	133,2	28,7						
10 au 17/10/84												
	avec agitation											
Coliformes	36,7	29,6	21,4									
E. coli	19,5	26,2	13,9									
Streptocoques D	16,7	54,9	20,0									
	sans agitation											
Coliformes	50,7	15,6	56,1									
E. coli	13,4	14,3	17,9									
Streptocoques D	17,0	22,8	78,4									
20 au 26/11/84												
Coliformes		34,0	46,7					20,0	40,1			
E. coli		33,0	18,7					39,3	46,3			
Streptocoques D		89,8	48,2					96	42,3			
21 au 25/01/85												
Coliformes	96	96	96	96	96	96						
E. coli	96	96	96	96	96	96						
Streptocoques D	96	96	96	96	96	96						
04 au 13/02/85												
Coliformes				62,1	111,0	36,3						
F. coli				64,2	190,8	33,0			Salmonelle :	24,4	39,0	28,3
Streptocoques D				77,7	178,2	85,4						

Tableau 37 - E<sub>0</sub> (heures)

Légende : EC : E. coli  
 C : Coliformes  
 SD : Streptocoques D  
 A : Résultats obtenus en présence d'argile (5 mg/l)

B / ESPERANCE DE VIE

Indépendamment de la loi suivie, on peut caractériser la survie d'une population par un paramètre unique qui est l'Espérance de vie, ou âge moyen des individus au moment de leur mort :

$$E_0 = \frac{1}{N_0} \sum_{t=0}^{t=\infty} t \times (N_t - N_{t+1}) \quad \Bigg| \quad E = \int_0^{\infty} t \cdot (-dN)$$

$$= \int_0^{\infty} t \cdot k e^{-kt} dt$$

$$= \frac{1}{k} = \frac{T_{90}}{\text{Log } 10}$$

où :  $N_0$  = effectif à l'instant zéro  
 $N_t$  = effectif à l'instant t

Dans le cas particulier d'une survie exponentielle, l'espérance de vie est égale à  $\frac{T_{90}}{\ln 10}$  soit  $\frac{T_{90}}{2,3}$ , et on peut utiliser indifféremment  $T_{90}$  ou  $E_0$  pour décrire l'évolution de l'effectif :

$$N = N_0 \cdot 10^{-t/T_{90}} \quad \text{est en effet équivalent à :}$$

$$N = N_0 \cdot 10^{-2,3 t/E_0}$$

Par contre dans les cas où la courbe de survie est gaussienne, le  $T_{90}$  estimé ne peut pas servir à prédire l'évolution ultérieure de l'effectif.

Pour cette raison la suite de la discussion portera uniquement sur les Espérances de vie  $E_0$  calculées selon l'équation (1) ci-dessus.

L'ensemble de nos expériences a conduit à une espérance de vie de

43 heures pour les coliformes	} médiane de 85 résultats
46 heures pour E. coli	
63 heures pour Streptocoques fécaux	

Les streptocoques fécaux apparaissent significativement (seuil 0,01 %) plus résistants que les coliformes dans les conditions étudiées.

C / ETUDE DES DIFFERENTS FACTEURS POUVANT INFLUENCER LA SURVIE DES BACTERIES

- Influence de la nature des particules sur  $E_0$

Pour étudier l'influence d'un facteur - tous les autres étant confondus - sur la survie des bactéries, nous avons appliqué le test de Welch (18) sur les médianes des  $E_0$ .

Comme le montre le tab. 38, l'effet protecteur des particules est significatif pour les streptocoques D uniquement. Il est particulièrement net avec de l'argile.

Eau de mer			
	Médiane	$\sigma$	n
C	35,9	19,8	27
EC	35,7	20	27
SD	38,3	18,9	27
Eau de mer + argile			
	Médiane	$\sigma$	n
C	42,8	23,7	33
EC	47,4	30,4	33
SD	86,2 **	38,6 //	33
Eau de mer + matières organiques			
	Médiane	$\sigma$	n
C	45,9	23,1	25
EC	45,4	23,8	25
SD	54,9 *	32,6 //	25

$\sigma$  = écart type

n = nombre d'expériences

\* = significatif au seuil 0,05

\*\* = significatif au seuil 0,01

Tableau 38 - Influence des particules  
sur l'Espérance de vie

En l'absence de particules, les expériences de vie sont identiques pour les trois germes, en moyenne 36 heures.

D / INFLUENCE DE LA DOSE D'ARGILE AJOUTEE

La fig. 39 montre l'évolution des  $E_0$  en fonction de la dose d'argile ajoutée, lors de la série du 3 au 10/05/1984. L'effet protecteur de l'argile, particulièrement net avec les streptocoques D semble proportionné au taux d'argile.

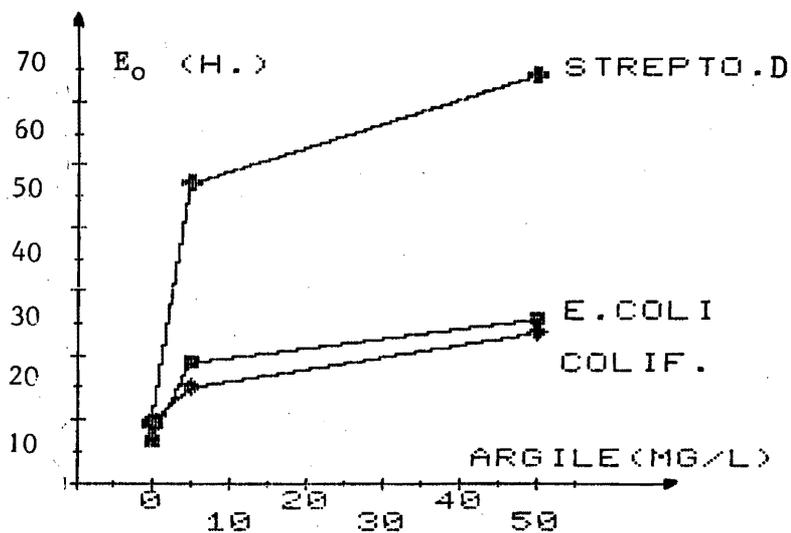


Figure 39 - Influence de la dose d'argile ajoutée sur l'espérance de vie  $E_0$ .

E / INFLUENCE DU TAUX D'EAU USEE DANS L'EAU DE MER

Pour chaque expérimentation, deux taux d'eau usée ont été essayés : 0,5 % et 0,02 %.

Eau de mer + eau usée 0,02 %			
	Médiane	$\sigma$	n
Coliformes	45,7	22,9	39
E. coli	51,4 *	30,8 //	39
Strepto. D	74,6 **	41,4 //	39
Eau de mer + eau usée 0,05 %			
	Médiane	$\sigma$	n
Coliformes	39,7	22,7	46
E. coli	38	21,4	46
Strepto. D	52,6	29,7	46

$\sigma$  = écart type

n = nombre de mesures

\* = significatif au seuil 0,05 %

\*\* = significatif au seuil 0,01 %

Tableau 40 - Influence du taux d'eau usée dans l'eau de mer sur l'espérance de vie  $E_0$ .

Le tab. 40 montre que l'espérance de vie des E. coli et surtout des streptocoques D est significativement plus grande lorsque le taux d'eau usée dans l'eau de mer est le plus faible (0,02 au lieu de 0,5 %).

F / INFLUENCE DE LA METHODE DE DENOMBREMENT

Dans la plupart des expérimentations, les germes témoins de contamination fécale ont été dénombrés par deux méthodes :

- sur milieux liquides, en NPP
- sur milieux solides, après filtration ou étalement en surface.

La comparaison des  $E_0$  obtenues (tab. 41) ne montre pas de différence significative.

Milieux liquides			
	Médiane	$\sigma$	n
Coliformes	39,8	22,7	59
E. coli	42,4	28,4	59
Strepto. D	63,0	36,9	59
Milieux solides			
	Médiane	$\sigma$	n
Coliformes	44,2	18,4	26
E. coli	46,8	17,7	26
Strepto. D	61,6	37,5	26

Tableau 41 - Influence de la méthode de dénombrement sur l'espérance de vie en eau de mer.

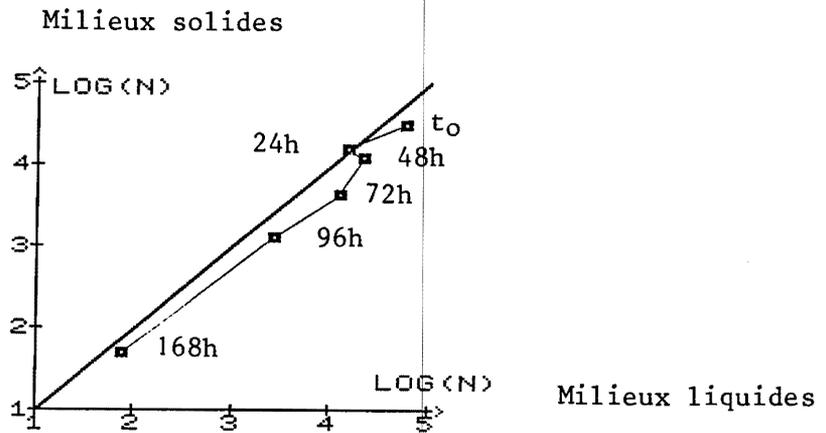


Figure 43 - Mortalité comparée en eau de mer des COLIFORMES dénombrés en milieux liquides et sur milieux solides.

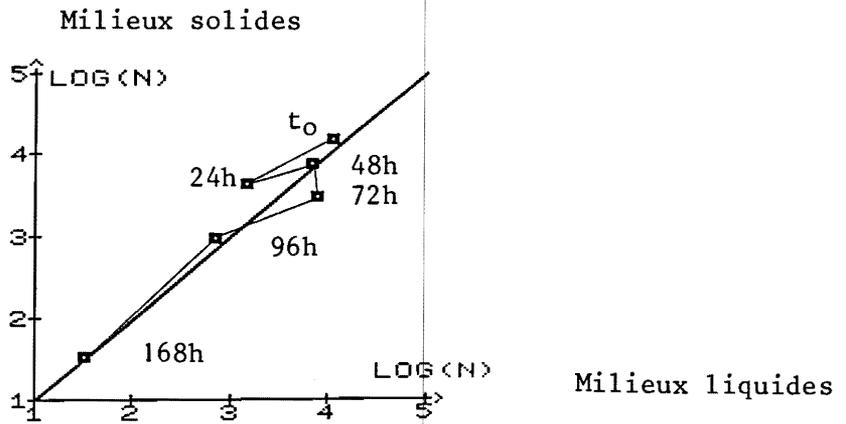


Figure 44 - Mortalité comparée en eau de mer des E. COLI dénombrés en milieux liquides et sur milieux solides.

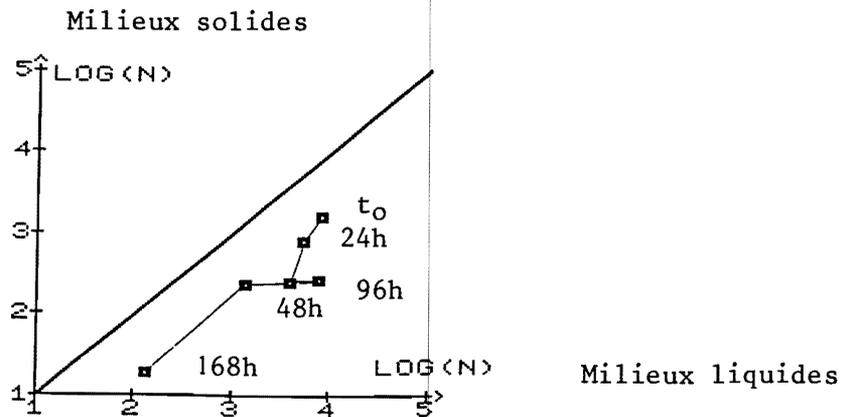


Figure 45 - Mortalité comparée en eau de mer des STREPTOCOQUES D dénombrés en milieux liquides et sur milieux solides.

Par ailleurs on a comparé les nombres obtenus en NPP et sur gélose, aux différents jours d'observation (tab. 42 et fig. 43 à 45).

Il est en effet possible que deux méthodes, de rendements très différents, conduisent à des courbes de survie parallèles et à des  $E_0$  comparables. C'est le cas semble-t-il pour les streptocoques D (log. N constamment plus élevé en NPP, de 24 à 70 %, c'est-à-dire N de 2 à 5 fois plus élevé que sur gélose de Slanetz).

Par contre pour les coliformes et E. coli, les nombres de colonies sur gélose et les NPP en milieux liquides restent égaux jusqu'au 7e jour.

Temps en eau de mer	Coliformes	E. coli	Strepto. D
To	1.062	0.975	1.237
+ 24 h	1.067	1.025	1.297
+ 48 h	1.004	0.996	1.515
+ 72 h	1.132	1.119	1.624
+ 96 h	1.113	0.962	1.344
+ 168 h	1.130	1.013	1.708

Tableau 42 - Influence de la méthode de dénombrement

$$R = \frac{\sum \log (N) : \text{milieux liquides}}{\sum \log (N) : \text{milieux gélosés}}$$

G / INFLUENCE DE LA SAISON SUR L'ESPERANCE DE VIE EN EAU DE MER (Eo)

On a comparé les résultats du 1er semestre (saison froide) et du second (saison chaude).

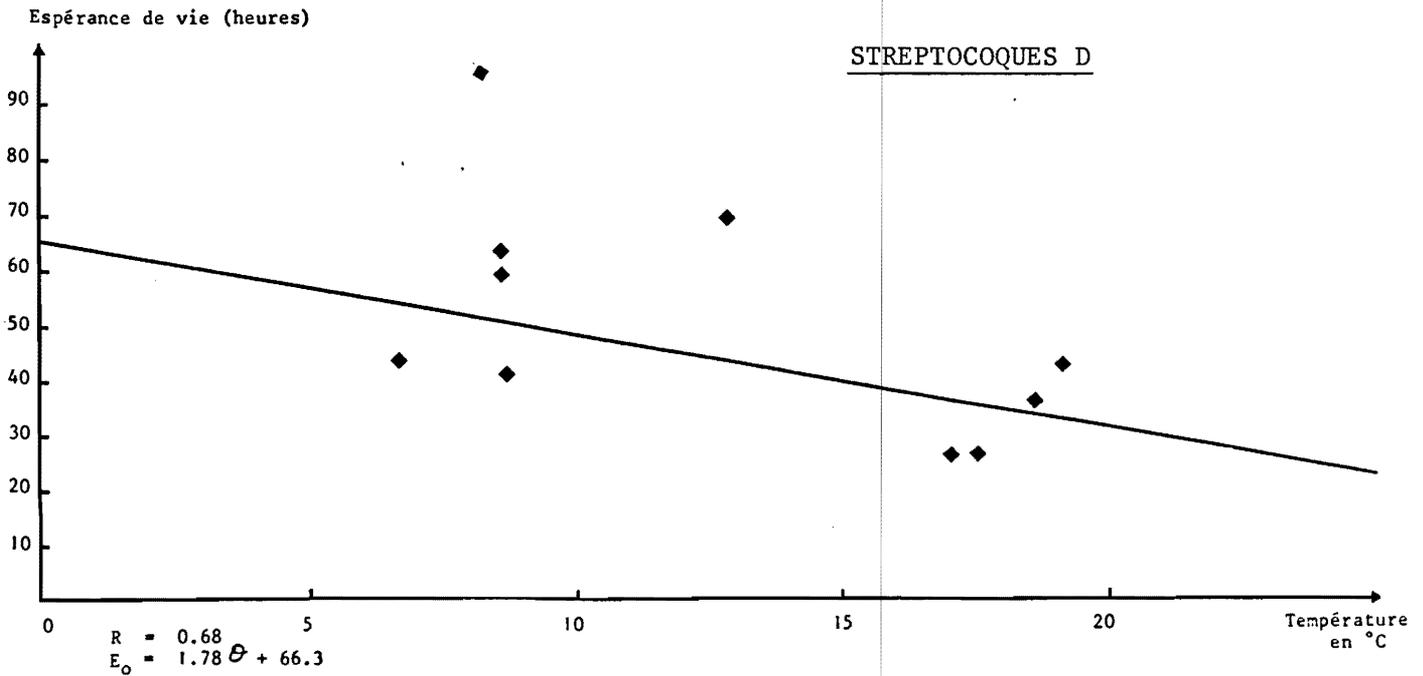
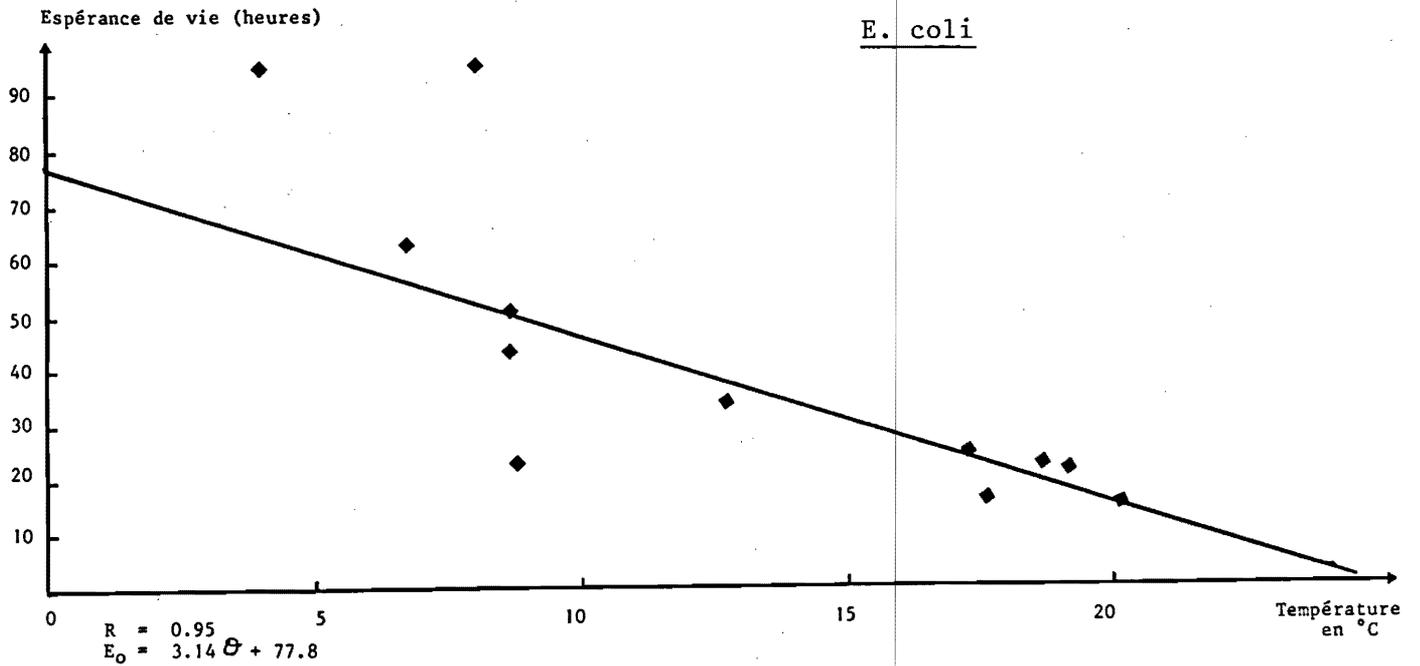
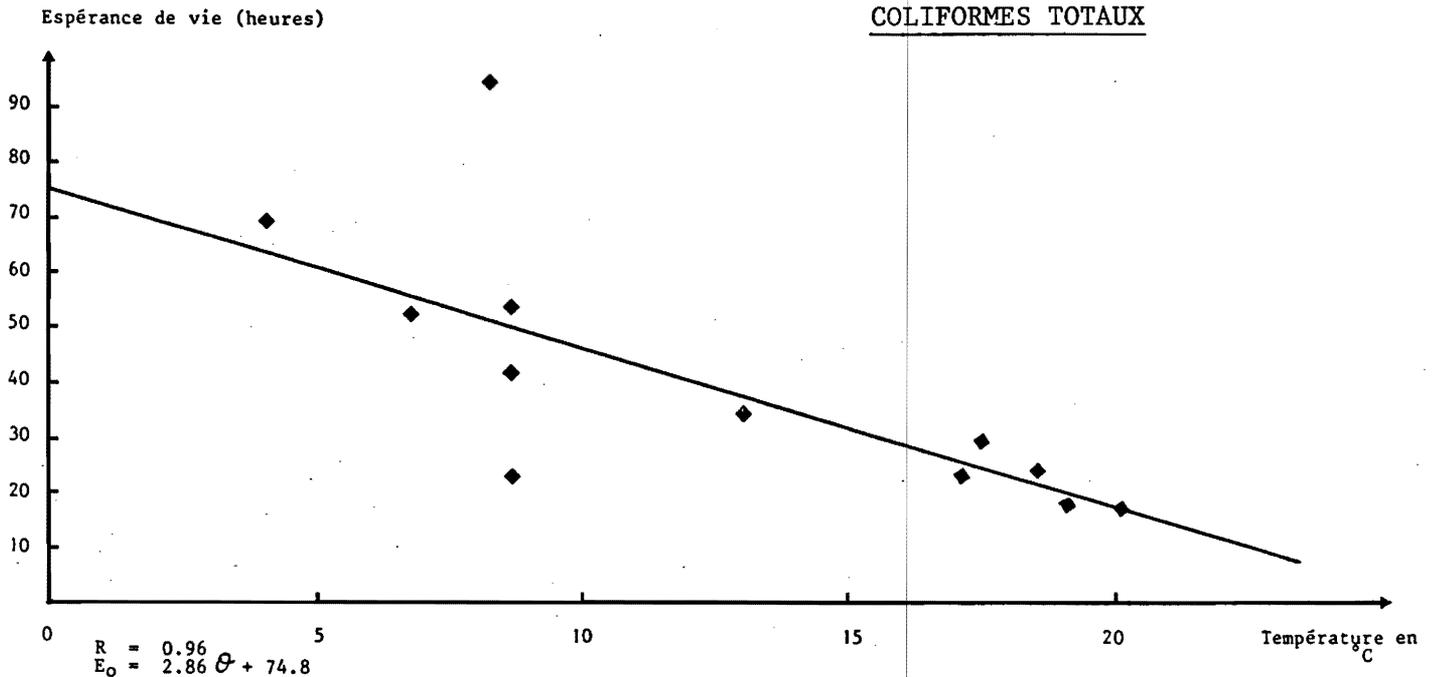
du 01/01 au 30/06/1984			
	Médiane	$\sigma$	n
Coliformes	50,9 **	24,8	57
E. coli	56,4 **	31,3	57
Strepto D	70,4 **	37	57
du 01/07 au 31/12/1984			
	Médiane	$\sigma$	n
Coliformes	27,7	10	28
E. coli	25	8,9	28
Strepto D	48,1	33,6	28

Tableau 46

Les différences sont hautement significatives pour les trois types de germes. En période d'hiver et printemps les espérances de vie sont nettement plus longues. Cette observation sera confirmée par les études en chambres à membranes (chap. II-3) et nous a incité à étudier l'influence de la température.

ESPERANCE DE VIE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE

(Tableaux 47-48-49)



H / INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR L'ESPERANCE DE VIE (E<sub>o</sub>)

Les équations de régression linéaire  $E_o = f(\theta)$  sont :

Coliformes :  $E_o = - 2,86 \theta + 74,8$  ( $r = 0,96$ )

E. coli :  $E_o = - 3,14 \theta + 77,8$  ( $r = 0,95$ )

Streptocoques D :  $E_o = - 1,78 \theta + 66,3$  ( $r = 0,68$ )

( $E_o$  en heures,  $\theta$  en ° C) ( $n = 12$ ).

Ces résultats, assimilables à des droites sont représentés sur les fig. 47 à 49.

L'influence est hautement significative pour les coliformes et E. coli : le facteur température explique 90 % de la variance de l'espérance de vie.

Cette liaison est moindre pour les streptocoques D (46 %) mais nous avons vu que leur espérance de vie dépendait aussi beaucoup d'autres facteurs (notamment particules en suspension).

CHAPITRE II-3

---

SURVIE D'ESCHERICHIA COLI ET STREPTOCOQUES D  
EN CHAMBRES A MEMBRANES

### CHAPITRE II-3

#### SURVIE D'ESCHERICHIA COLI ET STREPTOCOQUES D EN CHAMBRES A MEMBRANES

##### A / SURVIE D'E. COLI EN 24 h EN CHAMBRES A MEMBRANES DE 50 ml

Le taux de survie après 24 h en chambre à membrane a été étudié pour 3 germes : E. coli, Salmonella brandenburg et Staphylococcus aureus.

##### Mode opératoire :

Les chambres à membranes sont constituées d'un cylindre  $\phi_i$  40 mm en polymétacrylate fermé par deux membranes filtrantes  $\phi_i$  47 mm, de porosité moyenne 0,45  $\mu$ m (Millipore HABP). Le volume interne est de 50 ml. L'assemblage de ces chambres, ainsi que leur rebouchage après ensemencement, est réalisé avec du mastic au silicone.

Ces chambres à membranes étaient suspendues dans l'eau de mer circulant dans les bacs de l'installation pilote précédemment décrite, en pièce thermostatée (température asservie à celle de l'eau de mer) (schéma 2). Le temps de séjour moyen de l'eau dans les cuves de 50 l abritant les chambres à membranes était de 12 min. Par ailleurs le temps d'équilibrage du contenu des chambres à membranes était de 15 minutes (temps nécessaire pour passer de 0 à 90 ‰ de la salinité du milieu externe).

Pour l'ensemencement, on a utilisé 1 ml d'une culture de 24 h en bouillon ordinaire + 49 ml d'eau de mer synthétique stérile.

Les dénombrements aux temps  $t_0$  et  $t_0 + 24$  h ont été effectués sur gélose de Chapman au tergitol et TTC pour E. coli.

Résultats : Le tab. 50 ci-après regroupe les résultats obtenus.

n° Semaine	Date	Températ. eau	E. coli		
			% survie 24 h	T <sub>90</sub> (h)	E <sub>0</sub>
50	13/12	7,0	86	366,4	146
51	20/12	8,0	66	133	58
1	03/01	7,0	3,9	17,0	7,3
15	13/04	6,9	49	77,5	33,6
17	26/04	8,5	33	49,8	21,6
19	10/05	10,5	19	33,3	14,5
23	07/06	15,0	5,9	19,5	8,5
24	12/06	15,0	8,9	22,8	10
26	26/06	15,0	11,7	25,8	11,2
34	22/08	18,8	60	108,2	47
39	25/09	17,0	40	60,3	26,2
38	22/09	17,3	23	37,6	16,3
38	20/09	17,1	55	92,4	40
38	23/10	14,2	31,4	47,7	20,8
44	30/10	14,0	5	18,4	8
45	07/11	13,0	47	73,2	31,8
48	27/11	10,0	20	34,3	15
50	12/12	8,0	22,9	37,5	16,3
51	19/12	6,9	12,2	26,3	11,4
2	15/01	3,8	70	154,9	67,3
2	16/01	3,6	70	154,9	67,3
3	17/01	4,0	66,7	136,5	59,3
5	02/02	4,0	8,6	22,5	9,8
6	07/02	4,0	30,0	45,9	20
9	28/02	3,5	74,4	186,9	81,2
9	27/02	3,2	54,3	90,5	39,3
8	26/02	3,2	1,67	13,5	5,8
11	14/03	5,4	25,0	39,9	17,3
13	28/03	6,4	8,1	22,0	9,5
19	08/05	9,5	50,0	79,7	34,6
20	14/05	11,5	23,8	38,5	16,7
20	15/05	12,0	60,0	108,2	47
20	16/05	12,8	21,1	35,5	15,4
24	14/06	14,0	16,7	30,9	13,4
25	21/06	15,6	3,58	16,6	7,2
Moyenne	(n = 38)		33,8	51	22,1

Tableau 50

Dans ces conditions, où l'influence de la sédimentation est nulle (milieu fermé, eau filtrée) on observe des taux de survie comparables à ceux obtenus en "batch" (chap. I-1). Bien qu'il soit de validité discutable, le calcul d'un T90 moyen s'établit à 51 h, et la médiane des  $E_0$  est égale à 22h.

## B / SURVIE EN CHAMBRES A MEMBRANES DE 5 LITRES

### Matériel et Méthodes

Pour disposer de plus grands volumes (5 l) et permettre des études cinétiques, on a utilisé des chambres à membranes de même type, mais plus grandes réalisées avec des membranes nylon (Pall Ø 293 mm, de porosité 0,2 µm), munies d'un barreau magnétique pour l'agitation intérieure. Le temps d'équilibrage est beaucoup plus long qu'avec les chambres de 50 ml : il faut 2 h pour passer de 0 à 90 % de la salinité extérieure.

Ces chambres ont étéensemencées avec des populations naturelles d'eau usée urbaine brute (voir chap. I-1) (taux injecté : 0,5 %). Dans certains essais on a ajouté 50 mg/l d'argile ou de particules organiques comme décrit précédemment (chap. I-1).

### Résultats

La fig. 51 et le tab. 52 (ci-après) regroupent les résultats obtenus avec ces dispositifs.

Dans la plupart des cas (11 sur 15) aucune mortalité n'est observée dans ces essais qui ont été effectués à des températures très basses ( $\sim 5^\circ \text{C}$ ), mais ces résultats limités sont cohérents avec les observations faites "en batch" et en chambres de 50 ml.

Fig. 51 - Chambre à membrane  
(2 chambres identiques + 0,5 % E U)

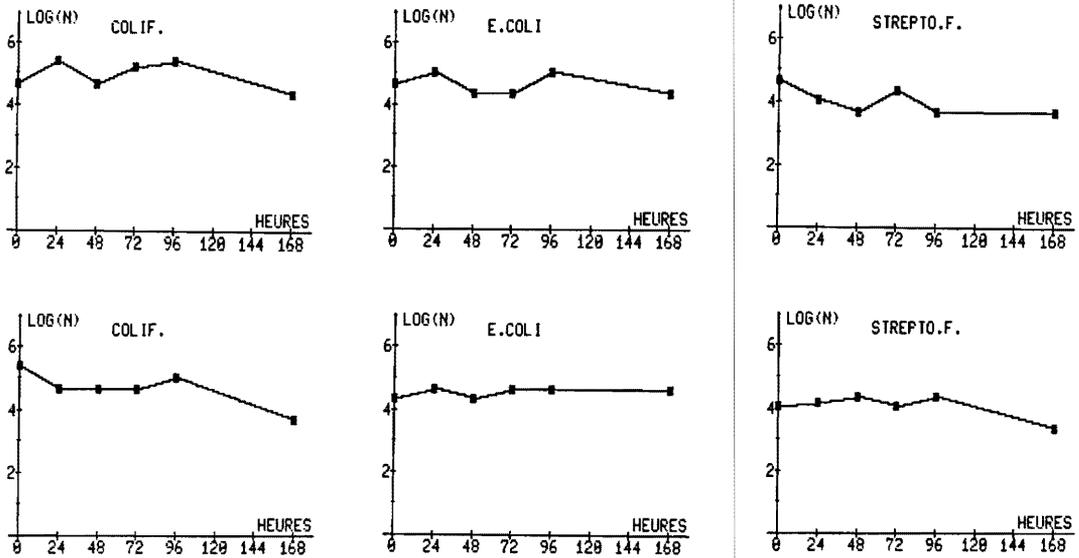
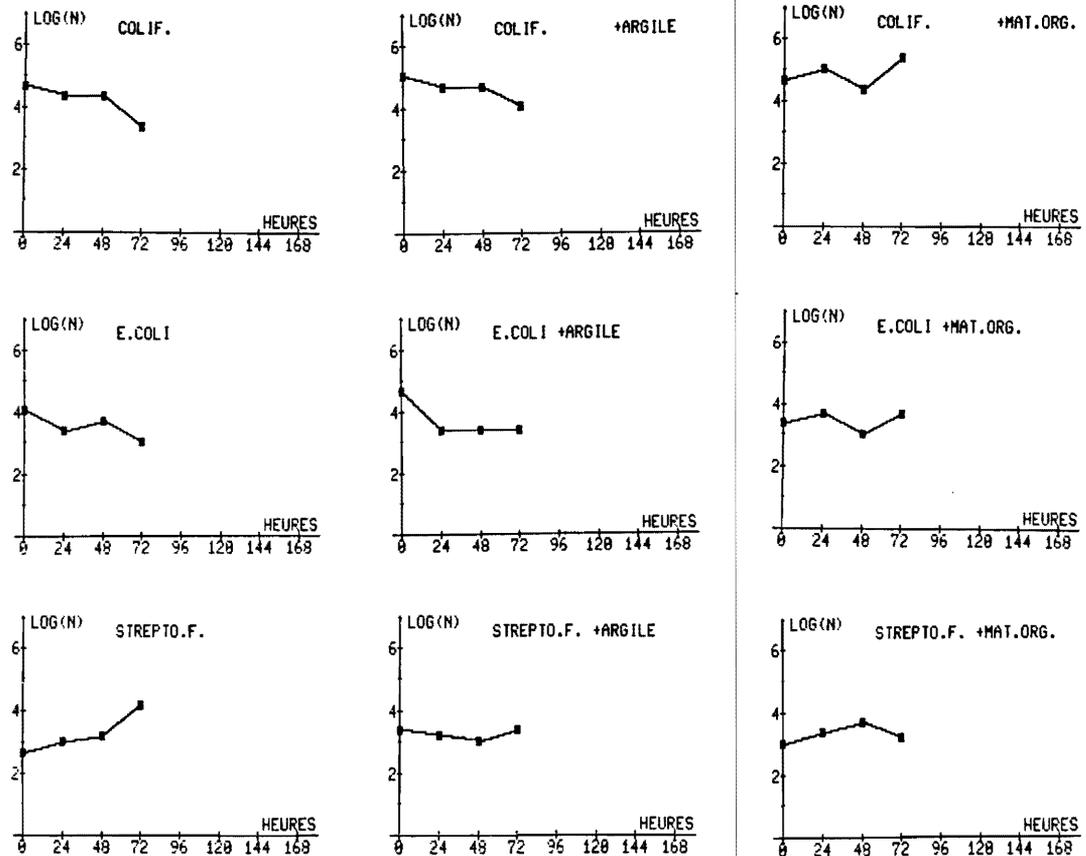


Fig. 51 - Suite



		Chambres à membranes	
		eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 %
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To		4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
24h		2.4 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
48h		4.6 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
72h		1.5 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>
96h		2.4 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
168h		2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
T90 (heures)		E 474 G —	E 128 G 118
<b>E.coli /100ml</b>			
To		4.6 10 <sup>4</sup>	2.1 10 <sup>4</sup>
24h		1.1 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
48h		2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
72h		2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
96h		1.1 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
168h		2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
T90 (heures)		E 600 G —	E — G —
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To		4.6 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
24h		1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>
48h		4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
72h		2.4 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
96h		4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
168h		4.6 10 <sup>3</sup>	2.1 10 <sup>3</sup>
T90 (heures)		E 217 G —	E 235 G 241

Tableau 52 - 7 au 14 Janvier 1985  
Température moyenne : 4°8 C

	eau usée 0.5 %	eau usée 0.5 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.5 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
24h	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
48h	2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
72h	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
T90 (heures)	E 63 G 63	E 80 G 80	E — G —
<b>E. coli /100ml</b>			
To	1.1 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
24h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
48h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
72h	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
T90 (heures)	E 88 G 89	E 63 G 62	E — G —
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>
24h	1.1 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>
48h	1.5 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>
72h	1.5 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.5 10 <sup>3</sup>
T90 (heures)	E — G —	E — G —	E — G —

Tableau 52 - 29 Janvier au 1er Février 1985  
Température moyenne : 5°9 C

CHAPITRE II-4

SURVIE D'E. COLI ET STREPTOCOQUES D  
EN CIRCUIT OUVERT

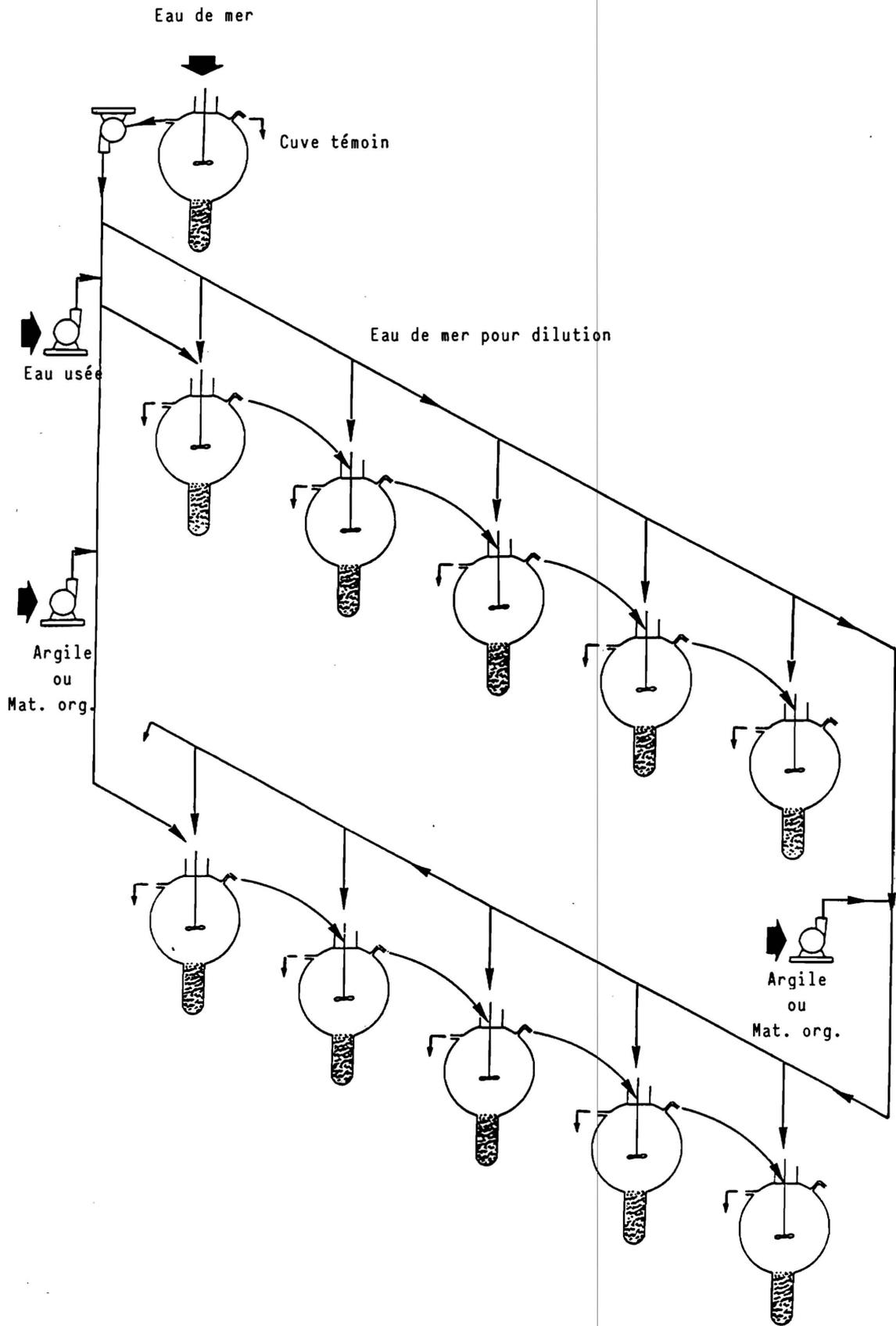


Figure 53 - "Circuit de 15h"

CHAPITRE II-4

SURVIE D'E. COLI ET STREPTOCOQUES D EN CIRCUIT OUVERT

A - CIRCUIT "DE 15 HEURES"

a - Matériel et méthodes

Le premier type de circuit utilisé ("circuit de 15 h) (schéma 53) comportait une cascade de 5 cuves avec agitation, les débits étant réglés pour obtenir un temps de résidence moyen  $\theta_R$  de 15 h.

Les cuves (50 l) sont du modèle déjà décrit au chap. II-1 (schéma 2).

Pour chaque expérimentation on a utilisé en réalité 2 cascades de 5 cuves en parallèle, l'une avec 0,5 % d'eau usée, l'autre avec en plus de l'argile ou des particules organiques.

Les débits, temps de séjour et dilutions dans chaque cuve sont figurées dans le tab. 54. L'estimation des taux de survie a été faite par prélèvement simultané dans toutes les cuves, après 3 jours de stabilisation à ces débits.

	Injection	Cuve 1	Cuve 2	Cuve 3	Cuve 4	Cuve 5
Débit ml/mn	333	836	554	420	235	120
Temps de séjour par cuve	-	1h	1h30	2h	3h30	7h
Temps de séjour cumulé	-	1h	2h30	4h30	8h	15h
% eau usée	0.5 %	0.2 %	0.1 %	0.05 %	0.03 %	0.02 %

Tab. 54 - débits

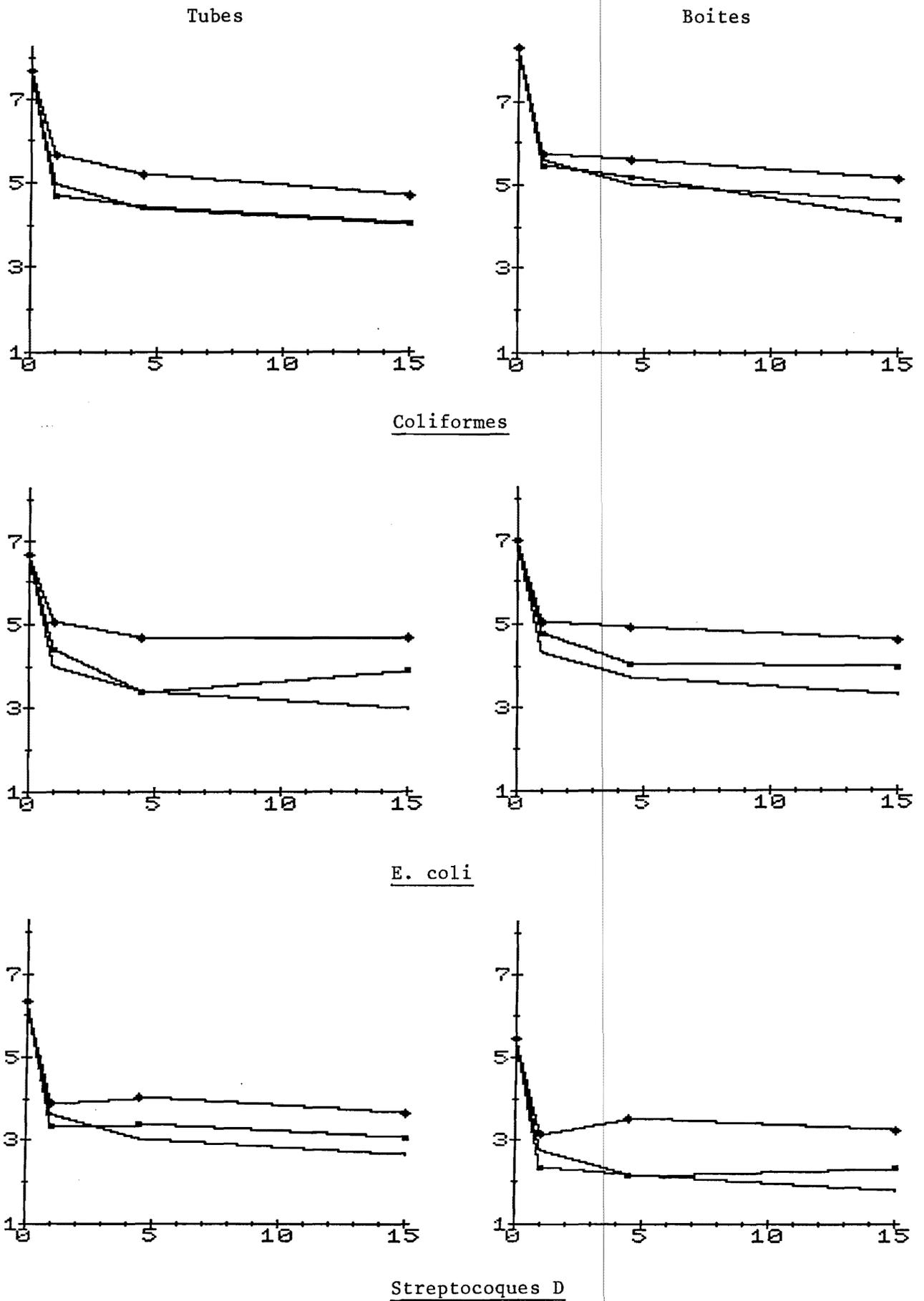


Fig. 55 - 16/05/1984 - Circuit 15 h

— Dilution théorique  
□ E.U. 0,5 %  
◇ E.U. 0,5 % + argile

	eau usée	eau usée 0.2 %	eau usée 0.05 %	eau usée 0.02 %
Turbidité (NTU)		3.0	2.7	2.0
Milieu liquide				
coliformes totaux /100ml	$4.6 \cdot 10^7$	$4.6 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^4$
E. coli /100ml	$4.6 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$	$7.5 \cdot 10^3$
Streptocoques fécaux /100ml	$2.1 \cdot 10^6$	$2.1 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$
Milieu solide				
coliformes totaux /100ml	$1.9 \cdot 10^8$	$2.9 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^4$
E. coli /100ml	$1.0 \cdot 10^7$	$6.0 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^4$	$8.6 \cdot 10^3$
Streptocoques fécaux /100ml	$2.8 \cdot 10^5$	$2.0 \cdot 10^2$	$1.4 \cdot 10^2$	$2.1 \cdot 10^2$

	eau usée	eau usée 0.2 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.05 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l
Turbidité (NTU)		43	37	21
Milieu liquide				
coliformes totaux /100ml	$4.6 \cdot 10^7$	$4.6 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^4$
E. coli /100ml	$4.6 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^4$
Streptocoques /100ml	$2.1 \cdot 10^6$	$7.5 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
Milieu solide				
coliformes totaux /100ml	$1.9 \cdot 10^8$	$5.3 \cdot 10^5$	$4.0 \cdot 10^5$	$1.4 \cdot 10^5$
E. coli /100ml	$1.0 \cdot 10^7$	$1.1 \cdot 10^5$	$8.2 \cdot 10^4$	$4.0 \cdot 10^4$
Streptocoques fécaux /100ml	$2.8 \cdot 10^5$	$1.4 \cdot 10^3$	$3.4 \cdot 10^3$	$1.7 \cdot 10^3$

Tab. 56 - 16 Mai 1984

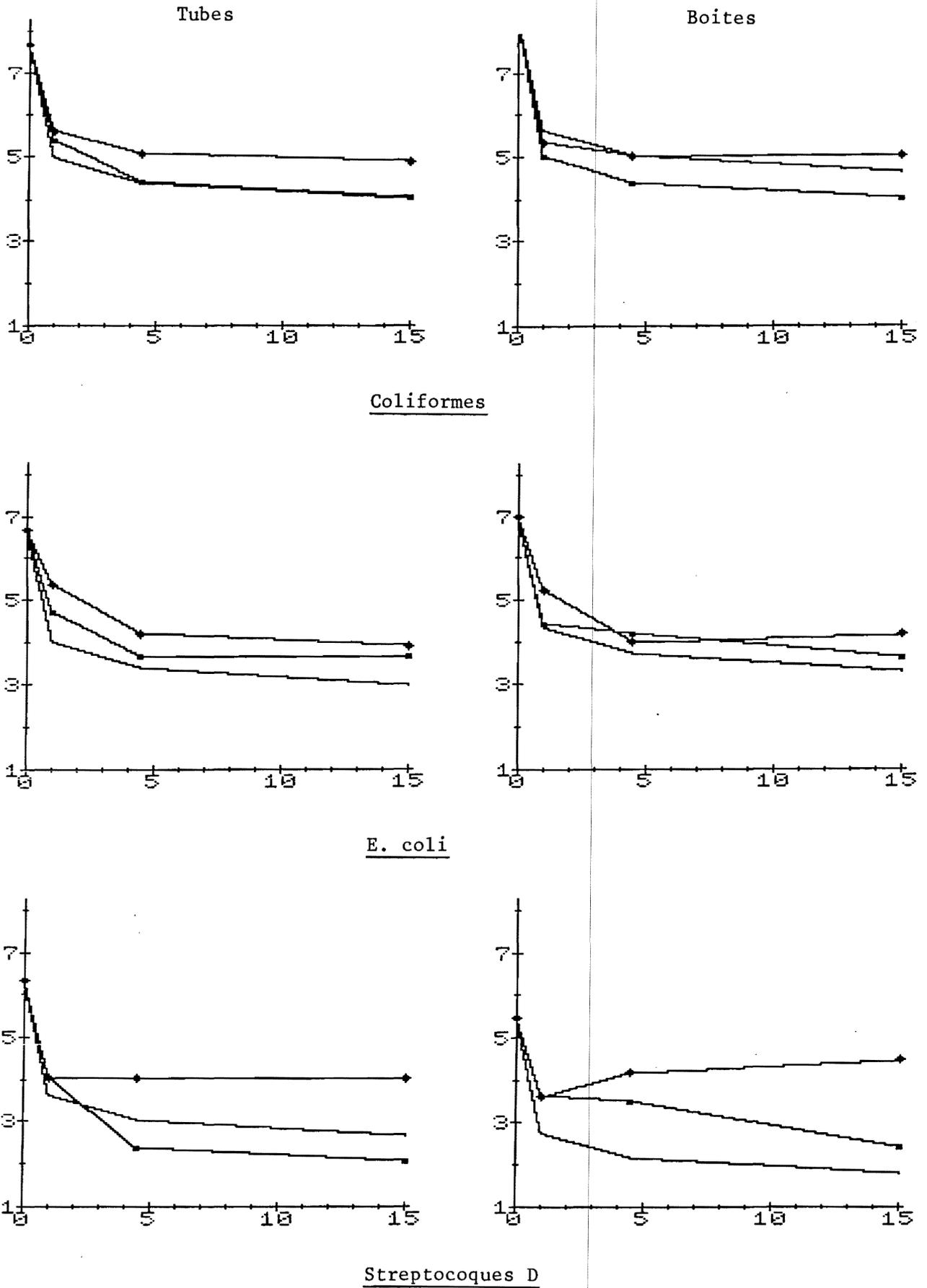


Fig. 57 - 17/05/1984 - Circuit 15 h

— Dilution théorique  
□ E.U. 0,5 %  
◇ E.U. 0,5 % + argile

	eau usée	eau usée 0.2 %	eau usée 0.05 %	eau usée 0.02 %
Turbidité (NTU)		3.1	2.4	1.5
Milieu liquide				
coliformes totaux /100ml	$4.6 \cdot 10^7$	$2.4 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^4$
E. coli /100ml	$4.6 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^3$
Streptocoques fécaux /100ml	$2.1 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^2$	$1.1 \cdot 10^2$
Milieu solide				
coliformes totaux /100ml	$1.9 \cdot 10^8$	$1.0 \cdot 10^5$	$2.3 \cdot 10^4$	$1.0 \cdot 10^4$
E. coli /100ml	$1.0 \cdot 10^7$	$2.6 \cdot 10^4$	$1.5 \cdot 10^4$	$3.9 \cdot 10^3$
Streptocoques fécaux /100ml	$2.8 \cdot 10^5$	$1.6 \cdot 10^3$	$3.0 \cdot 10^2$	$1.0 \cdot 10^1$

9

	eau usée	eau usée 0.2 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.05 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l
Turbidité (NTU)		30	30	22
Milieu liquide				
coliformes totaux /100ml	$4.6 \cdot 10^7$	$3.9 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^5$	$7.5 \cdot 10^4$
E. coli /100ml	$4.6 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^4$	$7.5 \cdot 10^3$
Streptocoques fécaux /100ml	$2.1 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^4$
Milieu solide				
coliformes totaux /100ml	$1.9 \cdot 10^8$	$2.1 \cdot 10^5$	$1.0 \cdot 10^5$	$1.0 \cdot 10^5$
E. coli /100ml	$1.0 \cdot 10^7$	$1.7 \cdot 10^3$	$1.0 \cdot 10^4$	$1.5 \cdot 10^4$
Streptocoques fécaux /100ml	$2.8 \cdot 10^5$	$1.6 \cdot 10^3$	$1.5 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^3$

Tab. 58 - 17 Mai 1984

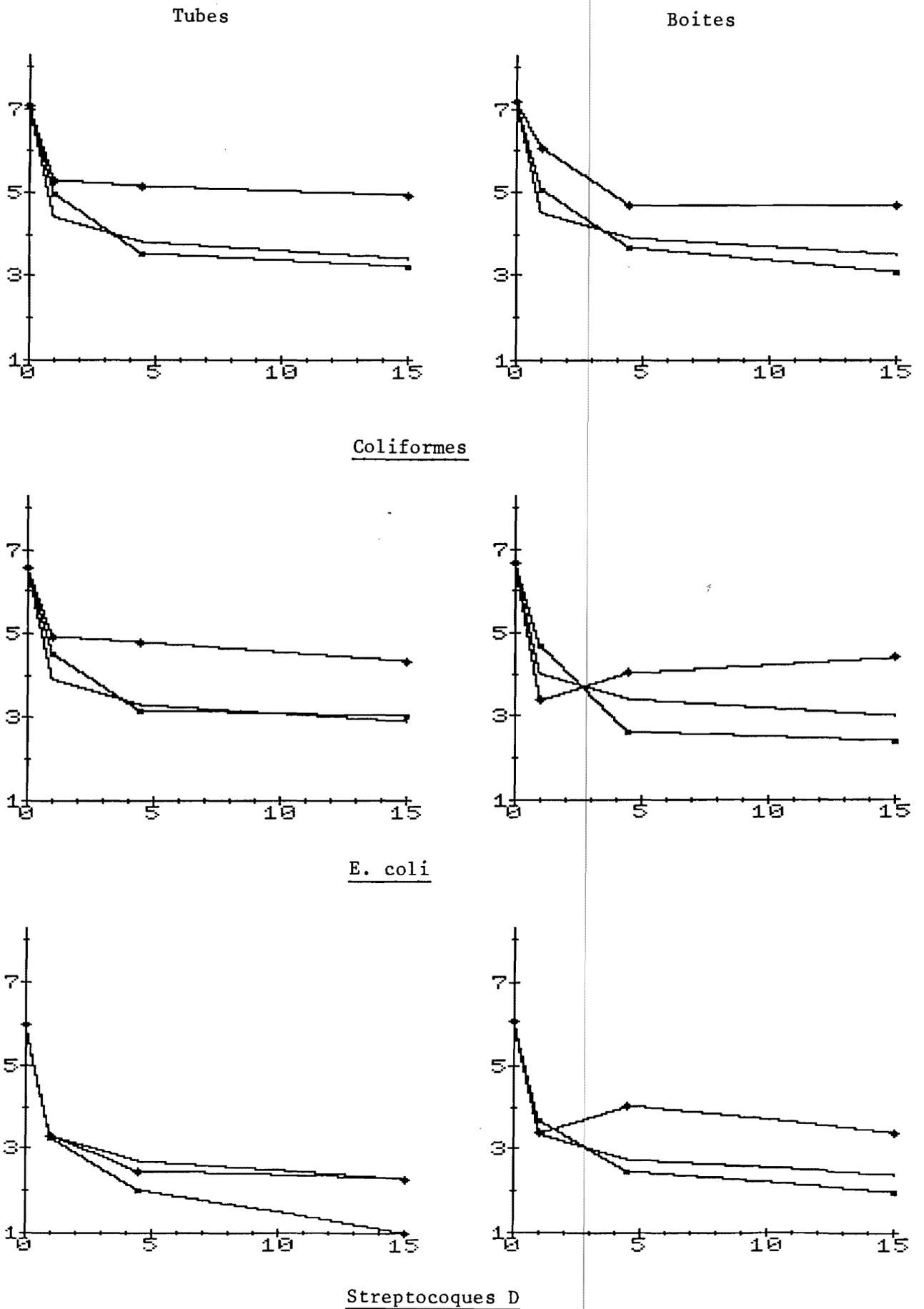


Fig. 59 - 24/05/1985 - Circuit 15 h

- dilution théorique  
□ E.U. 0,5 %  
◇ E.U. 0,5 % + argile

	eau usée	eau usée 0.2 %	eau usée 0.05 %	eau usée 0.02 %
Turbidité (NTU)		3.4	3.3	2.8
Milieu liquide				
coliformes totaux /100ml	$1.5 \cdot 10^7$	$1.1 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$
E. coli /100ml	$4.6 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$	$3.9 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^2$
Streptocoques fécaux /100ml	$1.1 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^3$	$3.0 \cdot 10^2$	$9.3 \cdot 10^1$
Milieu solide				
coliformes totaux /100ml	$1.2 \cdot 10^7$	$9.0 \cdot 10^4$	$3.4 \cdot 10^3$	$1.6 \cdot 10^3$
E. coli /100ml	$3.7 \cdot 10^6$	$3.0 \cdot 10^4$	$1.4 \cdot 10^3$	$1.0 \cdot 10^3$
Streptocoques fécaux /100ml	$9.4 \cdot 10^5$	$1.7 \cdot 10^3$	$1.0 \cdot 10^2$	$1.0 \cdot 10^1$

	eau usée	eau usée 0.2 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.05 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l
Turbidité (NTU)		18.0	19.0	12.5
Milieu liquide				
coliformes totaux /100ml	$1.5 \cdot 10^7$	$1.1 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^4$
E. coli /100ml	$4.6 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^4$
Streptocoques fécaux /100ml	$1.1 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$
Milieu solide				
coliformes totaux /100ml	$1.2 \cdot 10^7$	$1.9 \cdot 10^5$	$1.3 \cdot 10^5$	$8.0 \cdot 10^4$
E. coli /100ml	$3.7 \cdot 10^6$	$8.0 \cdot 10^4$	$6.0 \cdot 10^4$	$2.0 \cdot 10^4$
Streptocoques fécaux /100ml	$9.4 \cdot 10^5$	$1.9 \cdot 10^3$	$3.0 \cdot 10^2$	$1.9 \cdot 10^2$

Tab. 60 - 24 Mai 1984

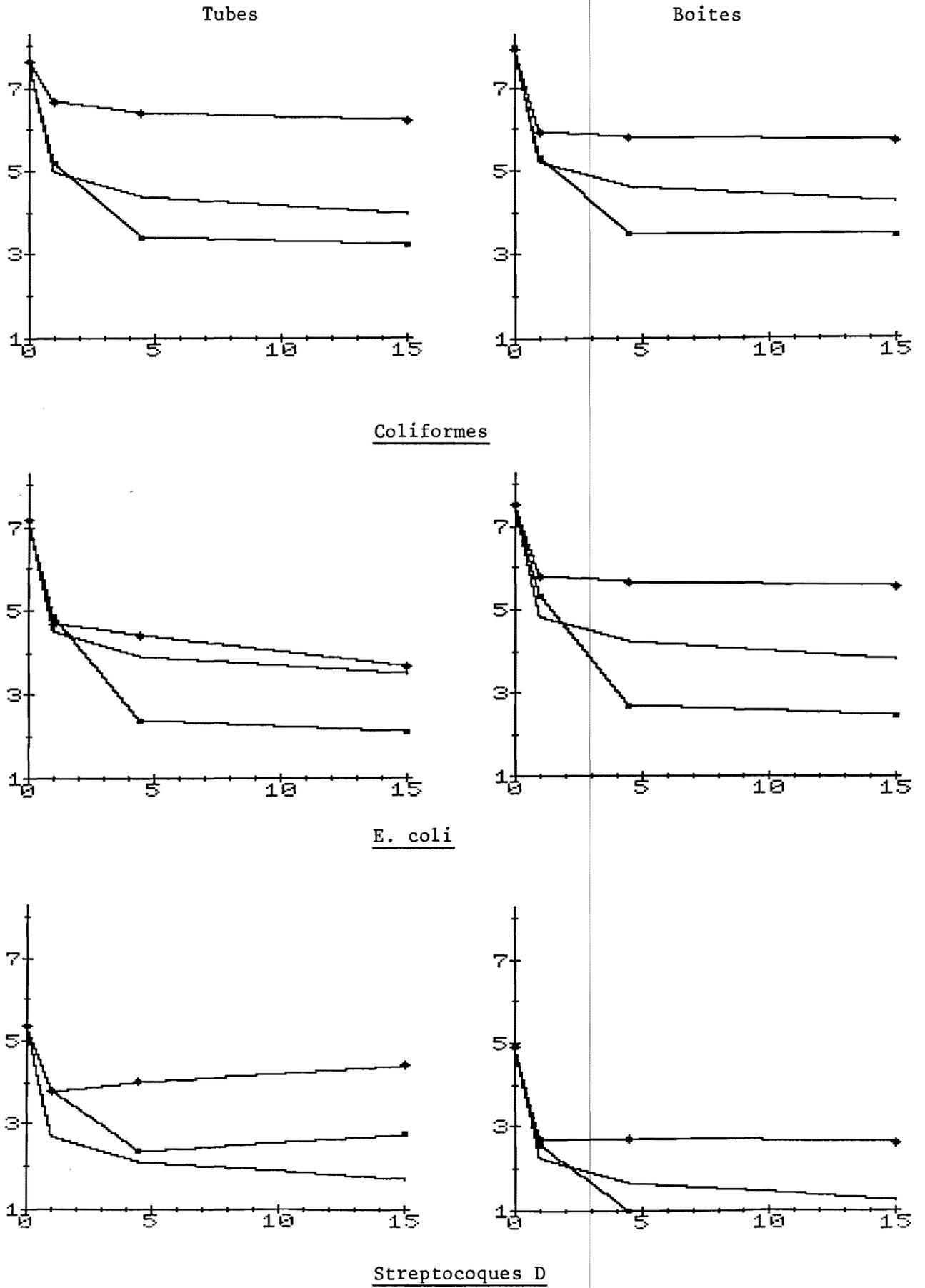


Fig. 61 - 22/06/1985 - Circuit 15 h

— dilution théorique  
□ E.U. 0,5 %  
◇ E.U. 0,5 % + Mat. org.

	eau usée	eau usée 0.2 %	eau usée 0.05 %	eau usée 0.02 %
turbidité (NTU)		3.3	2.6	3.0
Milieu liquide				
coliformes totaux /100ml	$4.5 \cdot 10^7$	$1.5 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.5 \cdot 10^3$
E. coli /100ml	$1.5 \cdot 10^7$	$7.5 \cdot 10^4$	$2.3 \cdot 10^2$	$1.2 \cdot 10^2$
Streptocoques fécaux /100ml	$2.4 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^3$	$2.3 \cdot 10^1$	$2.3 \cdot 10^1$
Milieu solide				
coliformes totaux /100ml	$8.0 \cdot 10^7$	$2.2 \cdot 10^5$	$3.0 \cdot 10^3$	$2.8 \cdot 10^3$
E. coli /100ml	$3.2 \cdot 10^7$	$2.0 \cdot 10^5$	$5.0 \cdot 10^2$	$3.0 \cdot 10^2$
Streptocoques fécaux /100ml	$8.0 \cdot 10^4$	$3.6 \cdot 10^2$	$1.0 \cdot 10^1$	-

	eau usée	eau usée 0.2 % + matière organique 50 mg/l	eau usée 0.05 % + matière organique 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
turbidité (NTU)		6.8	4.8	3.9
Milieu liquide				
coliformes totaux /100ml	$4.5 \cdot 10^7$	$4.6 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^6$	$1.5 \cdot 10^6$
E. coli /100ml	$1.5 \cdot 10^7$	$4.6 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
Streptocoques fécaux /100ml	$2.4 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$
Milieu solide				
coliformes totaux /100ml	$8.0 \cdot 10^7$	$8.2 \cdot 10^5$	$6.3 \cdot 10^5$	$5.1 \cdot 10^5$
E. coli /100ml	$3.2 \cdot 10^7$	$6.0 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^5$	$3.5 \cdot 10^5$
Streptocoques fécaux /100ml	$8.0 \cdot 10^4$	$5.0 \cdot 10^2$	$4.9 \cdot 10^2$	$4.0 \cdot 10^2$

Tab. 62 - 22 Juin 1984

b - Résultats : Les tab. et fig. 55 à 62 regroupent les résultats ainsi obtenus.

-1- sans argile ou particules organiques ajoutées

On observe une excellente concordance entre la dilution calculée et les nombres de germes observés, du moins dans les premières séries. Autrement dit il ne se manifeste pas de mortalité dans les 15 h du parcours.

Ceci est moins bien vérifié lors de la 4e série (22/06/1984), où une mortalité semble apparaître.

Cependant : - l'écart avec la dilution théorique survient dans les 5 premières heures, puis stagne, voire même diminue.

- il en résulte de mauvais coefficients de corrélation si l'on tente de calculer un  $\hat{T}_{90}$  ( $r < 0,60$ ).

-2- avec ajouts de MeS

Les nombres de germes observés dans la ligne de cuves enrichie en MeS, que ce soit en argile ou en particules organiques, sont systématiquement plus élevés que dans l'autre ligne.

On peut y voir un effet protecteur des MeS. En réalité la dilution théorique n'est même pas atteinte, et on peut se demander si, en présence de MeS, existe une légère multiplication, ou si la circulation des germes dans le système est conforme aux hypothèses.

Etant donné le peu de mortalité en 15 h, et la difficulté de vérifier les dilutions effectives, aucun  $\hat{T}_{90}$  n'a été tiré de ces essais et une autre configuration de circuit ouvert a été adoptée.

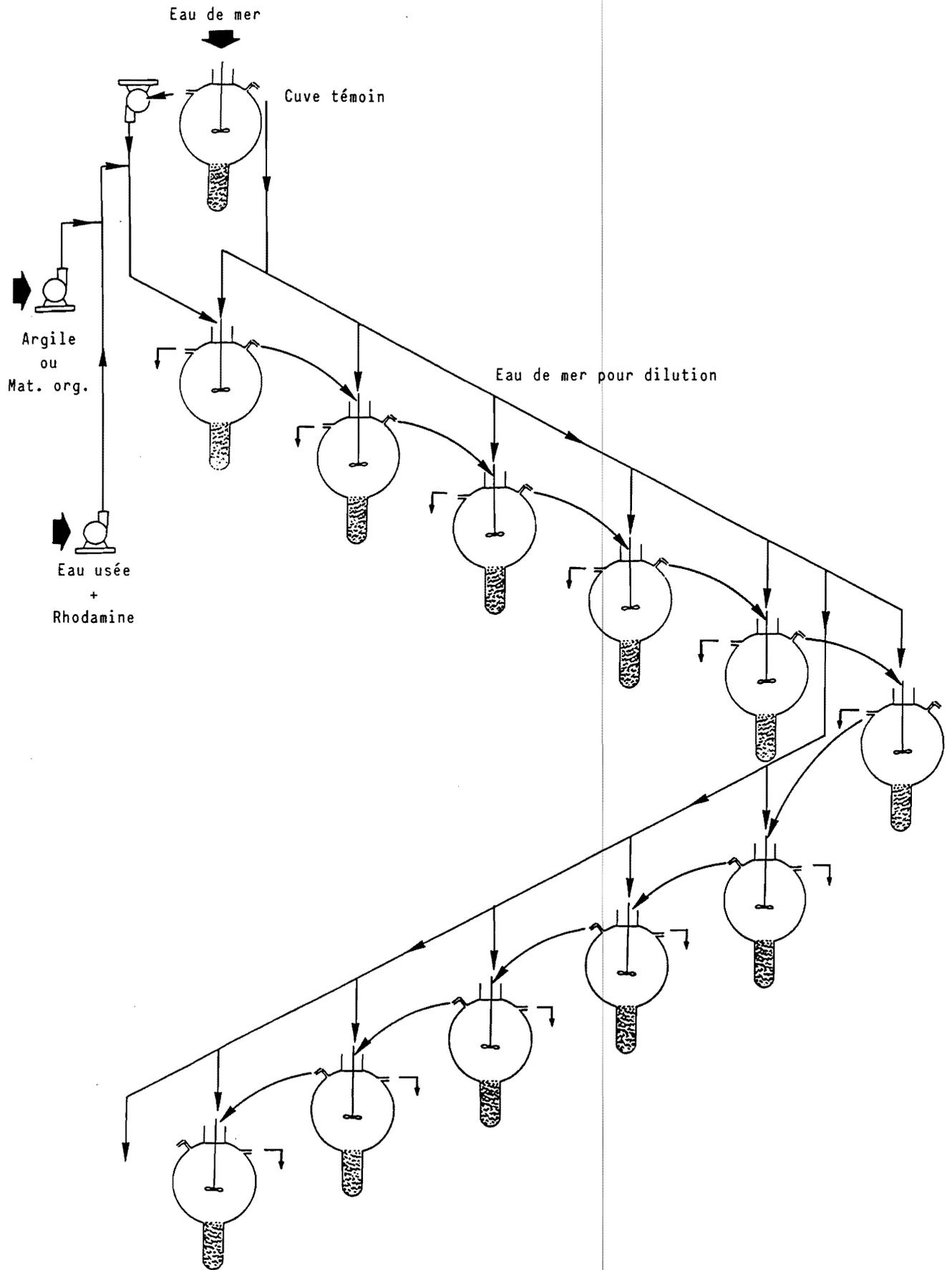


Fig. 63 - Schéma Circuit 62 h

B - CIRCUIT DE 62 HEURES

a - Matériel et méthodes

La fig. 63 montre la série de 11 cuves utilisées pour obtenir un temps de résidence moyen  $\theta_R = 62$  h. et le tab. 64 donne les débits, temps de séjour et dilution dans chaque cuve.

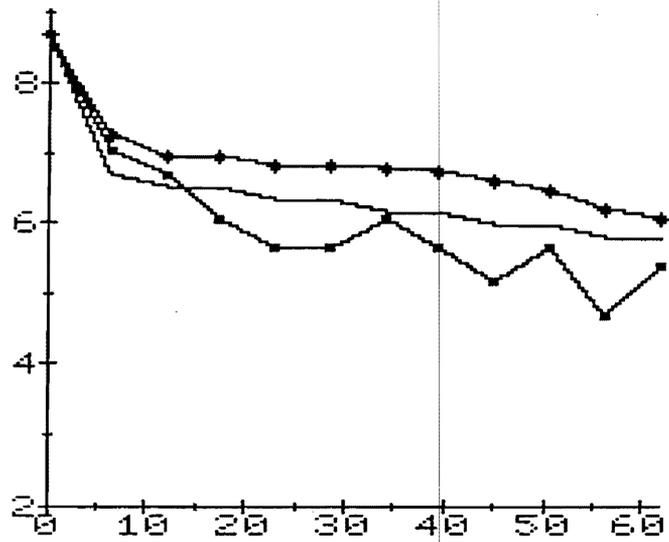
	Cuve 1	Cuve 2	Cuve 3	Cuve 4	Cuve 5	Cuve 6	Cuve 7	Cuve 8	Cuve 9	Cuve 10	Cuve 11
Débit ml/mn	128.2	151.5	151.5	151.5	151.5	151.5	151.5	151.5	151.5	151.5	151.5
Temps de séjour par cuve	6h30	5h30	5h30								
Temps de séjour cumulé	6h30	12h00	17h30	23h00	28h30	34h00	39h30	45h00	50h30	56h00	61h30
% eau usée	1.01	0.67	0.67	0.44	0.44	0.30	0.30	0.20	0.20	0.13	0.13

Tab. 64 - Circuit des 6, 7, 13, 14, 20 et 21 Décembre 1984

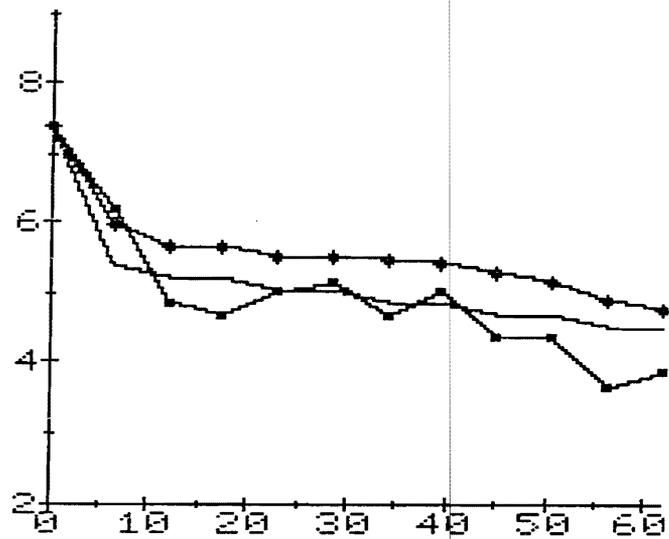
A noter que l'eau assurant les dilutions n'a pas été comme précédemment, enrichie en MeS. Par ailleurs l'eau usée injectée a été marquée avec de la rhodamine WT et les résultats (tab. et fig. 65 à 76) comportent donc :

- dilution théorique,
- dilution effective (d'après les taux de rhodamine extraite),
- nombres de germes.

Coliformes



E. coli



Streptocoques D

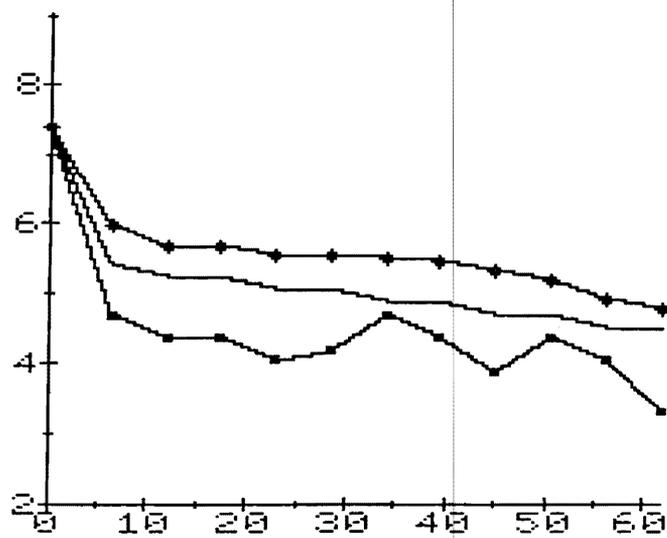


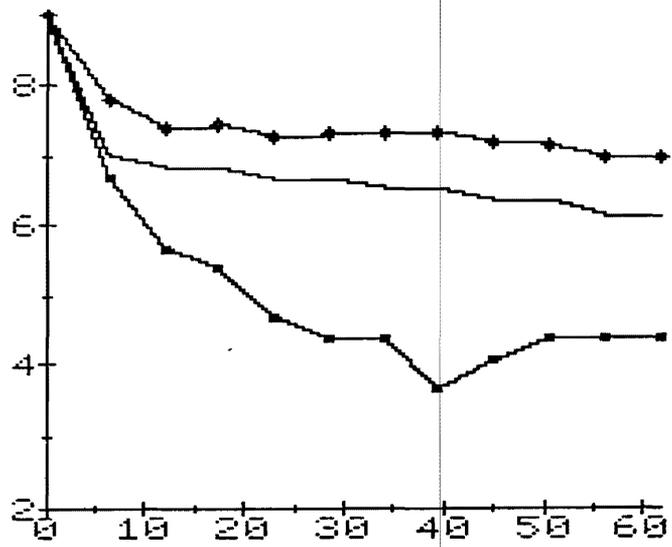
Figure 65 - Circuit 72 h

- dilution théorique  
◇ dilution Rhodamine  
□ dilution bactério

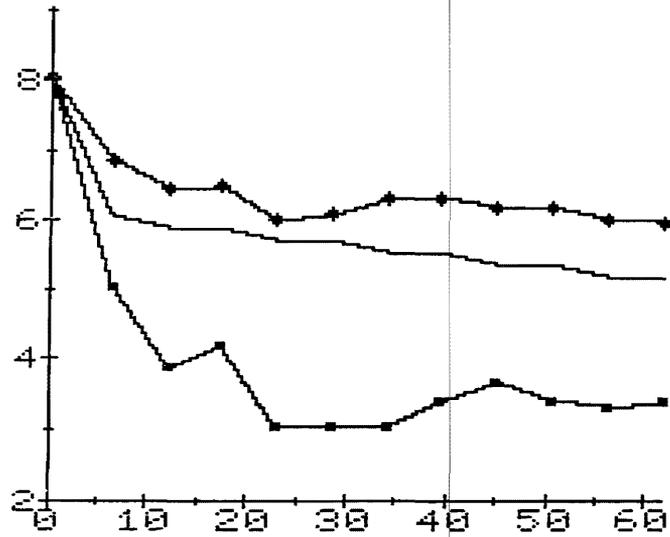
	% eau usée	Turbidité NTU	Rhodamine WT µg/l	coliformes totaux /100ml	E. coli /100ml	Streptocoques fécaux /100ml
eau usée	100		936	$4.6 \cdot 10^8$	$2.4 \cdot 10^7$	$2.4 \cdot 10^7$
Cuve témoin	0	3.0	0	$1.5 \cdot 10^2$	$7.5 \cdot 10^1$	$1.5 \cdot 10^1$
Cuve 1 6h30	3.76	3.6	35.2	$1.1 \cdot 10^7$	$1.5 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$
Cuve 2 12h00	1.87	2.0	17.5	$4.6 \cdot 10^6$	$7.5 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^4$
Cuve 3 17h30	1.97	1.5	18.4	$1.1 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^4$
Cuve 4 23h00	1.39	1.7	13.0	$4.6 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^4$
Cuve 5 28h30	1.40	2.1	13.1	$4.6 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^4$
Cuve 6 34h00	1.30	1.6	12.2	$1.1 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^4$
Cuve 7 39h30	1.18	1.5	11.0	$4.6 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$
Cuve 8 45h00	0.85	1.4	8.0	$1.5 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$	$7.5 \cdot 10^3$
Cuve 9 50h30	0.64	1.4	6.0	$4.6 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^4$
Cuve 10 56h00	0.32	1.2	3.0	$4.6 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^4$
Cuve 11 61h30	0.25	1.3	2.3	$2.4 \cdot 10^5$	$7.5 \cdot 10^3$	$2.1 \cdot 10^3$

Tab. 66 - Circuit en eau usée - 6 Décembre 1984

Coliformes



E. coli



Streptocoques D

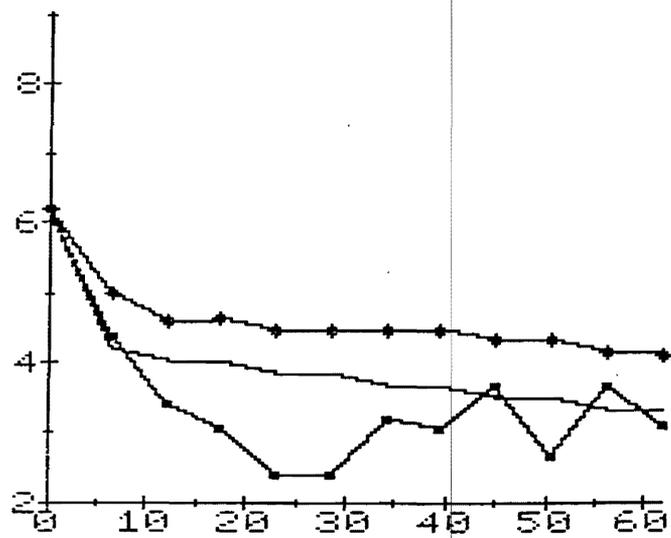


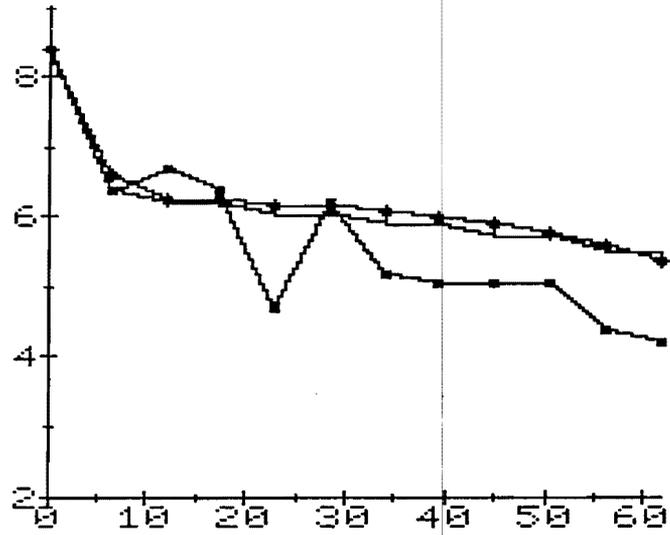
Fig. 67 - 7/12/1984 - circuit 72 h

- Dilution théorique  
◇ " Rhodamine  
□ " bactério.

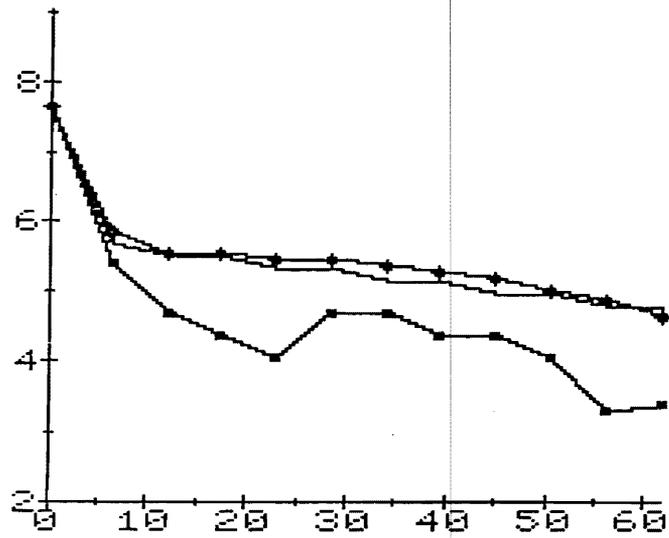
	% eau usée	Turbidité NTU	Rhodamine WT µg/l	coliformes totaux /100ml	E. coli 100ml	Streptocoques fécaux /100ml
eau usée	100		587	$1.0 \cdot 10^9$	$1.1 \cdot 10^8$	$1.5 \cdot 10^6$
Cuve témoin	0	2.6	0	$2.4 \cdot 10^3$	$4.3 \cdot 10^1$	$2.3 \cdot 10^1$
Cuve 1 6h30	6.34	2.6	37.2	$4.6 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$
Cuve 2 12h00	2.50	1.5	14.7	$4.6 \cdot 10^5$	$7.5 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 3 17h30	2.76	1.6	16.2	$2.4 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^3$
Cuve 4 23h00	1.86	1.2	10.9	$4.6 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^2$
Cuve 5 28h30	2.01	1.2	11.8	$2.4 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^2$
Cuve 6 34h00	1.98	1.0	11.6	$2.4 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^3$	$1.5 \cdot 10^3$
Cuve 7 39h30	1.91	1.1	11.2	$4.6 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$
Cuve 8 45h00	1.38	1.1	8.1	$1.1 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 9 50h30	1.35	1.0	7.9	$2.4 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^2$
Cuve 10 56h00	0.90	1.1	5.3	$2.4 \cdot 10^4$	$2.1 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 11 61h30	0.87	1.2	5.1	$2.4 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^3$

Tab.68 - 07 Décembre 1984 - Circuit en eau usée

Coliformes



E. coli



Streptocoques D

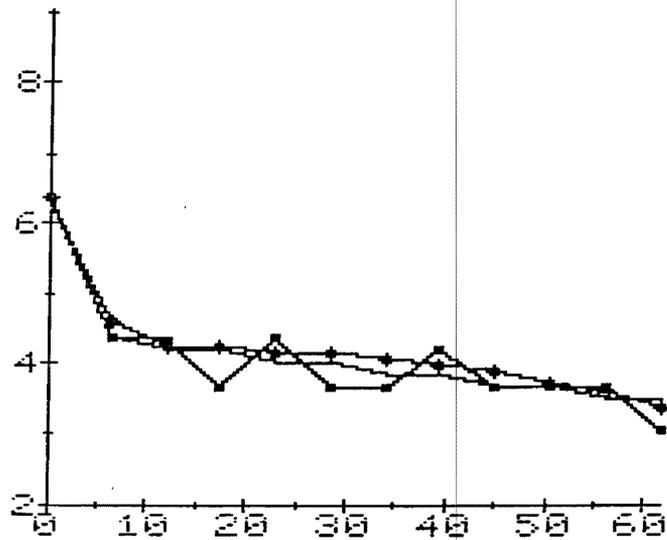


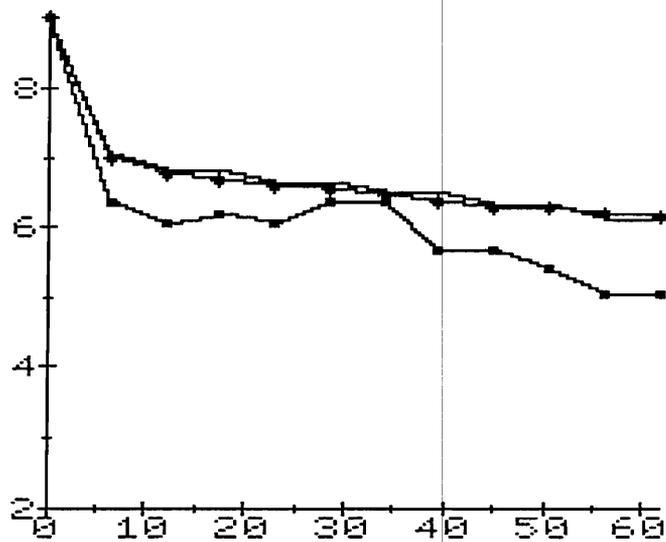
Fig. 69 - 13/12/1984 - Circuit 72 h + Argile

— Dilution théorique  
◇ Dilution Rhodamine  
□ Dilution bactériologique

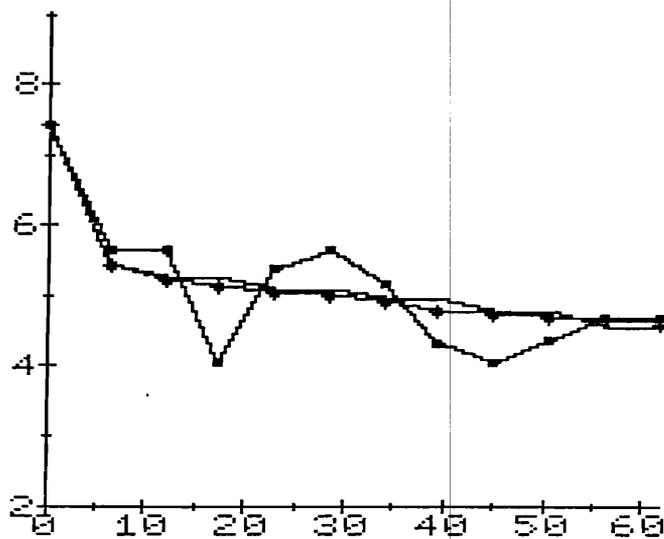
	% eau usée	Turbidité NTU	Rhodamine WT µg/l	coliformes totaux /100ml	E. coli /100ml	Streptocoques fécaux /100ml
eau usée	100		550	$2.4 \cdot 10^8$	$4.6 \cdot 10^7$	$2.4 \cdot 10^6$
Cuve témoin	0	4.0	0	$2.4 \cdot 10^2$	$4.3 \cdot 10^1$	$0.4 \cdot 10^1$
Cuve 1 6h30	1.55	35.0	8.5	$2.4 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$
Cuve 2 12h00	0.71	17.0	3.9	$4.6 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$	$2.1 \cdot 10^4$
Cuve 3 17h30	0.71	17.0	3.9	$2.4 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 4 23h00	0.60	14.0	3.3	$4.6 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^4$
Cuve 5 28h30	0.56	15.0	3.1	$1.5 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 6 34h00	0.47	11.0	2.6	$1.5 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 7 39h30	0.38	9.4	2.1	$1.1 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$	$1.5 \cdot 10^4$
Cuve 8 45h00	0.31	7.1	1.7	$1.1 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 9 50h30	0.22	5.5	1.2	$1.1 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 10 56h00	0.16	4.0	0.9	$2.4 \cdot 10^4$	$2.1 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 11 61h30	0.09	3.0	0.5	$1.5 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$

Tab. 70 - 13 Décembre 1984 - Circuit "+ argile".

Coliformes



E. coli



Streptocoques D

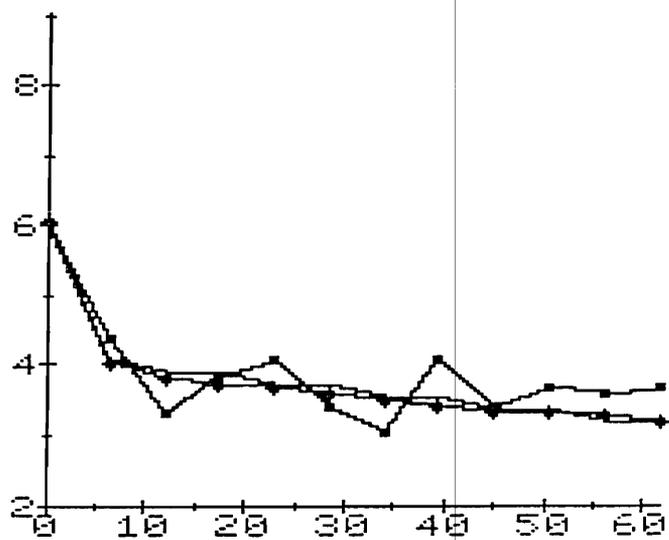


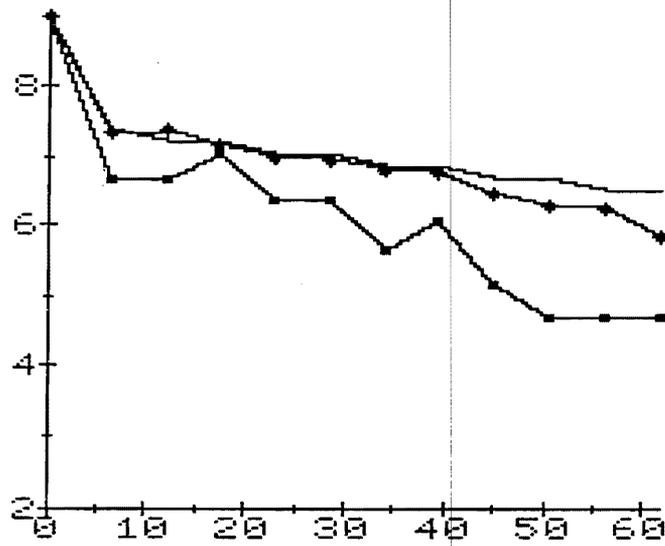
Fig. 71 - 14/12/1984 - Circuit 72 h - Argile -

— Dilution théorique  
◇ Dilution Rhodamine  
□ Dilution bactériologique.

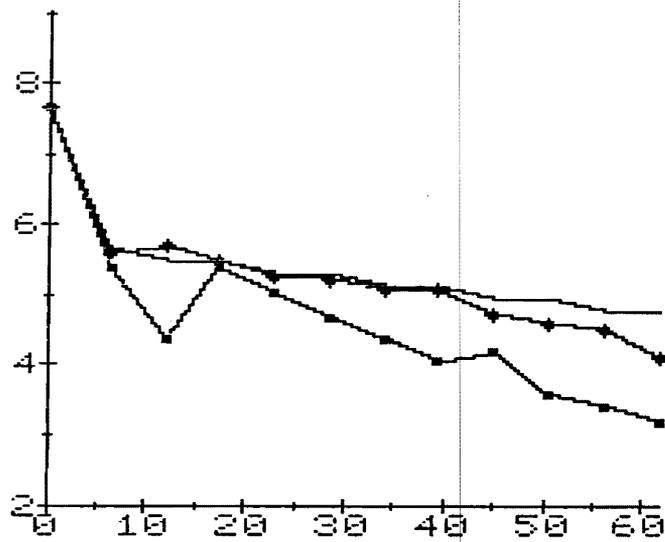
	% eau usée	Turbidité NTU	Rhodamine WT µg/l	coliformes totaux /100ml	E. coli /100ml	Streptocoques fécaux /100ml
eau usée	100		1046	$1.0 \cdot 10^9$	$2.8 \cdot 10^7$	$1.1 \cdot 10^6$
Cuve témoin	0	2.1	0	$9.3 \cdot 10^1$	$9.3 \cdot 10^1$	$0.3 \cdot 10^1$
Cuve 1 6h30	0.96	38.0	10.0	$2.4 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$
Cuve 2 12h00	0.56	27.0	5.9	$1.1 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^5$	$2.1 \cdot 10^3$
Cuve 3 17h30	0.48	27.0	5.0	$1.5 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^4$	$7.2 \cdot 10^3$
Cuve 4 23h00	0.40	21.0	4.2	$1.1 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^4$
Cuve 5 28h30	0.34	19.0	3.6	$2.4 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 6 34h00	0.29	16.0	3.0	$2.4 \cdot 10^6$	$1.5 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^3$
Cuve 7 39h30	0.22	13.0	2.3	$4.6 \cdot 10^5$	$2.1 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^4$
Cuve 8 45h00	0.19	11.0	2.0	$4.6 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 9 50h30	0.18	9.5	1.9	$2.4 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 10 56h00	0.16	7.8	1.7	$1.1 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^4$	$3.9 \cdot 10^3$
Cuve 11 61h30	0.14	6.2	1.5	$1.1 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$

Tab. 72 - 14 Décembre 1984 - Circuit "+ argile".

Coliformes



E. coli



Streptocoques D

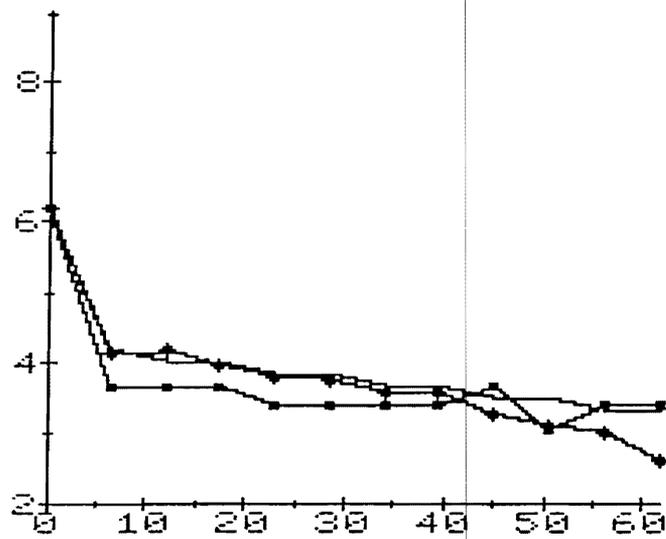


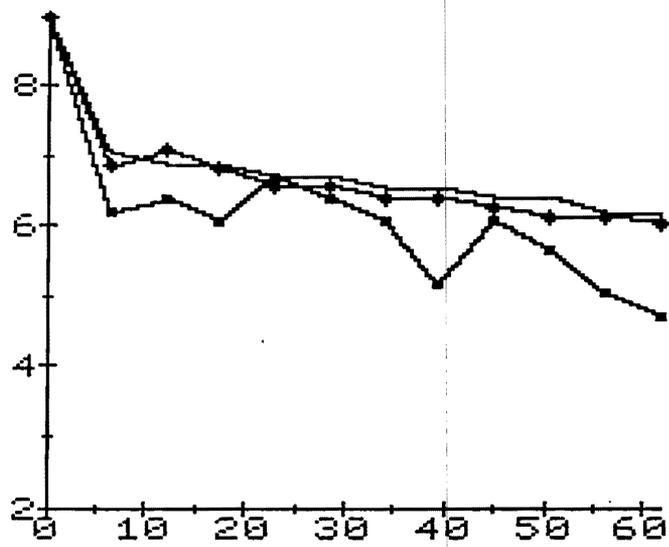
Fig. 73 - 20/12/1984 - Circuit 72 h + Mat. Org.

— Dilution théorique  
◇ Dilution Rhodamine  
□ Dilution bactériologique

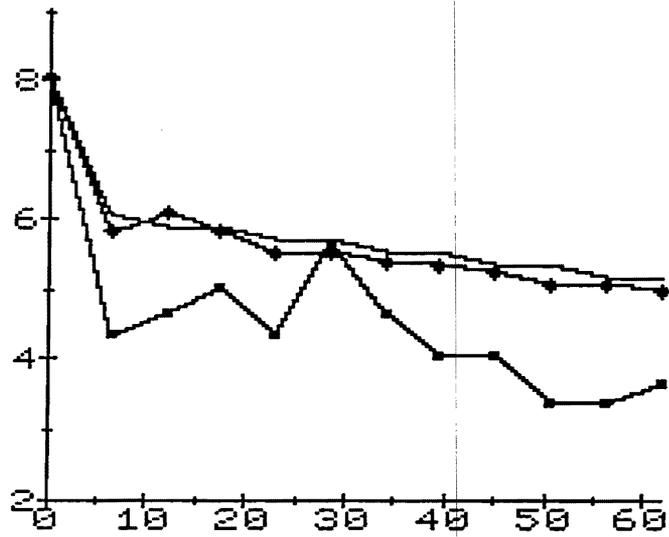
	% eau usée	Turbidité NTU	Rhodamine WT µg/l	coliformes totaux /100ml	E. coli /100ml	Streptocoques fécaux /100ml
eau usée	100		734	$2.4 \cdot 10^9$	$4.6 \cdot 10^7$	$1.5 \cdot 10^6$
Cuve témoin	0	3.9	0	$4.6 \cdot 10^2$	$4.3 \cdot 10^1$	$0.4 \cdot 10^1$
Cuve 1 6h30	0.91	11.0	6.7	$4.6 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 2 12h00	1.05	5.5	7.7	$4.6 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 3 17h30	0.63	4.0	4.6	$1.1 \cdot 10^7$	$2.4 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 4 23h00	0.41	3.7	3.0	$2.4 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 5 28h30	0.37	2.6	2.7	$2.4 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 6 34h00	0.26	2.6	1.9	$4.6 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 7 39h30	0.25	1.7	1.8	$1.1 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 8 45h00	0.12	1.7	0.9	$1.5 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 9 50h30	0.082	1.5	0.6	$4.6 \cdot 10^4$	$3.9 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$
Cuve 10 56h00	0.068	1.5	0.5	$4.6 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 11 61h30	0.027	1.3	0.2	$4.6 \cdot 10^4$	$1.5 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$

Tab. 74 - 20 Décembre 1984 - Circuit "+ Matière organique".

Coliformes



E. coli



Streptocoques D

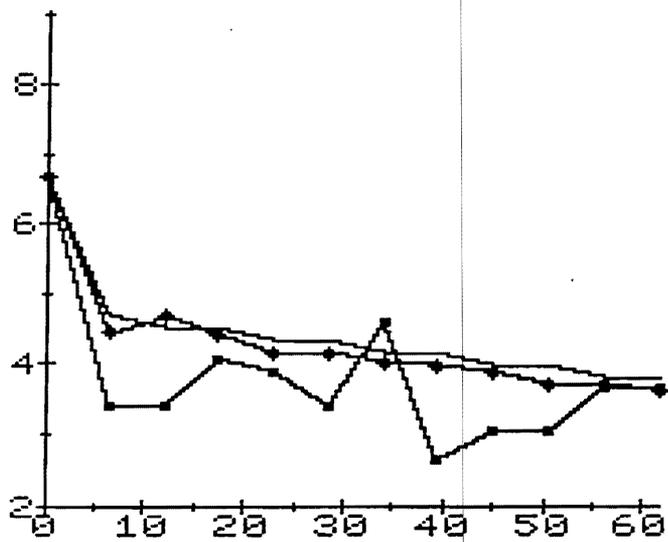


Fig. 75 - 21/12/1984 - Circuit 72 h + Mat. Org.

— Dilution théorique  
◇ Dilution Rhodamine  
□ Dilution bactériologique

	% eau usée	Turbidité NTU	Rhodamine WT µg/l	coliformes totaux /100ml	E. coli /100ml	Streptocoques fécaux /100ml
eau usée	100		642	$1.1 \cdot 10^9$	$1.1 \cdot 10^8$	$4.6 \cdot 10^6$
Cuve témoin	0	5.4	0	$4.6 \cdot 10^2$	$2.3 \cdot 10^1$	$0.9 \cdot 10^1$
Cuve 1 6h30	0.65	10.0	4.2	$1.5 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 2 12h00	1.09	5.1	7.0	$2.4 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 3 17h30	0.59	2.4	3.8	$1.1 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^4$
Cuve 4 23h00	0.31	3.0	2.0	$4.6 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^4$	$7.5 \cdot 10^3$
Cuve 5 28h30	0.31	2.0	2.0	$2.4 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^3$
Cuve 6 34h00	0.22	1.9	1.4	$1.1 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$	$3.9 \cdot 10^4$
Cuve 7 39h30	0.20	1.4	1.3	$1.5 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^2$
Cuve 8 45h00	0.16	1.6	1.0	$1.1 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^4$	$1.1 \cdot 10^3$
Cuve 9 50h30	0.11	1.1	0.7	$4.6 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$
Cuve 10 56h00	0.11	1.1	0.7	$1.1 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^3$
Cuve 11 61h30	0.09	1.0	0.6	$4.6 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^3$

Tab. 76 - 21/12/1984 - Circuit "+ Matière organique".

b - Résultats en circuit ouvert (circuit "de 62 h") :

Il se confirme ainsi qu'à la 15<sup>e</sup> h, aucune mortalité ne se manifeste. En revanche le suivi sur 62 h permet de mesurer des espérances de vie pour les 6 séries (tab. 77). Il en ressort tout comme en batch et en chambres à membranes, que :

- les survies sont très longues, eu égard aux températures basses (10,4 à 11,5°C) ;
- les streptocoques apparaissent à nouveau comme les plus résistants (absence de mortalité) ;

Contaminants / Germes	Coliformes	E. coli	Strepto. D
Eau usée			
06/12/1984	33	35	∞
07/12/1984	17	90	∞
Eau usée + argile			
13/12/1984	19	61	∞
14/12/1984	52	78	∞
Eau usée + boue activée			
20/12/1984	18	71	∞
21/12/1984	32	30	∞

Tab. 77 - Espérances de vie ( $E_0$ ) en circuit ouvert  
(circuit "de 62 h")

## CHAPITRE II-5

SURVIE DE BACTERIES PATHOGENES EN EAU DE MER

CHAPITRE II-5

SURVIE DE BACTERIES PATHOGENES EN EAU DE MER

A / SURVIE DE STAPHYLOCOQUES EN CHAMBRES A MEMBRANES EN 24 h

Le mode opératoire est identique à celui décrit pour la survie d'E. coli en chambre à membranes de 50 ml (chap. II-3/A), le milieu de culture étant la gélose de Chapman mannitée, incubée à 37° C pendant 48 h.

Le tab. 78 regroupe les résultats des 8 séries de mesures.

Les T90 et E<sub>0</sub> déduits de 2 dénombrements seulement (t<sub>0</sub> et t<sub>0</sub> + 24 h) sont donnés à titre indicatif.

Semaine n°	Date	Temp. eau (°C)	Survie 24 h (%)	T90 (h)	E <sub>0</sub> (h)
50	13/12	7,0	17	31,2	13,5
1	03/01	7,0	28	43,4	8,9
15	13/04	6,9	6,8	20,6	8,9
17	26/04	8,5	1,1	12,3	5,3
19	10/05	10,5	0,82	11,5	5
23	07/06	15,0	5,4	18,9	8,2
24	12/06	15,0	0,18	8,7	3,7
26	26/06	15,0	0,13	8,3	3,6

Tableau 78 - Survie de Staphylococcus aureus  
en eau de mer

B / SURVIE DE SALMONELLA EN CHAMBRES A MEMBRANES EN 24 h

Le tab. 79 regroupe les 34 résultats obtenus avec une culture pure de Salmonella brandenburg, les dénombrements étant effectués sur gélose au désoxycholate citrate lactose incubée 48 heures à 37° C.

Semaine n°	Temp. °C	Survie %	T90 (h)	E <sub>o</sub> (h)	Semaine n°	Temp. °C	Survie %	T90 (h)	E <sub>o</sub> (h)
1	7,0	15	29,1	12,6	20	12,0	76,0	21,4	87,5
2	3,8	57	98,3	42,7	20	12,8	25,0	39,9	17,3
2	3,6	35	52,6	22,8	23	15,0	0,68	11,1	4,8
3	4,0	79	237	103	24	14,0	35,0	52,6	22,8
5	4,0	21	35,5	15,4	25	15,6	4,82	18,2	7,9
6	4,0	55	92,4	40,1	26	15,0	4,8	18,2	7,9
8	3,2	15	29,1	12,6	34	18,8	20	34,3	14,9
9	3,5	26,7	41,8	18,1	38	17,1	17	31,2	13,5
9	3,2	72,9	174,8	76	38	17,3	31	47,2	20,5
11	5,4	7,5	21,3	9,2	38	14,2	44,4	68,1	29,6
13	6,4	58,3	102,4	44,5	39	17,0	19	33,3	14,4
17	8,5	19	33,3	14,4	44	14,0	2,6	15,1	6,5
19	9,5	25,6	40,6	17,6	45	13,0	23	37,6	16,3
19	10,5	20	34,3	14,9	48	10,0	3	15,8	6,8
20	11,5	12,0	26,1	11,3	50	8,0	33,8	50,9	22,1
					51	6,9	4,5	17,8	7,7
			Moyenne		(n = 34)				26,3

Tableau 79 - Survie de Salmonella brandenburg  
en eau de mer

C / SURVIE DE SALMONELLA EN EAU DE MER NON RENOUVELEE

Le mode opératoire est identique à celui détaillé pour les essais "en batch" au chap. II-1.

Une culture pure de Salmonella a été ajoutée à l'eau de mer lors de la dernière expérience "en batch" avec eau usée (4-13 Février 1985). Leur dénombrement a été effectué en milieux liquides selon la technique du NPP (3 tubes/dilution) sur :

- bouillon au sélénite de sodium (48 h à 43° C), puis
- gélose Désoxycholate - Citrate - Lactose.

Les résultats sont présentés sur la fig. 80 et dans le tab. 81. L'espérance de vie est pour les Salmonella :

- . 24.4 h sans adjonction de particules,
- . 39 h avec ajout d'argile,
- . 28.3 h avec ajout de particules organiques.

En conclusion, les staphylocoques étudiés apparaissent légèrement plus sensibles que les E. coli dans les essais effectués sur 24 h en chambres à membranes. Par ailleurs en ce qui concerne les Salmonella, du moins le sérotype brandenburg, on constate :

- Une cinétique de mortalité du même type que pour les germes-tests (fig.80),
- Une survie plus longue aux températures basses, tout comme pour les coliformes, E. coli, streptocoques D et staphylocoques,
- Une survie prolongée en présence de particules, surtout d'argile, tout comme pour les termes-tests (chap. II-2),
- D'après les essais en chambres à membranes, une espérance de vie comparable à celle des autres entérobactéries (27 h pour Salmonella, 22 h pour E. coli).

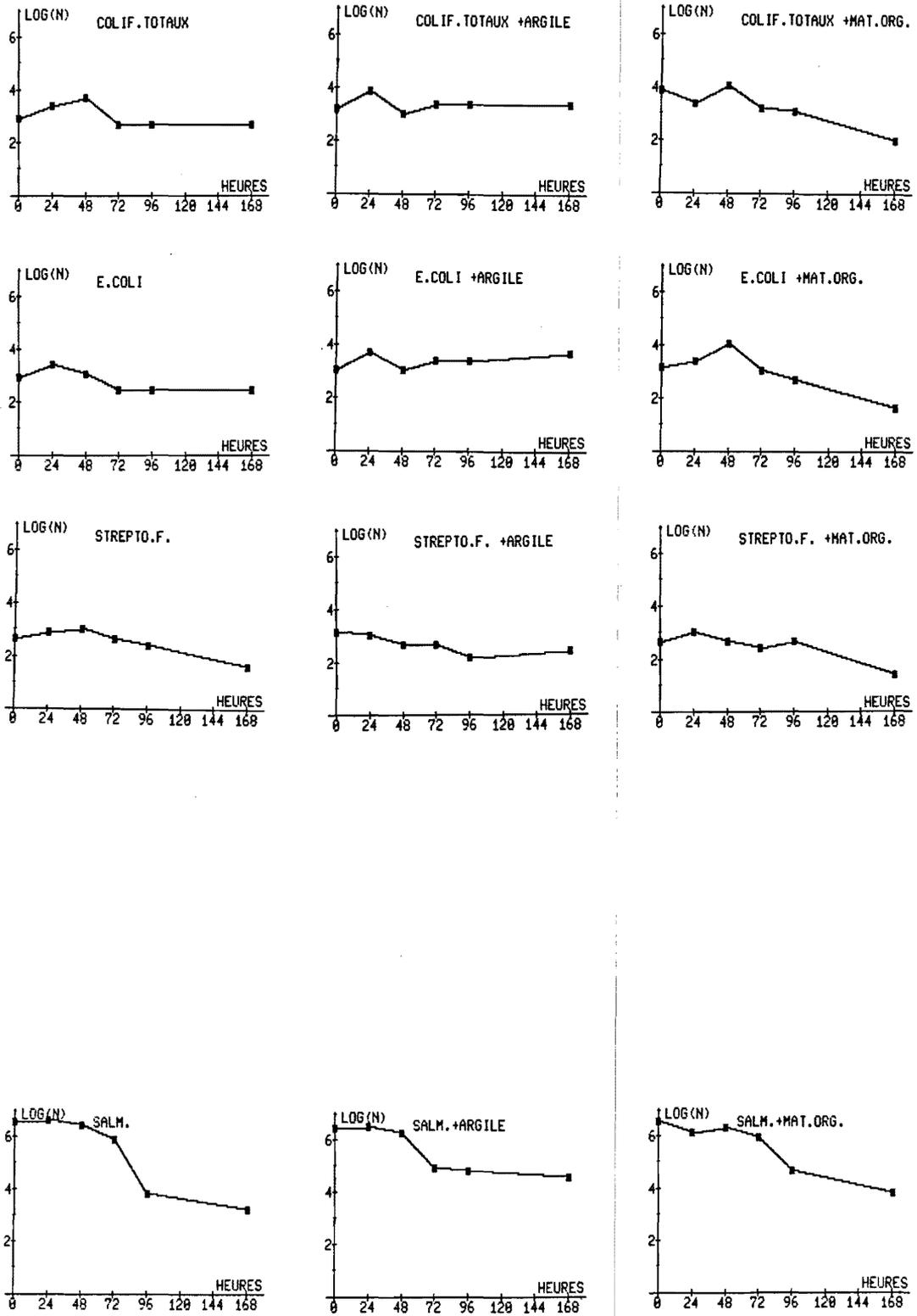


Figure 80 : du 04 au 13/02/1985

	eau usée 0.02 %	eau usée 0.02 % + argile 50 mg/l	eau usée 0.02 % + matière organique 50 mg/l
<b>coliformes totaux /100ml</b>			
To	$7.5 \cdot 10^2$	$1.5 \cdot 10^3$	$7.5 \cdot 10^3$
24h	$2.4 \cdot 10^3$	$7.5 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^4$
48h	$4.6 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^4$
72h	$4.6 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.5 \cdot 10^3$
96h	$4.6 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^3$
168h	$4.6 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^3$	$9.3 \cdot 10^1$
216h	$4.3 \cdot 10^1$	$2.4 \cdot 10^2$	$0.9 \cdot 10^1$
T90 (heures)	154	288	74.7
<b>E. coli /100ml</b>			
To	$7.5 \cdot 10^2$	$1.1 \cdot 10^3$	$1.4 \cdot 10^3$
24h	$2.4 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^4$
48h	$1.1 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^4$
72h	$2.4 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$
96h	$2.4 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^2$
168h	$2.4 \cdot 10^2$	$4.6 \cdot 10^3$	$4.3 \cdot 10^1$
216h	$4.3 \cdot 10^1$	$2.4 \cdot 10^2$	$0.3 \cdot 10^1$
T90 (heures)	159	466	69.1
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>			
To	$4.6 \cdot 10^2$	$1.4 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^2$
24h	$7.5 \cdot 10^2$	$1.1 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$
48h	$1.1 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^2$	$4.6 \cdot 10^2$
72h	$4.6 \cdot 10^2$	$4.6 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^2$
96h	$2.4 \cdot 10^2$	$1.5 \cdot 10^2$	$4.6 \cdot 10^1$
168h	$4.3 \cdot 10^1$	$2.4 \cdot 10^2$	$2.3 \cdot 10^1$
216h	$0.9 \cdot 10^1$	$2.4 \cdot 10^2$	$0.7 \cdot 10^1$
T90 (heures)	111	283	103
<b>Salmonella /100ml</b>			
To	$3.7 \cdot 10^6$	$2.8 \cdot 10^6$	$3.6 \cdot 10^6$
24h	$3.8 \cdot 10^6$	$3.2 \cdot 10^6$	$1.4 \cdot 10^6$
48h	$2.6 \cdot 10^6$	$1.8 \cdot 10^6$	$1.9 \cdot 10^6$
72h	$7.5 \cdot 10^5$	$8.0 \cdot 10^4$	$8.7 \cdot 10^5$
96h	$6.0 \cdot 10^3$	$6.0 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^4$
168h	$1.6 \cdot 10^3$	$3.6 \cdot 10^4$	$6.1 \cdot 10^3$
216h	$1.0 \cdot 10^2$	$2.0 \cdot 10^4$	$4.0 \cdot 10^2$
T90 (heures)	43.2	90.8	53.4

Tableau 81 : du 04 au 13/02/1985

CHAPITRE II-6

---

SURVIE D'ESCHERICHIA COLI ET STREPTOCOQUES D  
DANS DES SEDIMENTS

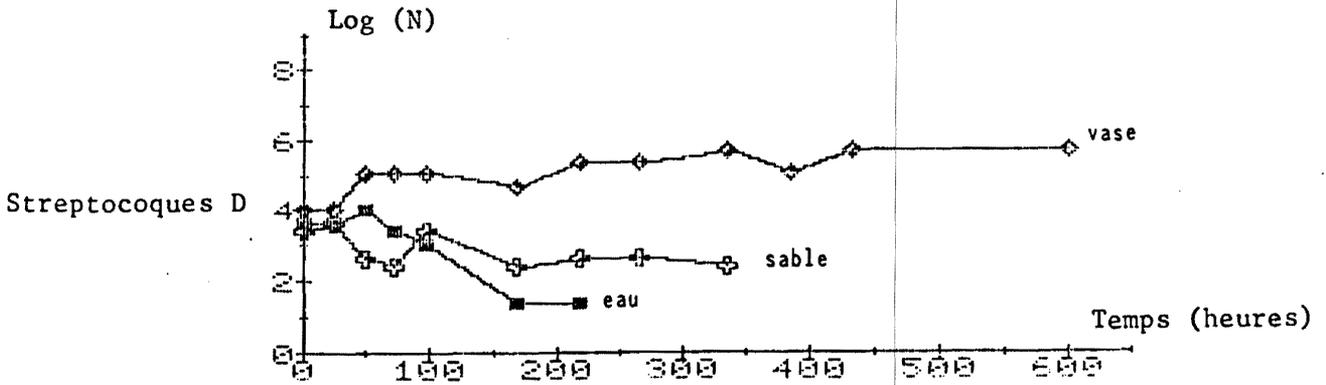
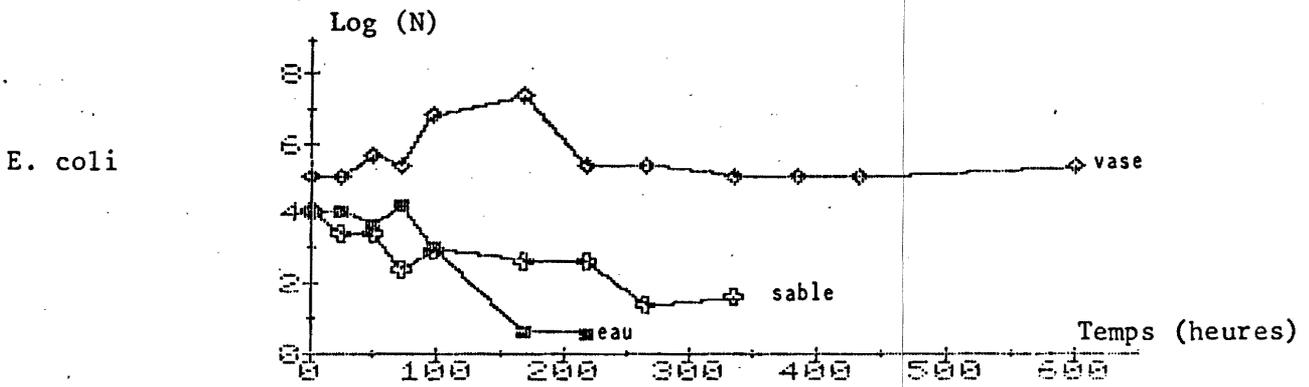
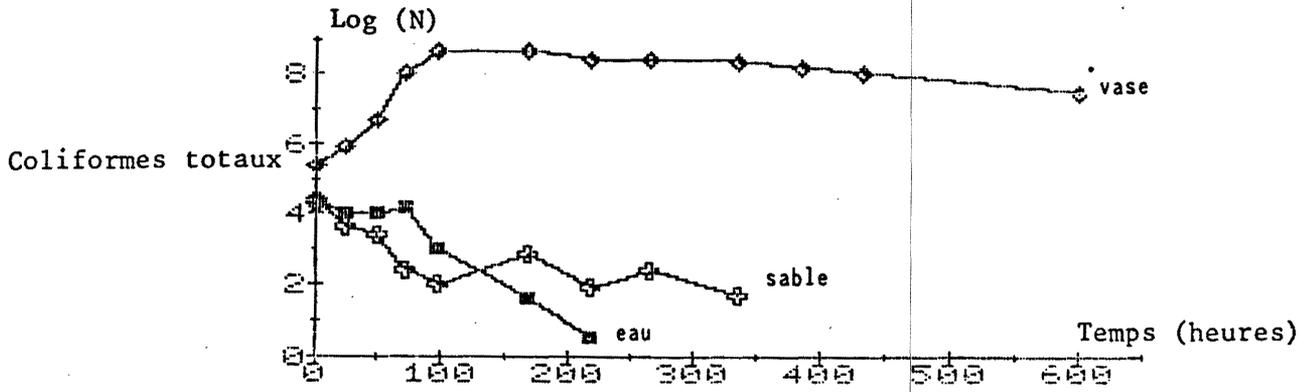


Figure 82 : du 28/01 au 22/02/1985

## CHAPITRE II-6

### SURVIE D'ESCHERICHIA COLI ET STREPTOCOQUES D DANS DES SEDIMENTS

#### A / ASPECT QUANTITATIF

La survie d'E. coli et streptocoques D a été étudiée dans de l'eau de mer et deux types de sédiments (sable et vase) au cours d'une expérimentation d'un mois (28/01 au 22/02/1985).

L'eau de mer (5 l), prélevée le 28/01 à la température de 3° C, a été maintenue à 8° en bac thermostaté.

Le sable, provenant de la plage locale, était identique à celui utilisé "en batch" (chap. II-1). Dépourvu de contamination fécale au départ, il a été utilisé tel quel, (à raison de 5 l par bac maintenu à 8° C), sous quelques mm d'eau de mer.

La vase, provenant du port de Gravelines (estuaire de l'Aa) est un sédiment fin<sup>30</sup> (9,5 % < 63 µm), noir, putride, habituellement très contaminé ( $5 \cdot 10^5$  à  $1 \cdot 10^6$  E. coli/100 ml). Il a été autoclavé avant utilisation. La microflore estuarienne éventuellement antagoniste a donc été supprimée.

L'ensemencement des 3 bacs a été réalisé avec de l'eau usée filtrée à 2,7 µm, à raison de 25 ml par bac de 5 l d'eau, sable ou vase.

Les résultats sont présentés dans la fig. 82 et le tab. 83.

Il apparaît que dans le sable et l'eau, l'évolution des 3 catégories de germes est décroissante. La mortalité est cependant plus lente dans le sable.

	eau de mer + 0.5 % eau usée	sable + 0.5 % eau usée	vase stérile + 0.5 % eau usée
<b>coliformes totaux /100 g</b>			
To	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
24h	1.1 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	7.5 10 <sup>5</sup>
48h	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>6</sup>
72h	1.5 10 <sup>4</sup>	2.3 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>8</sup>
96h	1.1 10 <sup>3</sup>	9.3 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>8</sup>
168h	4.3 10 <sup>1</sup>	7.5 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>8</sup>
216h	0.3 10 <sup>1</sup>	9.0 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>8</sup>
264h		2.3 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>8</sup>
336h		4.6 10 <sup>1</sup>	2.0 10 <sup>8</sup>
384h			1.5 10 <sup>8</sup>
432h			1.1 10 <sup>8</sup>
600h			2.8 10 <sup>7</sup>
<b>E. coli /100 g</b>			
To	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
24h	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
48h	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>
72h	1.5 10 <sup>3</sup>	2.3 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
96h	1.1 10 <sup>3</sup>	9.3 10 <sup>2</sup>	7.5 10 <sup>7</sup>
168h	0.4 10 <sup>1</sup>	4.3 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>7</sup>
216h	0.3 10 <sup>1</sup>	4.0 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
264h		2.3 10 <sup>1</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
336h		4.0 10 <sup>1</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
384h			1.1 10 <sup>5</sup>
432h			1.1 10 <sup>5</sup>
600h			2.1 10 <sup>5</sup>
<b>Streptocoques fécaux /100 g</b>			
To	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
24h	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>
48h	1.1 10 <sup>4</sup>	4.3 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
72h	2.4 10 <sup>3</sup>	2.3 10 <sup>2</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
96h	1.1 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
168h	2.3 10 <sup>1</sup>	2.3 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
216h	2.3 10 <sup>1</sup>	4.3 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
264h		4.3 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
336h		2.4 10 <sup>2</sup>	4.6 10 <sup>5</sup>
384h			1.1 10 <sup>5</sup>
432h			4.6 10 <sup>5</sup>
600h			4.6 10 <sup>5</sup>

Tableau 83 - Survie de bactéries fécales dans des sédiments

Dans l'eau on observe une courbe sigmoïde caractéristique avec un plateau de 72 h puis une décroissance exponentielle (DRT de 24 h pour les coliformes, 48 h pour les streptocoques).

Dans la vase, préalablement stérilisée, une multiplication intense des coliformes et E. coli (3,5 u.log) et à un moindre degré des streptocoques (1 u.log) se produit durant les 7 premiers jours. Ensuite intervient une décroissance très lente pour les coliformes, lente pour les E. coli et quasi nulle en 600 heures pour les streptocoques.

#### B / NATURE DES COLIFORMES SURVIVANTS

Il a semblé utile de vérifier la nature des coliformes ayant survécu 400 à 600 heures dans la vase. En effet deux éléments pouvaient faire douter de leur origine fécale :

- 1) la multiplication observée la première semaine (x 2000 pour les coliformes) avait eu lieu à 8° C, donc très au-dessous de la température d'adaptation des coliformes intestinaux.
- 2) à en juger par la proportion d'E. coli seul genre d'origine intestinale constante (40 % au  $t_0$ , 0.7 % après 600 h) le caractère fécal de la population de coliformes semblait nettement en baisse.

A partir d'un prélèvement à 432 h et de 4 autres pris à 600 h, on a donc complété les dénombrements par des isollements à partir des tubes de Bouillon au Vert Brillant, de façon à caractériser la flore dénombrée. 240 tubes ont ainsi fait l'objet d'isollements sur gélose non sélective au BCP. Pour chaque boîte, on a purifié et identifié une colonie de chaque type (test de Schubert pour E. coli, + galerie API 20 EC si le test de Schubert était négatif).

Il en ressort que :

- 24 % sont des faux coliformes (Aeromonas, Pseudomonas, ...)
- 76 % sont des coliformes confirmés
- 55 % sont d'origine intestinale
- 1 % sont des E. coli

Les 27 colonies identifiées sur galeries API 20 EC à partir des échantillons de vase de 600 h sont présentées dans le tab. 84

Echantillon n°	Vert Brillant d'origine		Profil / API 20 EC ou Anomalies	Nom	Origine (I) intestinale
	Dilution	Tube			
1	- 3	A	1444402	<i>Escherichia coli</i>	I
		B	5657402	<i>Kluyvera sp.</i>	NON
		C	1244502	<i>Escherichia coli</i>	I
	- 4	A	5024001	<i>Hafnia alvei</i>	I
		B	4676400	<i>Buttiauxella agrestis</i>	NON
		A	1377473	<i>Klebsiella trevisani</i>	NON
2	- 3	A	4565400	<i>Citrobacter freundii</i>	I
		B	5226000	<i>Hafnia alvei</i>	I
		C	4564400	<i>Citrobacter freundii</i>	I
	- 4	A	0464400	<i>Citrobacter freundii</i>	I
		B	0464400	<i>Citrobacter freundii</i>	I
		C	4217401	<i>Enterobacter amigemus</i>	NON
3	- 2	A	4564400	<i>Citrobacter freundii</i>	I
		B	0464400	<i>Citrobacter freundii</i>	I
		C	0444402	<i>Escherichia coli</i>	I
	- 3	A	1444402	<i>Escherichia coli</i>	I
		B	0464402	<i>Citrobacter freundii</i>	I
		C	5000000	<i>Escherichia coli</i>	I
4	- 3	A	4564400	<i>Citrobacter freundii</i>	I
		B	4560400	<i>Citrobacter freundii</i>	I
		C	0464502	<i>Citrobacter freundii</i>	I
	- 4	A	0465401	<i>Citrobacter freundii</i>	I
		B	0065100	<i>Citrobacter freundii</i>	I
		C	0464400	<i>Citrobacter freundii</i>	I
- 5	A	Oxydase +	<i>Pseudomonas</i>	NON	

Tableau 84 - Coliformes ayant survécu 600 h  
dans la vase

En termes de dénombrement, compte tenu de la répartition par tube des diverses souches identifiées, on aboutit aux NPP corrigés suivants, à  $t_0 + 600$  h :

		NPP brut	NPP corrigé
Coliformes "totaux"	/100 g	$2,8.10^7$	$2,2.10^7$
Coliformes intestinaux	/100 g	-	$1,1.10^7$
E. coli	/100 g	$2,1.10^5$	$2,1.10^5$

Ainsi se trouve confirmé l'écart entre les nombres de coliformes "totaux" et d' E. coli (tab. 83). En revanche le caractère "intestinal" de la population de coliformes présents après 600 h se révèle élevé, en particulier à cause de l'abondance de Citrobacter freundii.

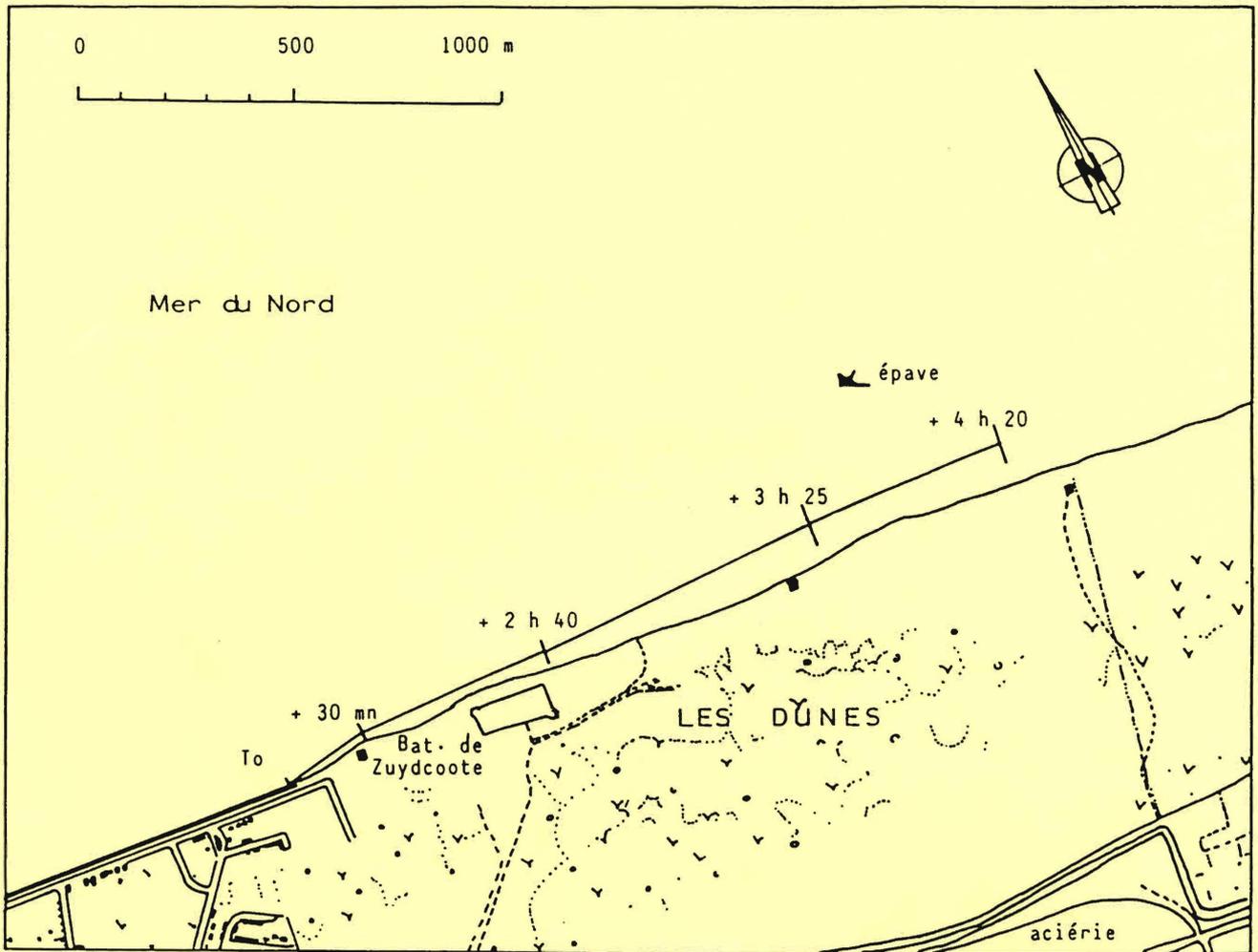
Il apparaît donc que dans une vase marine (préalablement stérilisée), la contamination en streptocoques D et en coliformes réellement intestinaux, y compris E. coli, pourrait s'accroître.

Par contre, dans les sables grossiers de Gravelines, même maintenus à l'abri des courants de marée et de la houle, les germes-tests de contamination fécale apparaissent voués à une mortalité comparable à celle observée dans l'eau.

TROISIEME PARTIE

---

ETUDES DE TERRAIN



Carte 85 - Dispersion d'une bâche contaminée à Leffrinckoucke le 15 Mai 1984.



Photo 86 - Bâche contaminée avant dispersion par le flot.



Photo 87



Photo 88

CHAPITRE III-1

ETUDE DE LA DISPERSION D'UNE BACHE CONTAMINEE  
A LEFFRINCKOUCKE

Pour confronter les études in vitro et la réalité plusieurs séries d'observations ont été menées sur le terrain.

La première a consisté à contaminer une "bâche" (flaque d'eau de mer sur la plage à marée basse) avec de l'eau usée, et à suivre sa dispersion par la marée montante. Le site expérimental était situé sur la commune de Leffrinckoucke, entre Dunkerque et la Belgique.

Le 15 Mai à 10h00, 10 m<sup>3</sup> d'eau usée fraîche prélevée par les Services Techniques de la Communauté Urbaine de Dunkerque ont été vidés dans une bâche située à 50 m du perré limitant le haut de la plage. 1 kg de rhodamine WT en solution alcoolique a été intimement mélangé à l'eau usée et à l'eau de la bâche, en utilisant l'énergie du jet d'eau usée.

Le ciel étant couvert (plafond à 50 m voire moins à terre), les photographies aériennes prévues ont dû être annulées et remplacées par des prises de vues au sol. La photo 86 montre la bâche marquée à la rhodamine, avec ses bords relevés à la pelle.

A 11h00 la mer dispersait cette bâche et le courant commençait à étirer la tache vers le Nord Est. Le parcours du front coloré, repéré également par deux flotteurs à drogue, est reporté sur la carte 85.

Ce parcours s'est caractérisé par un décollement très rapide de la tache par rapport au bord de l'eau : les photos 87 et 88 en rendent compte, ainsi que les résultats d'analyses des échantillons pris sur des radiales, à  $t_0 + 25, 50$  et  $90$  minutes (tab. 89).

Temps depuis le départ	Distance depuis le départ	Distance de la côte	Salinité ‰	Rhodamine brute $\mu\text{g/l}$	Rhodamine extraite $\mu\text{g/l}$	Coliformes totaux /100ml	E. coli /100ml	Streptocoques fécaux /100ml
+ 25 mn	100 m	0 m	29.962	420	850	$4.6 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^4$
		30 m	30.147	200	420	$1.2 \cdot 10^5$	$6.4 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
		50 m	30.636	< 0.01	< 0.01	$4.6 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^2$	$4.3 \cdot 10^1$
+ 50 mn	250 m	0 m	30.513	0.01	0.01	$2.4 \cdot 10^2$	$2.3 \cdot 10^1$	$1.5 \cdot 10^2$
		10 m	30.651	0.01	0.12	$4.6 \cdot 10^2$	$4.6 \cdot 10^2$	< $0.3 \cdot 10^1$
		30 m	30.632	0.44	10.0	$2.4 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$
		50 m	30.443	130	240	$2.4 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^4$	$4.6 \cdot 10^3$
		80 m	30.690	< 0.01	< 0.01	$4.6 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^2$	$4.3 \cdot 10^1$
+ 1 h 30	700 m	10 m	30.540	< 0.01	< 0.01	$4.6 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^2$	$3.9 \cdot 10^1$
		30 m	30.516	< 0.01	< 0.01	$2.4 \cdot 10^2$	$4.3 \cdot 10^1$	< $0.3 \cdot 10^1$
		50 m	30.536	0.05	1.30	$2.4 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^2$	$9.3 \cdot 10^1$
		80 m	30.617	1.80	23.0	$1.1 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^2$
		120 m	30.694	< 0.01	< 0.01	$2.4 \cdot 10^2$	$9.3 \cdot 10^1$	< $0.3 \cdot 10^1$

Tableau 89 - Radiales côte-large à trois instants de la dispersion d'une tâche marquée à la rhodamine (Leffrinckoucke).

La tache colorée évoluant entre 80 et 100 m du bord a pû être suivie durant 4 h 20. La distance parcourue a été de 1900 m seulement.

Pour cette marée (coef. 101), l'excursion théorique calculée d'après la rose des courants la plus proche sur les cartes du SHOM (passe de Zuydcoote, Chenal Est) aurait été >10 km. Par ailleurs la tache s'est trouvée, 4h30 après sa mise en mouvement, immobilisée dans une bache créée par la marée descendante sur la plage de Zuydcoote, et le courant de jusant ne l'a donc pas remise en mouvement vers le SW. Ainsi contrairement à l'idée répandue selon laquelle les polluants rejetés oscillent plusieurs marées devant le point de rejet, il est des cas où les polluants progressent par petits bonds, de bache en bache, vers le NE uniquement.

Le tab. 90 résume l'évolution des paramètres suivis au niveau du front de coloration. L'appréciation de la dilution par la salinité n'est guère possible au-delà d'une heure.

	Salinité ‰	Rhodamine brute µg/l	Rhodamine extraite µg/l	facteur de dilution, d'après :			Coliformes totaux /100ml	E. coli /100ml	Streptocoques fécaux /100ml
				Salinité	Rhodamine brute	Rhodamine extraite			
To	23.214	8500	175 000	1	1	1	1,1.10 <sup>7</sup>	1,1.10 <sup>6</sup>	2,4.10 <sup>5</sup>
+ 5 mn	25.849	6000	115 000	1.55	1.42	1.52	2,4.10 <sup>6</sup>	4,6.10 <sup>5</sup>	4,6.10 <sup>5</sup>
+ 10 mn	28.698	2800	4800	3.87	3.04	36.5	1,1.10 <sup>6</sup>	4,6.10 <sup>5</sup>	1,1.10 <sup>5</sup>
+ 18 mn	29.080	1600	3200	4.84	5.31	54.7	1,1.10 <sup>6</sup>	1,1.10 <sup>5</sup>	4,6.10 <sup>4</sup>
+ 27 mn	30.147	200	420	16.01	42.5	417	1,2.10 <sup>5</sup>	6,4.10 <sup>4</sup>	4,6.10 <sup>3</sup>
+ 41 mn	30.443	130	240	44.55	65.4	729	2,4.10 <sup>5</sup>	2,4.10 <sup>4</sup>	4,6.10 <sup>3</sup>
+ 1 h 10	30.613	1.80	28		4722	6250	1,1.10 <sup>4</sup>	2,4.10 <sup>3</sup>	2,4.10 <sup>2</sup>
+ 1 h 25	30.528	0.90	23		9444	7608	2,4.10 <sup>3</sup>	1,1.10 <sup>3</sup>	1,1.10 <sup>3</sup>
+ 2 h 42	30.594	0.52	11		16 346	15 909	2,4.10 <sup>3</sup>	4,6.10 <sup>2</sup>	1,1.10 <sup>3</sup>
+ 3 h 25	30.613	0.42	8.5		20 238	20 588	1,5.10 <sup>3</sup>	2,4.10 <sup>2</sup>	0,3.10 <sup>1</sup>

Tableau 90 - Evolution de la qualité de l'eau  
au niveau du front de la tache  
le 15 Mai 1985 à Leffrinckoucke.

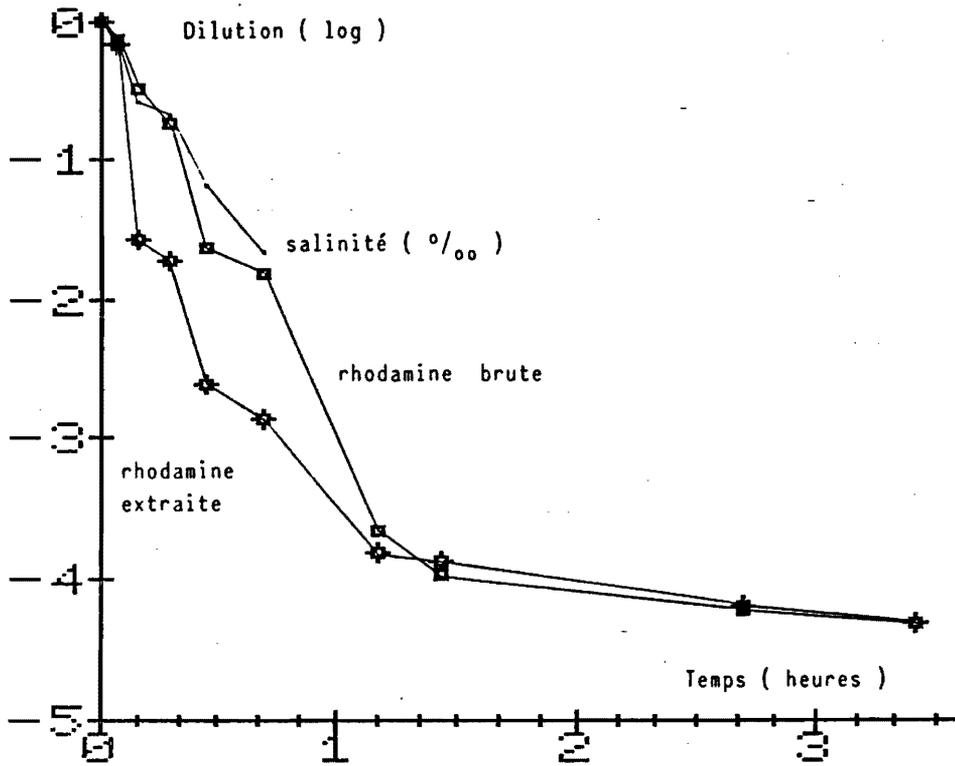


Figure 91 - Estimation de la dilution le 15/05/1984 à Leffrinckoucke, d'après la salinité (—○—), la rhodamine extraite (—\*—), et la rhodamine brute (—□—).

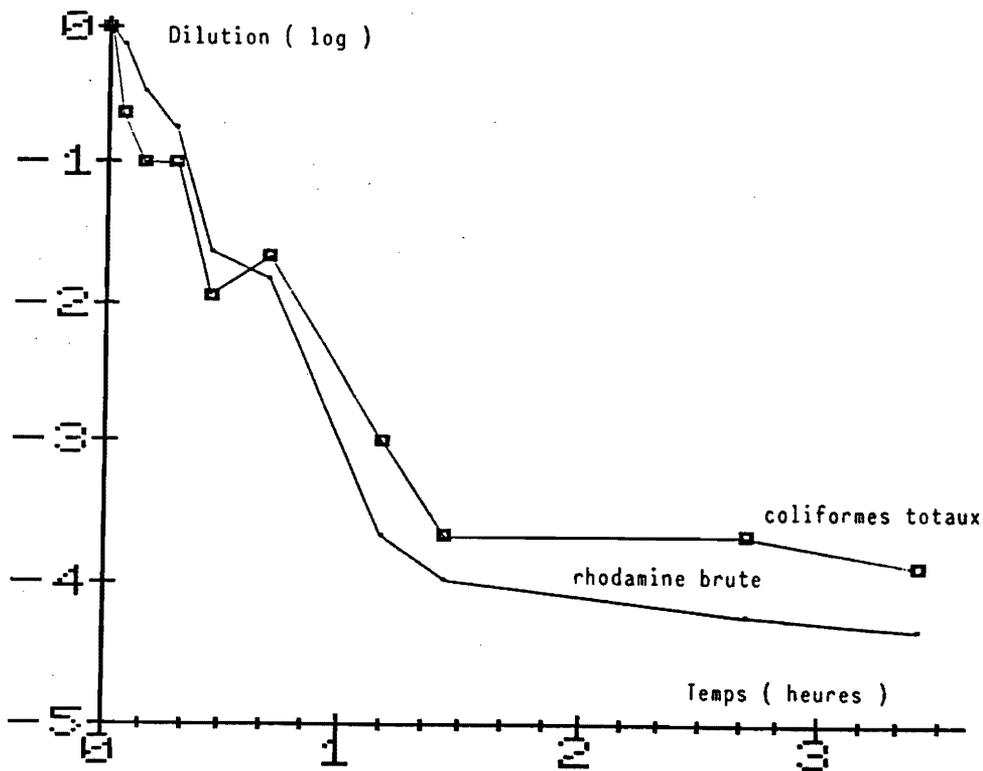


Figure 92 - Evolution des concentrations en coliformes (—□—) et rhodamine brute (—) à Leffrinckoucke le 15/05/1984

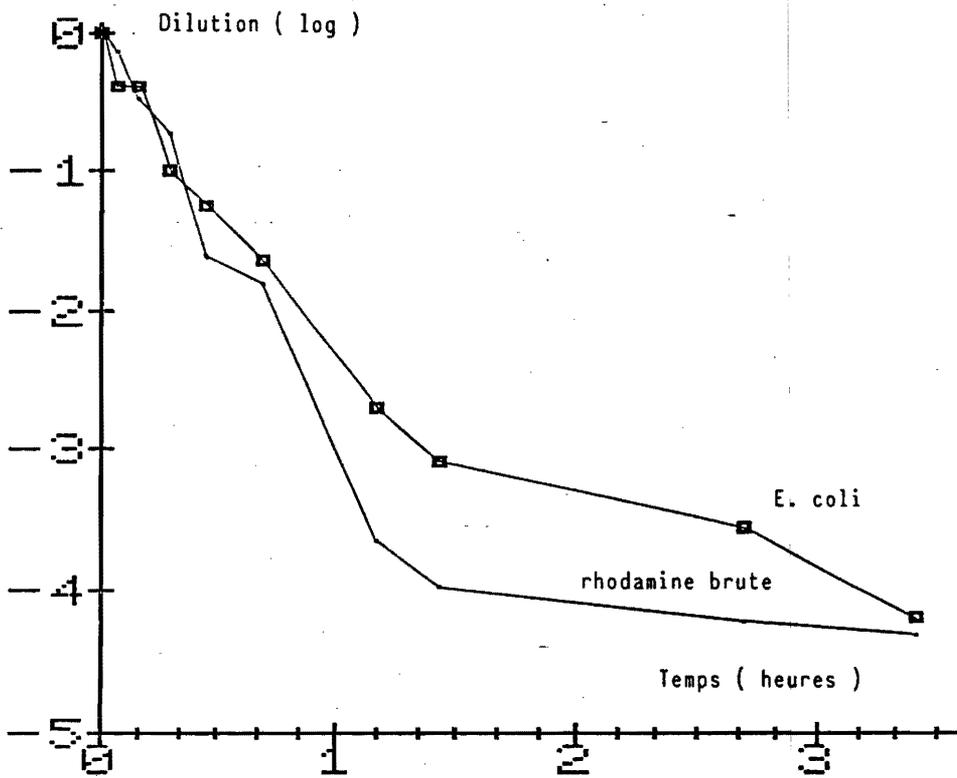


Figure 93 - Evolution des concentrations en E. coli (□) et rhodamine brute (—) à Leffrinckoucke le 15/05/1985

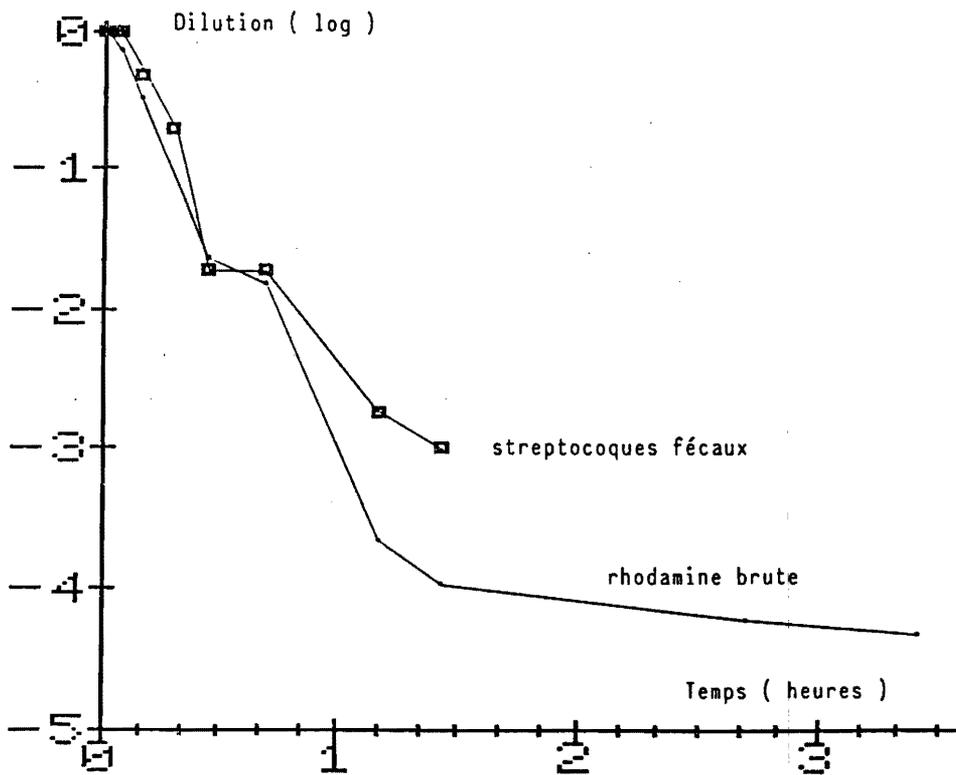


Figure 94 - Evolution des concentrations en Streptocoques D (□) et rhodamine brute (—) à Leffrinckoucke le 15/05/1984

En revanche les dosages de rhodamine ont pu être poursuivis au delà de  $10^{-4}$  (fig. 91).

Les fig. 92 à 94 traduisent l'évolution comparée des germes entériques et de la rhodamine. Aucune mortalité ne peut être décelée pour aucun des groupes bactériens dénombrés sur les 3 h 25 du suivi de la tache, ce qui est compatible avec les observations faites in vitro.

Par ailleurs l'évolution de la qualité de l'eau au point de départ est rapportée dans le tab. 95. D'après les résultats observés à 55 min., il est clair que la tache contaminée n'a pas été déplacée mais étirée à partir de son point de départ. A 2h30, la bache submergée continuait d'être plus contaminée que l'amont, mais il n'est pas possible de faire la part de l'étirement de la nappe et du relargage par le sédiment.

	Salinité ‰	Rhodamine brute µg/l	Rhodamine extraite µg/l	Coliformes totaux /100ml	E. coli /100ml	Streptocoques fécaux /100ml
To	23.214	8500	175 000	$1.1 \cdot 10^7$	$1.1 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^5$
+ 55 mn	30.443	6.0	16.0	$2.4 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^3$
+ 2 h 30	30.540	1.6	29.0	$4.6 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$
+ 4 h 40	30.613	0.2	5.0	$4.6 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^2$	$< 0.3 \cdot 10^1$

Tableau 95 - Evolution de la contamination au point de départ (bâche de Leffrinckoucke) (15/05/1984)

CHAPITRE III-2

ETUDE DE LA DISPERSION D'UN REJET  
DE DRAGAGE

CHAPITRE III-2

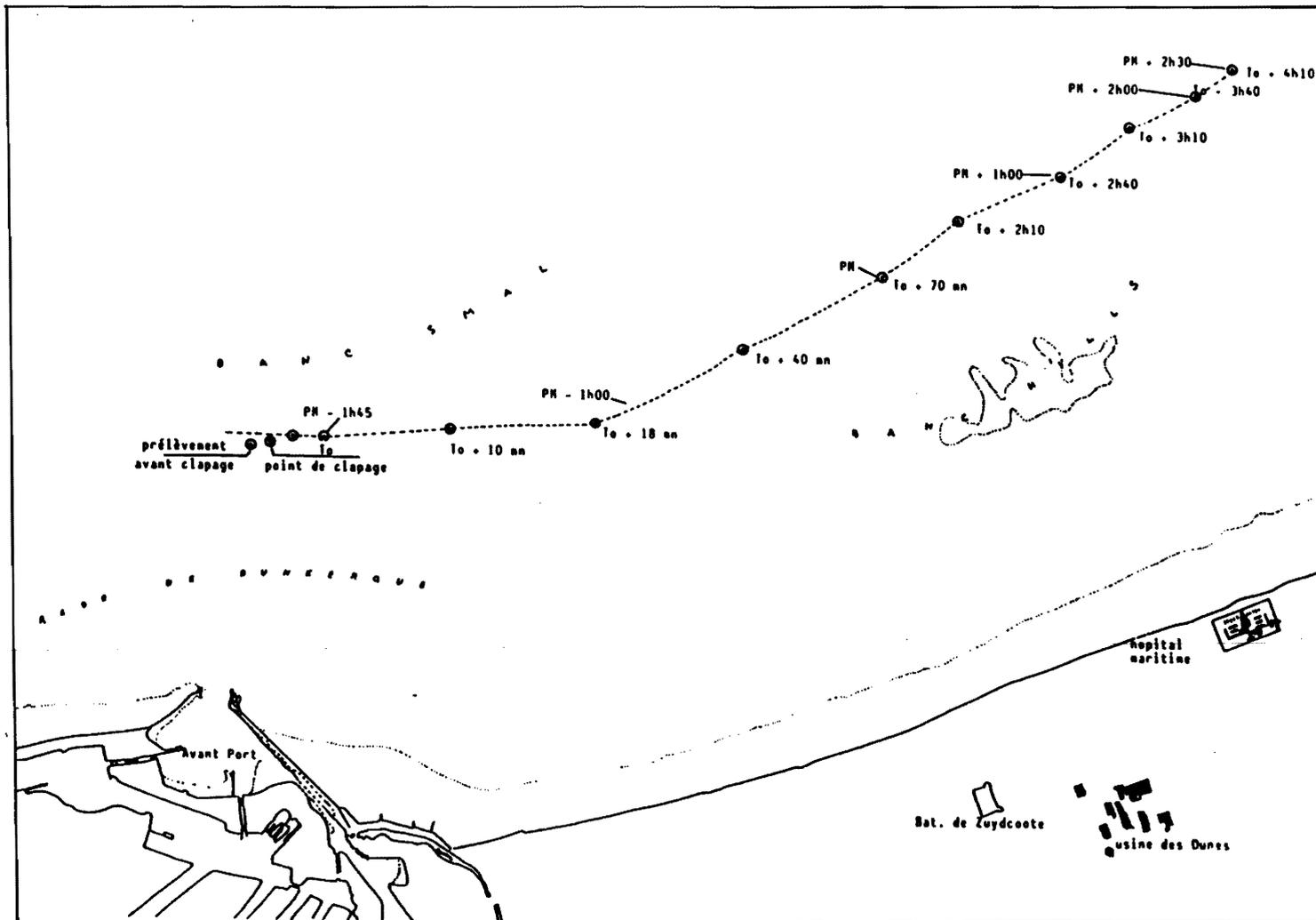
ETUDE DE LA DISPERSION D'UN REJET  
DE DRAGAGE

Une deuxième série d'observations a eu lieu sur le terrain le 28 Mai 1985. Il s'est agi du déversement au large de Dunkerque d'une barge de 400 m<sup>3</sup> de vase portuaire provenant du dragage d'approfondissement du bassin à marée du port de Dunkerque-Est.

Le produit de dragage était un sable vaseux avec un rapport streptocoques / E. coli = 2 comme dans beaucoup de sédiments marins, mais moyennement contaminé. Le surnageant aqueux, de salinité élevée, était moins contaminé encore (tab. 96). L'eau du site de clapage était en revanche extrêmement propre.

	Salinité ‰	Coliformes totaux /100ml; /100g	E. coli /100ml; /100g	Streptocoques fécaux /100ml; /100g
Surnageant	29.56	2.4 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>
		4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>2</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>
Vase	-	4.6 10 <sup>3</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
		2.4 10 <sup>4</sup>	4.6 10 <sup>3</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
		2.4 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>3</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>
		1.1 10 <sup>4</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	2.4 10 <sup>5</sup>
Eau du site	32.50	< 3	< 3	< 3

Tableau 96 - Déversement d'une barge de boues de dragage au large de Dunkerque : contamination dans la barge et sur le site.



Carte 97 - Déversement de boues de dragage  
du 28 Mai 1985 - Suivi de la  
nappe

Juste après clapage, la barge ayant quitté les lieux, la tache de pollution a été marquée par déversement ponctuel d'1 kg de rhodamine WT en solution alcoolique, et mise à l'eau de deux flotteurs à drogue.

Le clapage avait été programmé à PM-2 (renverse des courants) et le trajet suivi en 4h10. est porté sur la carte 97. Le coefficient de marée étant de 58, l'excursion a été de 7000 m environ, conformément aux données hydrographiques concernant la passe de Zuydcoote (fig. 99).

La dilution après marquage a pu être appréciée au delà de  $10^{-5}$  grâce à la rhodamine (fig. 98) et à ce stade ( $t_0 + 4h10$ ), les concentrations microbiennes étaient évidemment indécélables (tab. 100). En revanche au temps  $t_0$  du marquage à la rhodamine, soit environ 10 min. après clapage, et malgré la coloration noire des eaux et la présence de débris flottants et de graisses en surface, aucune contamination microbienne n'a pu être décelée (tab. 100). Un effet toxique de la rhodamine ou de la vase elle-même est exclu, et il faut imaginer que la "dilution" immédiate (y compris sédimentation) au clapage a dépassé 99,99 %.

Une telle réduction ( $10^{-4}$ ) ne semble pas impossible, car dans les 10 minutes suivantes intervient encore une dilution au 1/400.

Il apparaît ainsi que la dilution et la sédimentation sont telles qu'on ne peut étudier la mortalité bactérienne avec un sédiment aussi modérément contaminé, dans une zone à hydrodynamisme aussi intense.

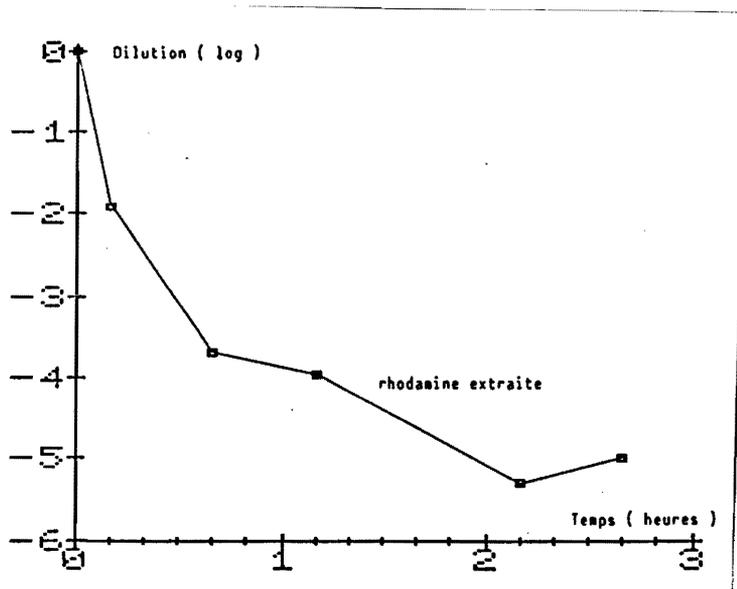


Figure 98 - Dilution de la rhodamine ajoutée à une boue de dragage après déversement en mer.

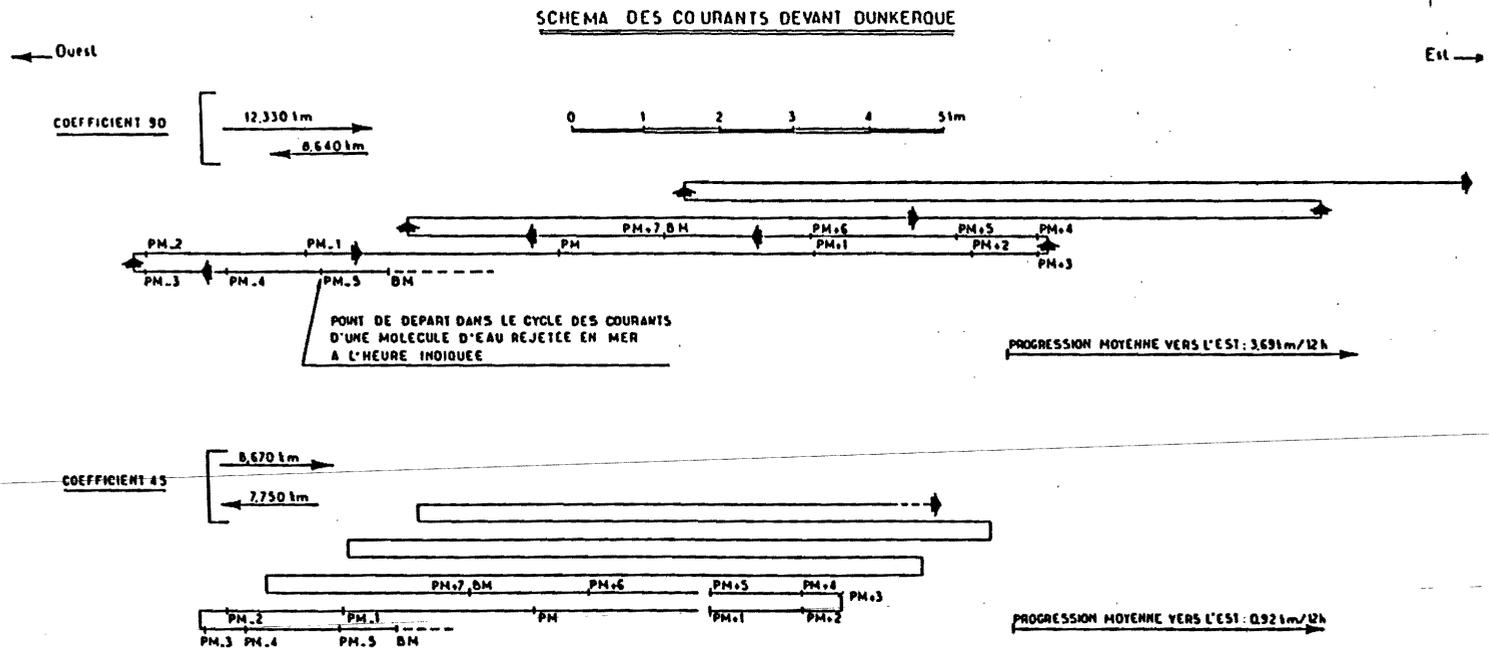


Figure 99

	Turbidité NTU	Salinité ‰	Rhodamine extraite µg/l	Coliformes totaux /100ml	E. coli /100ml	Streptocoques fécaux /100ml
To	100	32.55	600	< 3	< 3	< 3
10 mn	2.5	32.56	1.5	< 3	< 3	< 3
40 mn	2.5	32.55	0.120	< 3	< 3	< 3
70 mn	1.8	32.54	0.065	< 3	< 3	< 3
2 h 10	2.2	32.52	0.003	7	< 3	< 3
2 h 40	1.9	32.52	0.006	< 3	< 3	< 3
3 h 10	-	32.51	0.011	7	< 3	< 3
3 h 40	-	32.50	0.006	< 3	< 3	< 3
4 h 10	-	32.46	0.010	< 3	< 3	< 3

Tableau 100 - Suivi de la dilution en mer d'une boue de dragage après "clapage".

CHAPITRE III-3

---

ETUDE D'UN CYCLE DE MAREE A POINT FIXE

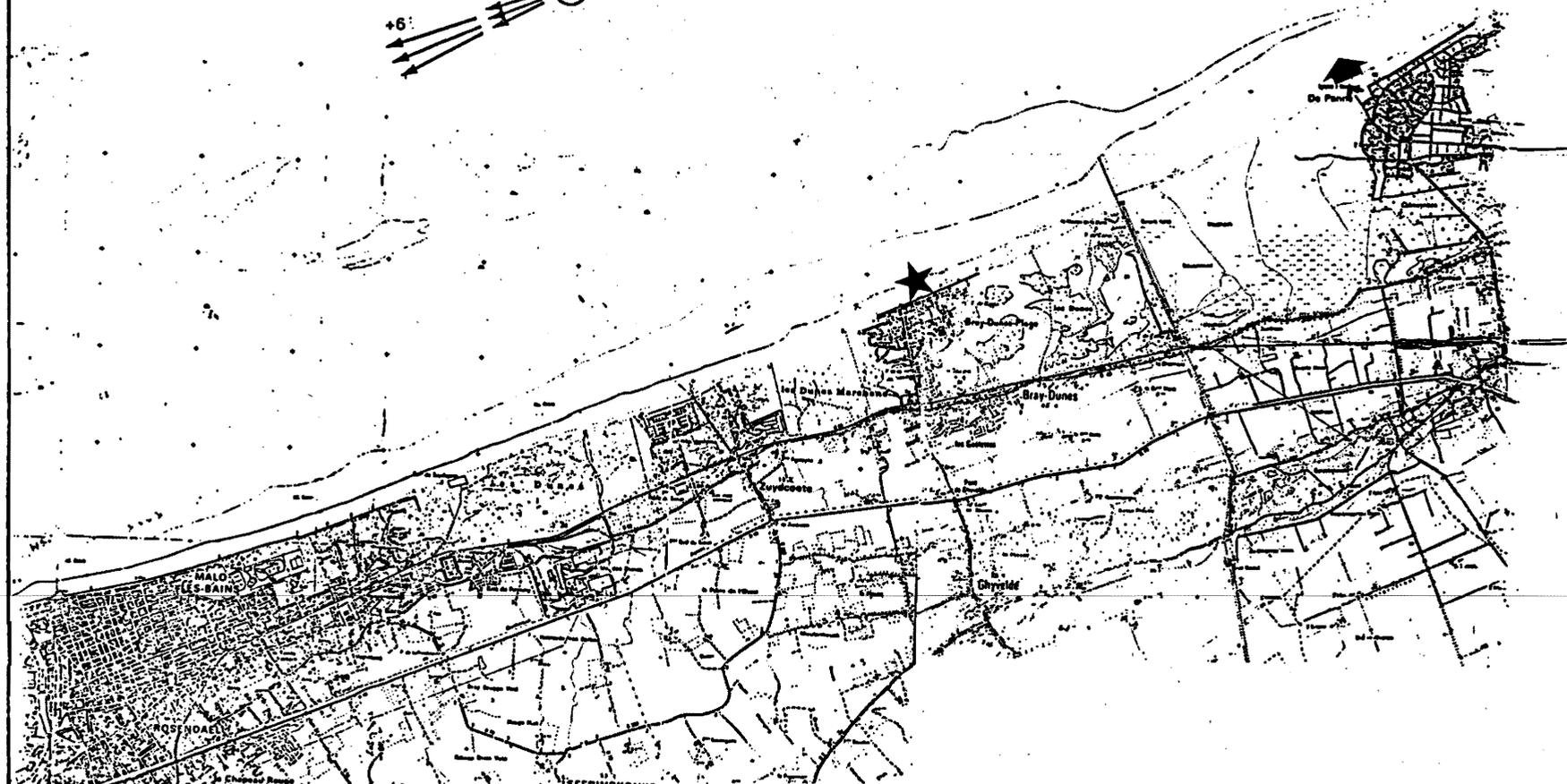
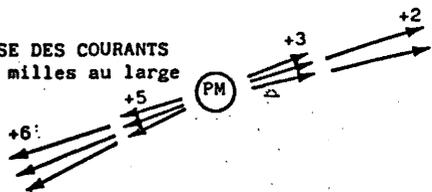
(BRAY-DUNES)

LE 14 MAI 1984



MER DU NORD

ROSE DES COURANTS  
à 4 milles au large



DUNKERQUE

2 Km

### CHAPITRE III-3

#### ETUDE D'UN CYCLE DE MAREE A POINT FIXE

(BRAY-DUNES)

14 Mai 1984

Bray-Dunes constitue une zone isolée de pollution importante (niveau moyen  $>10^2$  E. coli/100 ml) et cependant éloignée de toute source de pollution massive. (Dunkerque 20 km et La Panne 4 km)

Les germes dénombrés au niveau de Bray-Dunes ont donc, quelle que soit leur origine, survécu à un séjour de plusieurs heures en mer.

Si l'on réussit à déterminer l'origine ainsi que le transport de ces germes on pourra avoir une idée d'un temps de survie, par défaut, en milieu naturel.

#### MATERIEL ET METHODE

Nous avons effectué un prélèvement toutes les deux heures pendant 48 h au niveau de la plage de Bray-Dunes. Les paramètres étudiés sont E. coli, Streptocoques fécaux et germes totaux en épifluorescence, germes INT+, salinité, MeS et COT.

La réduction de l'INT en cristaux de formazan intracellulaires permet d'approcher la fraction de la flore totale capable d'une activité respiratoire.

#### RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats bruts sont repris dans le tab. 119 et présentés dans les figures 101 à 118.

Les données brutes ont été soumises à deux transformations :

- 1) Génération de données à intervalles réguliers de une heure par interpolation. *↑ L'interpolation n'est pas une correction ↓*
- 2) Calcul d'autocorrélation sur cette série de données.

L'autocorrélation fait ressortir une oscillation cyclique pour différents paramètres.

- un cycle de 24 h pour la salinité, *Il est dangereux de parler de période de 24 h sur une série de 48 h*
- un cycle de 12 h pour E. coli,
- un cycle de 6 h moins significatif pour les germes totaux en épifluorescence.

La période d'oscillation de 6 h des germes totaux coïncide avec la périodicité de courants de marée. Les pointes en germes totaux semblent résulter d'une remise en suspension de sédiment aux moments où les courants sont les plus forts.

En ce qui concerne la pollution bactérienne d'origine fécale, il apparaît que la période d'oscillation est de 12 h (cycle de marée) avec l'amplitude maximale autour de la pleine mer en coïncidence avec un maximum de salinité.

Ceci conduit à penser que nous n'avons pas un rejet continu mais plutôt un rejet par bouffées émises à intervalles réguliers de 12 h la pollution de ce rejet étant rabattue du large vers la plage de Bray-Dunes à marée montante.

L'hypothèse d'une pollution venant de Dunkerque doit être rejetée pour plusieurs raisons :

- 1) Le Port de Dunkerque se comporte comme un rejet en continu de PM à BM, et ne correspond pas exactement à une pollution du type "bouffée".

- 2) La teneur moyenne en E. coli à la sortie du port est de  $5 \times 10^2$  et ne peut donc produire des pics de pollution de  $10^4$  E. coli/100 ml à Bray-Dunes.
- 3) Les plages au fur et à mesure que l'on s'éloigne de Dunkerque voient leur qualité bactériologique moyenne s'améliorer, l'influence du Port de Dunkerque ne se faisant sentir que jusqu'à Malo terminus.
- 4) La plus grosse partie de la vidange se faisant en direction de l'Ouest ne peut se retrouver à PM au niveau de Bray-Dunes.

Il ne reste donc que l'hypothèse d'une pollution issue de la Belgique au niveau de l'égout de La Panne. Cet égout se déverse sur la plage vers BM (+ 1 ou 2 selon le coefficient) et forme une masse d'eau importante (5000 m<sup>3</sup>) et très contaminée ( $2,4 \times 10^6$  E. coli/100 ml).

Cette masse d'eau reprise à marée montante, se déplacerait en direction de l'Ouest et pourrait atteindre Bray-Dunes vers PM (entre la renverse de courant PM-2 et PM).

Si l'on retient ce type de déplacement, le séjour moyen en eau de mer des germes dénombrés à Bray-Dunes est de 5 heures.

On pourrait aussi imaginer qu'un panache d'eaux usées s'étire d'abord, à partir de PM+3, vers l'Est, puis se dirige vers l'Ouest et soit enfin rabattu sur la plage de Bray-Dunes par le flot suivant. Il faut admettre alors que la masse d'eau passe devant Bray-Dunes vers BM assez au large pour ne pas être détectée au bord, et le temps de transit moyen serait alors de 10h.

La survie en 5 ou 10 h en eau de mer doit en tous cas être très importante, pour donner lieu à des pics manifestes à Bray-Dunes malgré la dilution.

\*

\*

\*

GERMES TOTAUX EN EPIFLUORESCENCE

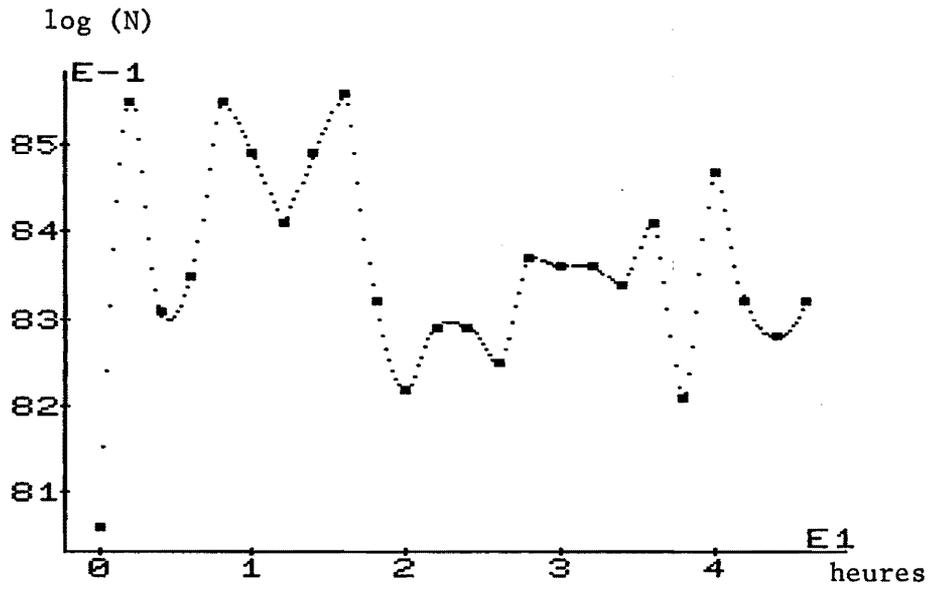


Figure 101 - Interpolation sur les valeurs brutes.

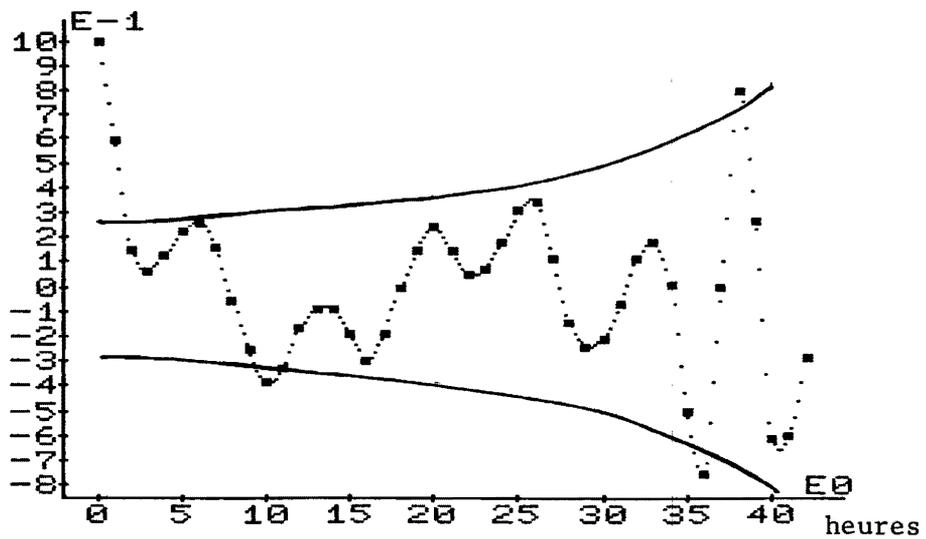


Figure 102 - Autocorrélation et intervalle de confiance, pour une probabilité de 0,05.

POURCENTAGE DE GERMES INT<sup>+</sup>

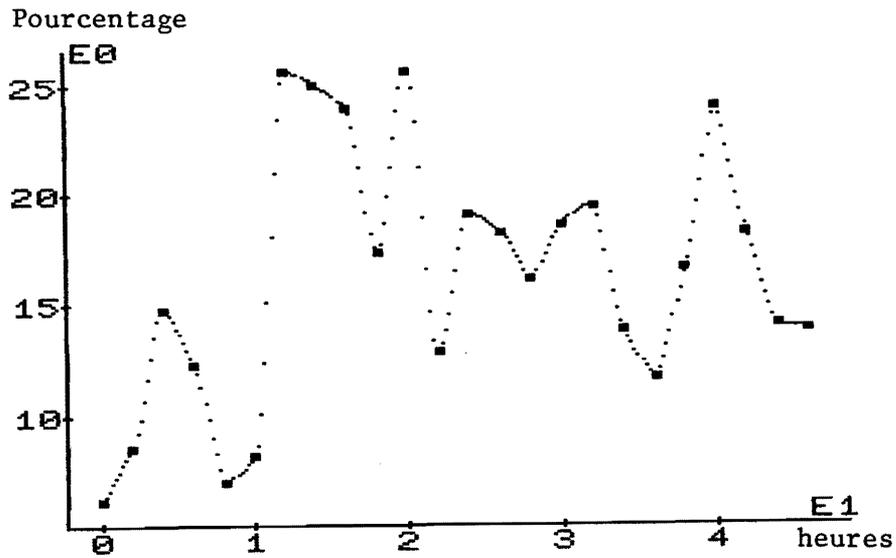


Figure 103 - Interpolation sur les valeurs brutes.

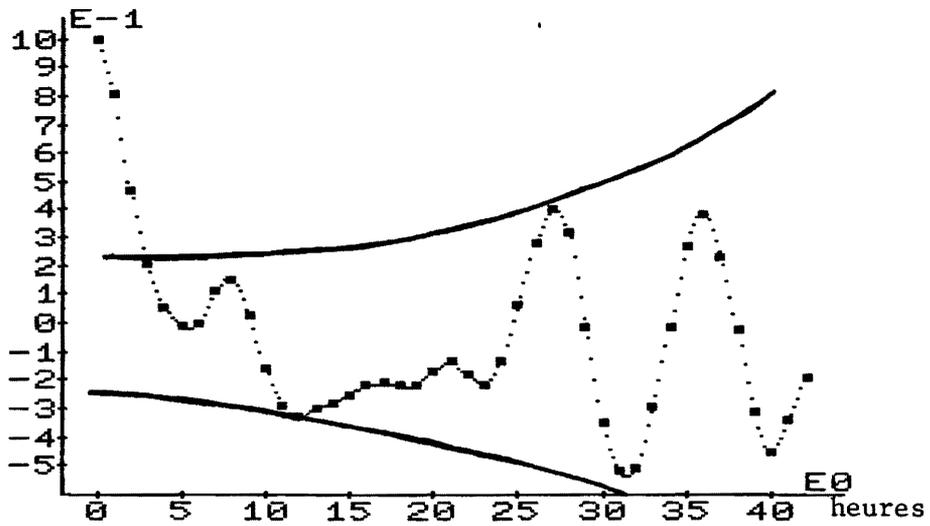


Figure 104 - Autocorrélation et intervalle de confiance, pour une probabilité de 0,05.

COLIFORMES PRESUMES (MILIEU LACTOSE)

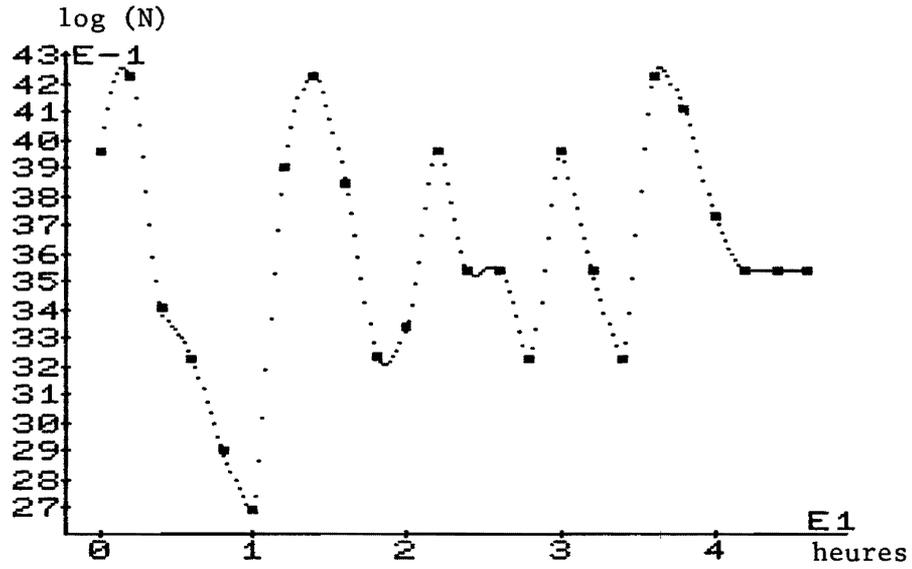


Figure 105 - Interpolation sur les valeurs brutes.

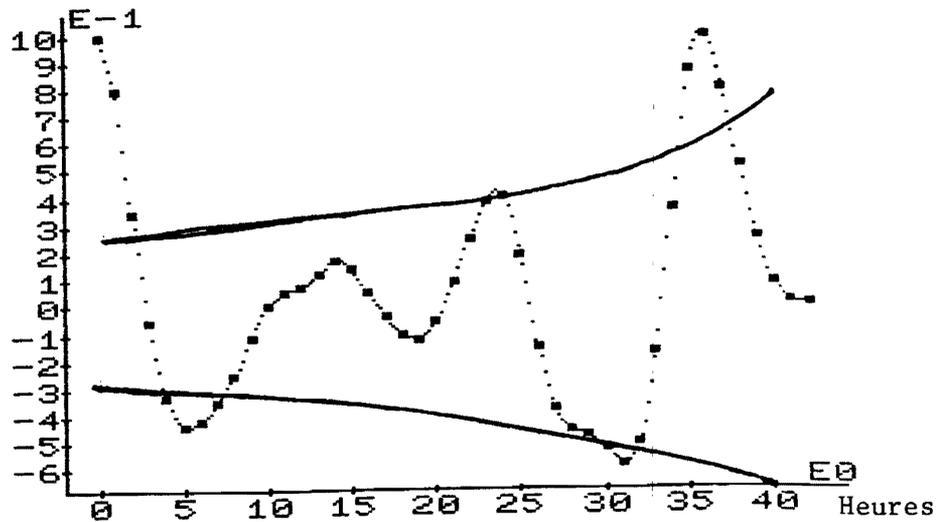


Figure 106 - Autocorrélation et intervalle de confiance, pour une probabilité de 0,05.

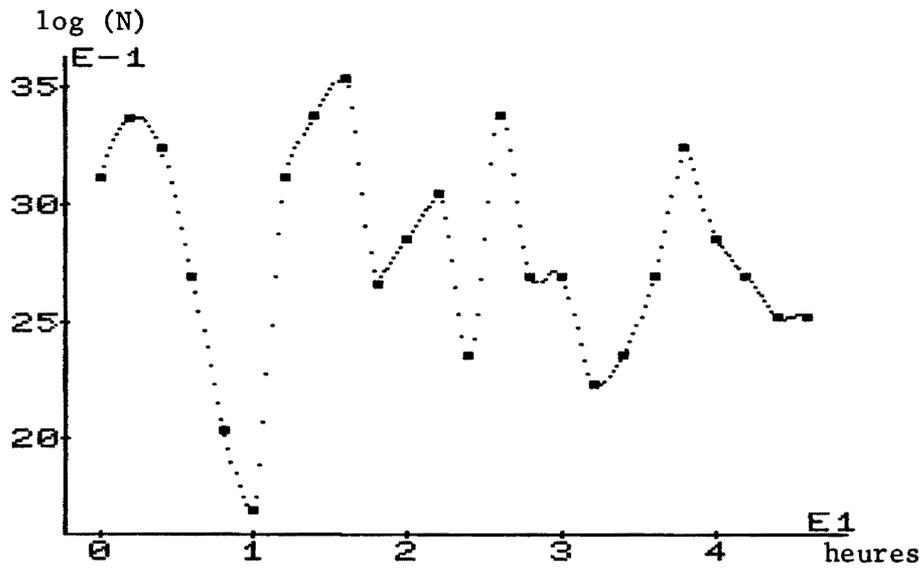


Figure 107 - Interpolation sur les valeurs brutes.

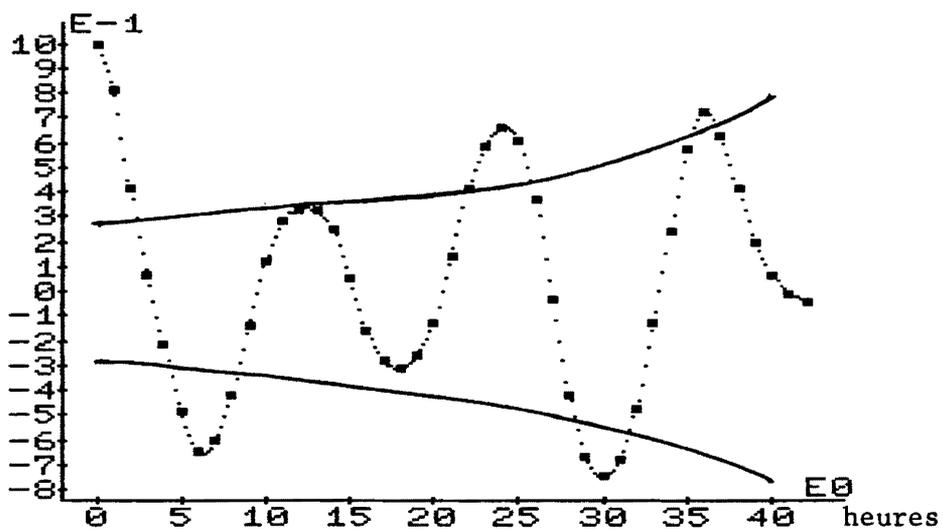


Figure 108 - Autocorrélation et intervalle de confiance, pour une probabilité de 0,05.

E. COLI (MILIEU A1)

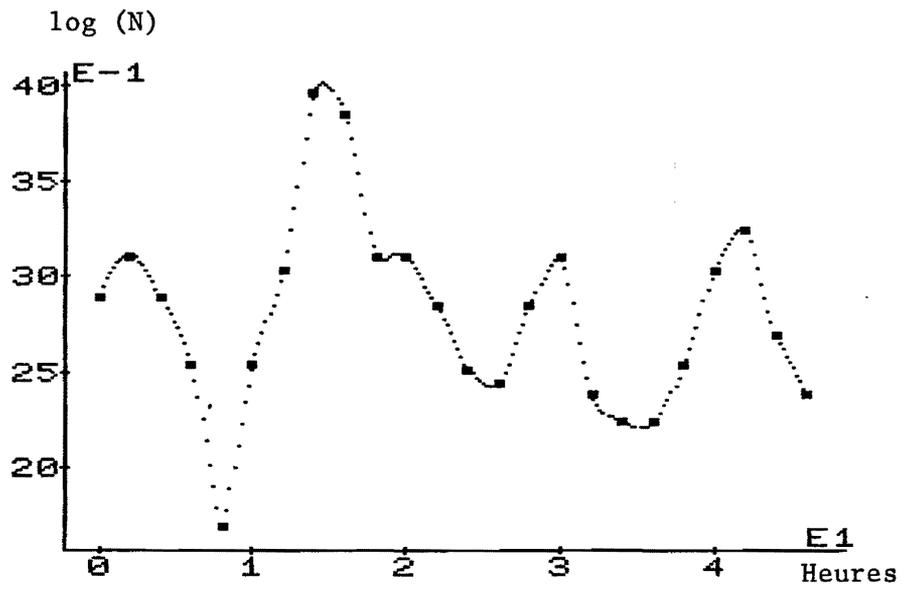


Figure 109 - Interpolation sur les valeurs brutes.

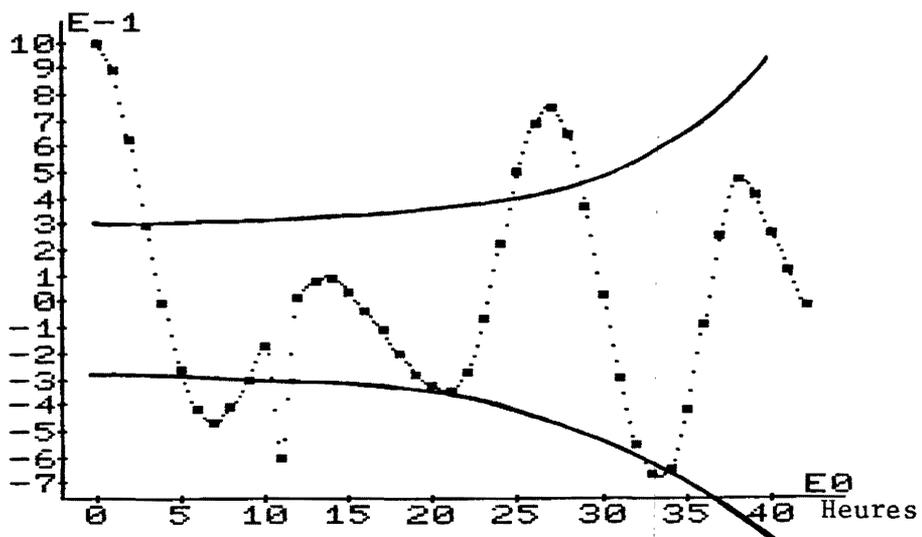


Figure 110 - Autocorrélation et intervalle de confiance, pour une probabilité de 0,05.

STREPTOCOQUES FECAUX

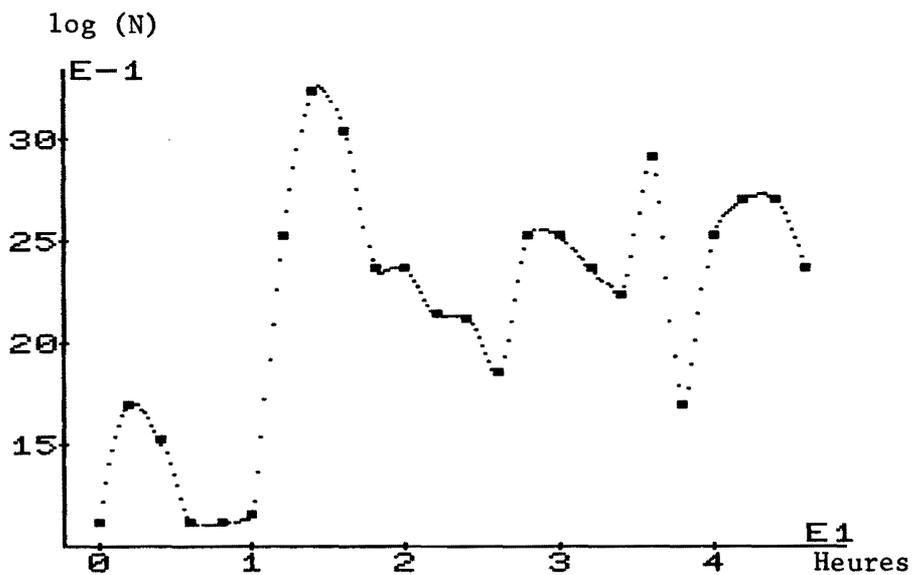


Figure 111 - Interpolation sur les valeurs brutes.

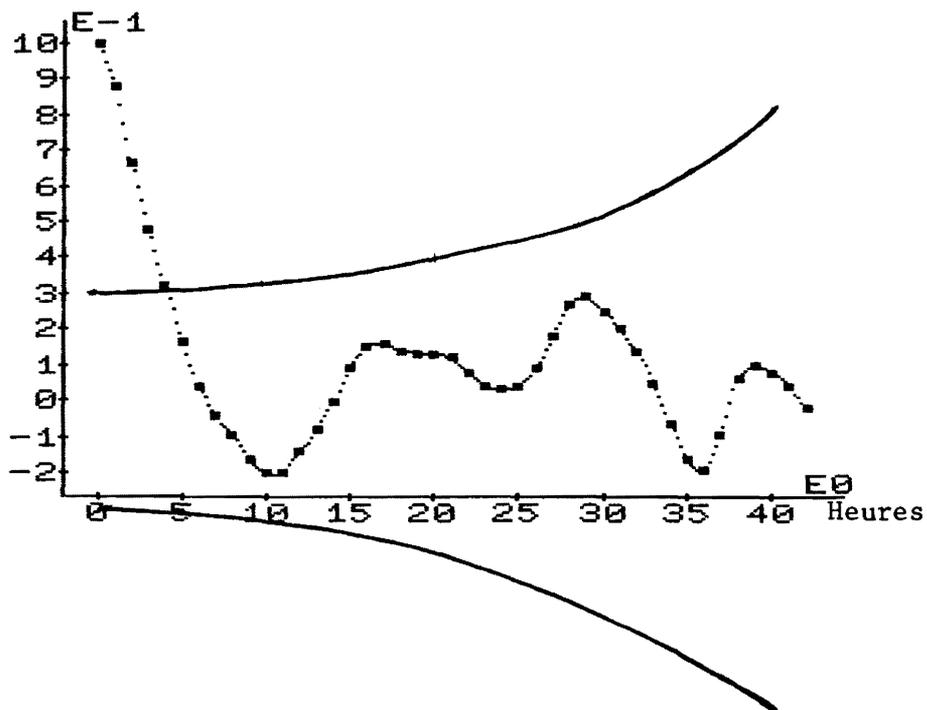


Figure 112 - Autocorrélation et intervalle de confiance, pour une probabilité de 0,05.

SALINITE ‰

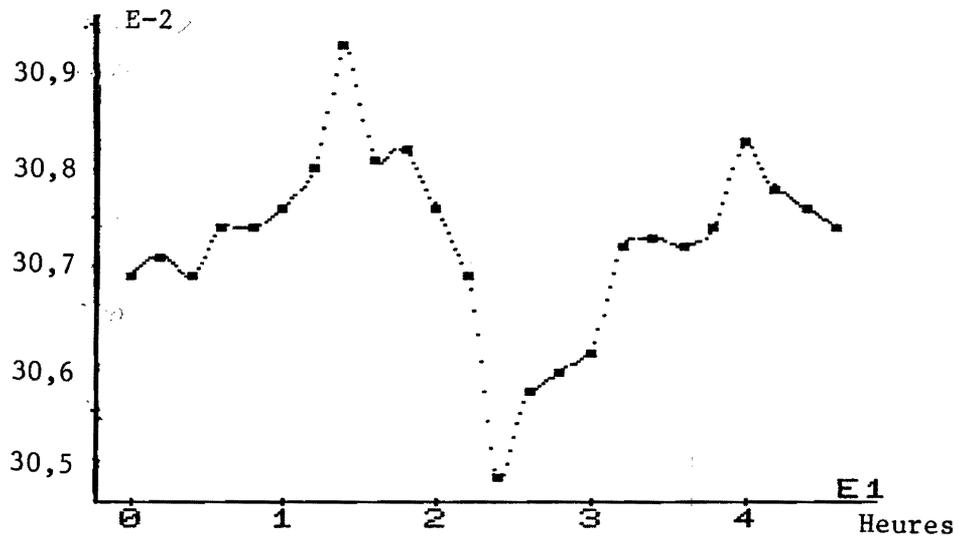


Figure 113 - Interpolation sur les valeurs brutes.

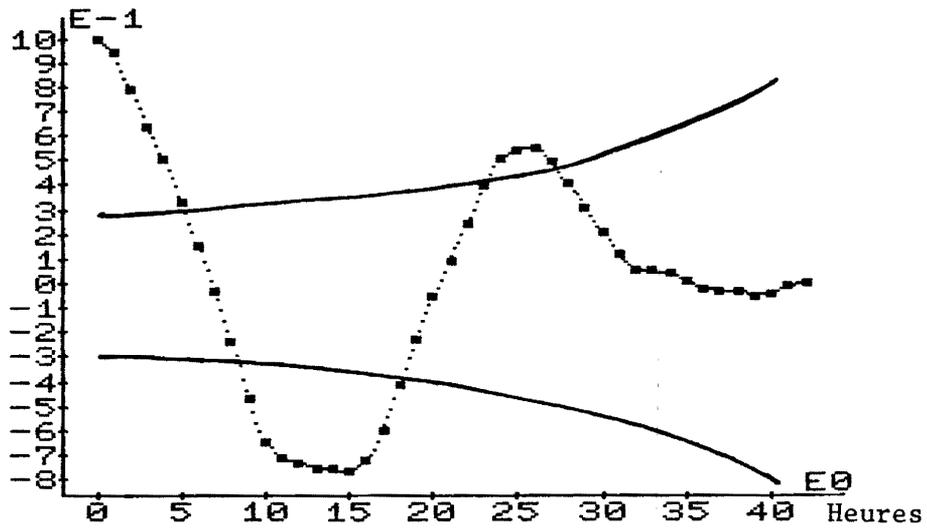


Figure 114 - Autocorrélation et intervalle de confiance, pour une probabilité de 0,05.

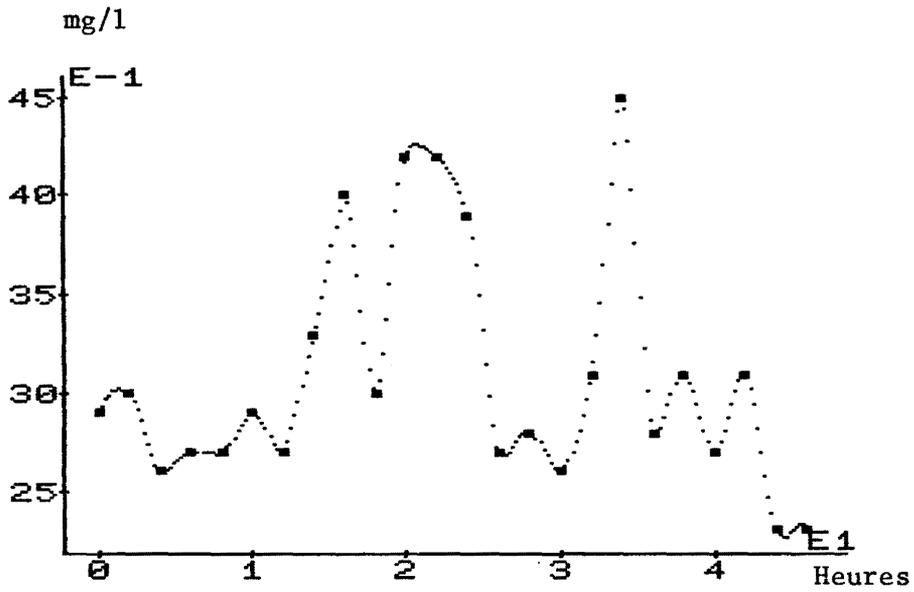


Figure 115 - Interpolation sur les valeurs brutes.

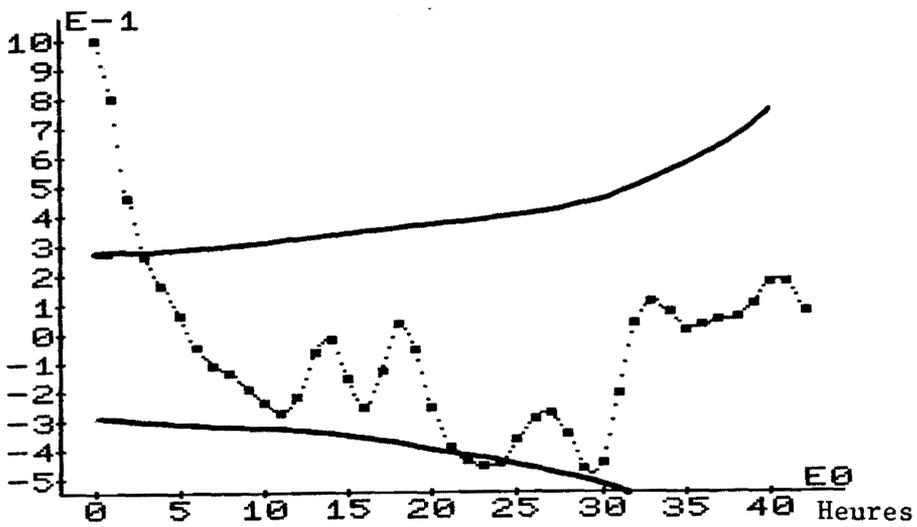


Figure 116 - Autocorrélation et intervalle de confiance, pour une probabilité de 0,05.

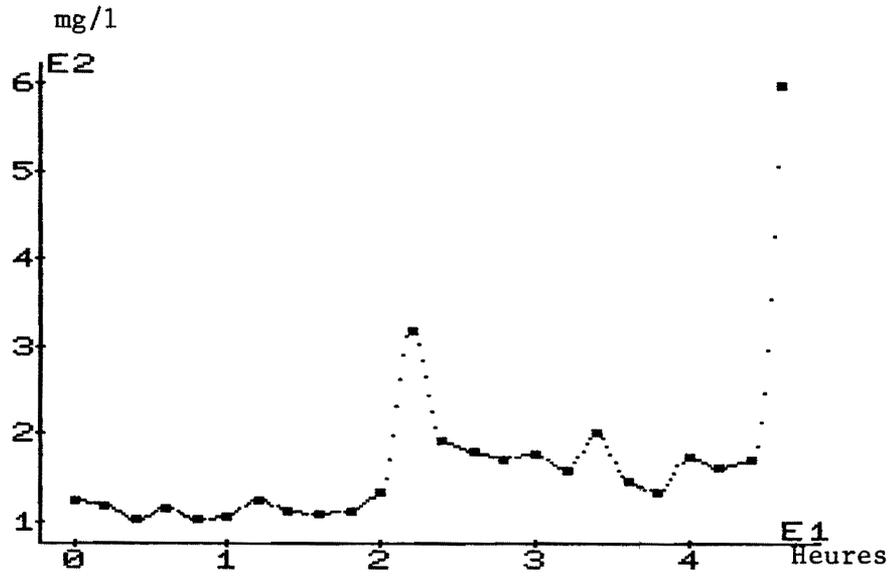


Figure 117 - Interpolation sur les valeurs brutes.

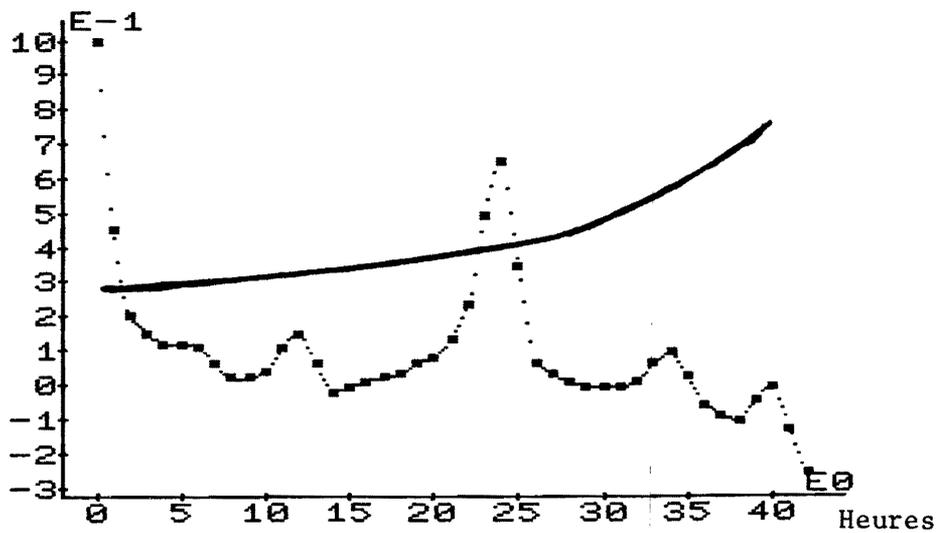


Figure 118 - Autocorrélation et intervalle de confiance, pour une probabilité de 0,05.

Heure	Germes totaux	% INT	LACTOSE	SCHUBERT	AI	Streptocoques fécaux	SALINITE	C.O.T.	M.E.S.
0	8,06	6	3,96	3,11	2,90	1,11	30,69	2,9	125
2	8,55	8,5	4,23	3,36	3,11	1,69	30,71	3,0	120
4	8,31	14,8	3,41	3,24	2,90	1,52	30,69	2,6	102
6	8,35	12,3	3,23	2,69	2,54	1,11	30,74	2,7	116
8	8,55	6,9	2,90	2,54	1,69	1,10	30,74	2,7	102
10	8,49	8,1	2,69	1,69	2,54	1,15	30,76	2,9	107
12	8,41	25,7	3,90	3,11	3,04	2,52	30,80	2,7	126
14	8,49	25,1	3,80	3,38	3,97	3,24	30,93	3,3	112
16	8,56	24,0	3,85	3,54	3,85	3,04	30,81	4,0	110
18	8,32	17,4	3,34	2,66	3,11	2,36	30,82	3,0	113
20	8,22	25,7	3,34	2,85	3,11	2,36	30,76	4,2	133
22	8,29	12,9	3,96	3,04	2,85	2,14	30,69	4,2	319
24	8,29	19,1	3,54	2,36	2,52	2,11	30,48	3,9	192
26	8,25	18,2	3,54	3,38	2,44	1,85	30,57	2,7	179
28	8,37	16,2	3,23	2,69	2,85	2,52	30,59	2,8	172
30	8,36	18,6	3,96	2,69	3,11	2,52	30,61	2,6	178
32	8,36	19,5	3,54	2,23	2,38	2,36	30,72	3,1	158
34	8,34	13,8	3,23	2,36	2,24	2,23	30,73	4,5	201
36	8,41	11,7	4,23	2,69	2,24	2,90	30,72	2,8	145
38	8,21	16,6	4,11	3,24	2,54	1,69	30,74	3,1	134
40	8,47	24,0	3,73	2,85	3,04	2,52	30,88	2,7	174
42	8,32	18,2	3,54	2,69	3,24	2,69	30,78	3,1	161
44	8,28	14,1	3,54	2,52	2,69	2,69	30,76	2,3	170
46	8,32	13,8	3,54	2,52	2,38	2,36	30,74	2,3	598

TABLEAU 119 - Suivi d'un cycle de marée à Bray-Dunes

## CONCLUSION

## CONCLUSION

---

Ce travail avait pour but d'étudier le devenir de germes entériques en Mer du Nord. En effet la pollution du littoral Nord de la France est au premier chef MICROBIENNE. Les études de l'Institut Pasteur, les surveillances des DDASS et d'IFREMER en témoignent<sup>39</sup>; les limitations imposées dans les années passées aux usages du littoral (fermeture de plages, à Malo, St Valéry, le Crotoy, Boulogne ; classement "insalubre" de zones conchylicoles) en sont la conséquence.

Or, pour la compréhension des phénomènes observés (gradients côte large très abrupts, variations temporelles importantes, ...) et d'autre part pour d'éventuelles interventions sur les sources de pollution (ex. : calcul d'émissaires ou études de traitabilité) il était nécessaire de connaître le devenir des germes en mer. De nombreuses études ont déjà eu lieu sur le sujet et ont été répertoriées par Plusquellec<sup>94</sup> et Martin et al<sup>77</sup>.

Certaines ont concerné les cinétiques de mortalité (T90), mais elles n'avaient jamais été faites dans les conditions locales de température, de turbidité, d'ensoleillement, de faible profondeur, de nature de sédiment et d'hydrodynamisme, ni avec les méthodes normalisées qui sont employées dans la région pour le contrôle sanitaire des plages. Il s'agissait aussi d'apprécier les principales variations cinétiques qu'induisent les changements saisonniers (conditions climatiques) et la nature même des rejets (quantité et type de matières en suspension).

Les études menées ici in vitro ont permis d'explorer cette variété (de saisons, de températures, de concentration et nature de particules, de dilution de l'inoculum).

Des conditions aussi proches que possible des conditions naturelles locales ont cependant été recherchées : eau de mer littorale fraîche, inoculum d'eau usée fraîche, bacs et récipients adaptés (matériau, rapport surface / volume), pour étudier la mortalité bactérienne, sans interférence de la sédimentation.

Il en ressort les points principaux suivants :

- 1) Dans les 3/4 des cas, la cinétique de mortalité des coliformes, E. coli et streptocoques D est du type exponentiel (ce qui permet le calcul d'un T90).
- 2) Cependant il existe parfois une phase stationnaire avant la phase de décroissance. Un modèle gaussien (annexe I) peut être alors appliqué, qui permet le calcul d'une espérance de vie  $E_0$ .
- 3) On peut même considérer que le modèle exponentiel est un cas particulier du modèle gaussien, sans phase stationnaire, et qui correspond sans doute à un état physiologique plus "avancé" de l'inoculum (épuisement des réserves métaboliques, ou saturation de sites sensibles, ...). Cette formulation pourrait permettre des prédictions de survie plus rigoureuses en fonction du temps et de la dilution, qu'avec le T90.
- 4) Les espérances de vie observées sont assez variées, mais toujours longues :  $E_0 = 48$  h en moyenne (de 13 h à  $>168$  h), ce qui correspondrait - en modèle exponentiel - à des T90 de 100 h (30 h à  $>386$  h).
- 5) L'espérance de vie des streptocoques D est significativement plus longue (de 50 % en moyenne) que celle des entérobactéries étudiées (coliformes, E. coli, Salmonella).
- 6) La survie de toutes ces bactéries est prolongée si l'eau est enrichie en particules, qu'elles soient nutritives (flocs de boues activées) ou non (argile). C'est pour les streptocoques que cet effet est le plus net.

- 7) L'influence la plus manifeste est celle de la température. L'effet "saison" semble d'ailleurs dominé par l'effet "température", dans les essais réalisés. L'espérance de vie double pour une baisse de 10° C.

Ces résultats sont conformes dans l'ensemble à la plupart des études antérieures<sup>in 94 et 77</sup>. Les espérances de vie observées ici sont cependant parmi les plus longues qui aient été rapportées. On peut à ce sujet faire les remarques suivantes :

- 1) Les essais ont tous été effectués en lumière atténuée (en intérieur et non sous le rayonnement solaire direct). Or divers auteurs ont observé une influence significative de la lumière sur la mortalité<sup>20,6,47</sup>. Cependant les observations les plus nettes ont été obtenues en zones tropicale ou subtropicale, à des illuminations jamais ou rarement atteintes dans les eaux littorales turbides de la Mer du Nord. Ce facteur lumière est par ailleurs difficile à distinguer du facteur température, in vitro en particulier<sup>100</sup>.
- 2) En revanche la filtration préalable à 2,7 µm des eaux usées utilisées comme inoculum permet de considérer les espérances de vie observées comme celles de cellules isolées. Celles de groupes de n germes auraient été plus longues encore :

$$N = N_0 \left[ 1 - (1 - e^{-t/T90})^n \right] \text{ (en cas de modèle exponentiel).}$$

- 3) Une autre explication à la longueur des espérances de vie observées ici tient sans doute aux méthodes utilisées. En particulier les milieux de culture retenus (solides et liquides) étaient les moins inhibiteurs possibles. L'utilisation de milieux plus sélectifs (gélose d'Endo ou EMB) surtout combinée à des températures d'incubation élevées (44,5° C) conduit en effet à négliger une fraction parfois importante, voire majoritaire, de cellules choquées par irradiation solaire, chloration, etc...<sup>71</sup>

En tout état de cause, les espérances de vie très longues observées ici en bacs d'eau de mer non renouvelée ont été confirmées en milieux semi-ouverts, représentés par des chambres à membranes. Quelques expériences ont également été réalisées sur pilote en circuit ouvert, avec dilution progressive : bien que limitées à une seule saison - froide - celles-ci n'ont pas démenti les précédentes.

Ainsi les résultats obtenus in vitro par des systèmes expérimentaux diversifiés sont concordants, et les espérances de vie observées en région Nord apparaissent beaucoup plus longues que celles prises en compte en France pour le calcul d'émissaires<sup>70,33</sup>.

Parmi les explications possibles à ce fait on a déjà mentionné les méthodes de dénombrement et l'irradiation solaire. Il faut ajouter que la bande littorale de la Mer du Nord est sujette à des courants de marée alternatifs intenses qui empêchent la sédimentation et maintiennent une abondance de particules en suspension dans l'eau. Or les résultats de la présente étude montrent bien que l'adsorption des cellules de bactéries entériques sur des particules, même non nutritives, prolonge notablement leur survie.

En corollaire à cet état de fait, on peut noter :

- 1) La possibilité de transport, sans mortalité, de la pollution microbienne sur plusieurs marées, selon des parcours et avec une dilution actuellement impossibles à prévoir, faute de connaissances détaillées des courants et de l'hydrodynamique dans la zone de déferlement des vagues.
- 2) La confirmation du peu d'influence du sable local sur le devenir de la pollution microbienne dans l'eau.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ANSON A.E. ET AL. -1975-  
''LABORATORY STUDIES ON THE EFFECT OF THE CONTAINER ON THE MORTALITY OF E. COLI IN SEA WATER.''  
WAT. RES.,9:895-899
2. APPLETON H. AND PEREIRA MS. -1977-  
''A POSSIBLE VIRUS AETIOLOGY IN OUTBREAKS OF FOOD-POISONING FROM COCKLES.''  
LANCET,1:780-781
3. ARFI R. ET AL. -1979-  
''ETUDE DE L'EVOLUTION DES POPULATIONS BACTERIENNES D'ORIGINE TELLURIQUE ENTERIQUE ET MARINE DANS DES SYSTEMES PLANCTONIQUES SOUMIS A UNE POLLUTION URBAINE-TRAITEMENT MATHEMATIQUE DES DONNEES.''  
CAN. J. MICROBIOL.,25(9):1073-1081
4. BARKER W.H. -1974-  
''VIBRIO PARAHAEMOLYTICUS GASTROENTERITIS OUTBREAK IN COVINGTON LA IN AUGUST 1972.''  
AM. J. EPIDEMIOLOG.,100(4):316
5. BATTEY Y.M. ET AL. -1970-  
''GASTROENTERITIS IN AUSTRALIA CAUSED BY MARINE VIBRIO.''  
MED. J. AUSTRAL.,FEB:430
6. BELLAIR J.T. ET AL. -1977-  
''SIGNIFICANCE OF DIURNAL VARIATIONS IN FECAL COLIFORM DIE-OFF RATES IN THE DESIGN OF OCEAN OUTFALLS.''  
J.W.P.C.F.,49:2022-2030
7. BIAMON E.J. AND HAZEN T.C. -1983-  
''SURVIVAL AND DISTRIBUTION OF AEROMONAS HYDROPHILA IN NEAR-SHORE COASTAL WATERS OF PUERTO RICO RECEIVING RUM DISTILLERY EFFLUENT.''  
WAT. RES.,17(3):319-326
8. BIANCHI A. ET MIRCEA V. -1976-  
''LA DISPARITION D'E. COLI EN EAU DE MER. EXPERIMENTATIONS EN ENCEINTES DIALYSANTES.''  
RAPP. COMM. INT. MER MEDIT.,23(6):95-96
9. BISSONNETTE G.K. ET AL. -1975-  
''INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL STRESS ON ENUMERATION OF INDICATOR BACTERIA FROM NATURAL WATERS.''  
APPL. MICROBIOL.,29:186-194
10. BONDE G.J. -1968-  
''STUDIES ON THE DISPERSION AND DISAPPEARANCE PHENOMENA OF ENTERIC BACTERIA IN THE MARINE ENVIRONMENT.''  
REV. INTER. OCEANOGR. MED.,TOME IX:17-44
11. BORREGO J.J. ET AL. -1983-  
''STUDY OF MICROBIAL INACTIVATION IN THE MARINE ENVIRONMENT.''  
J.W.P.C.F.,55 (3):297-302
12. BUTTIAUX R. -1962-  
''SALMONELLA PROBLEMS IN THE SEA.''  
IN FISH AS FOOD.,2(ED. BERGSTRON):503-519

13. CABELLI V.J. ET AL. -1974-  
"THE DEVELOPMENT OF CRITERIA FOR RECREATIONAL WATERS."  
IN INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DISCHARGE OF SEWAGE FROM SEA OUTFALL, GAMESON H. ED. (PERGAMON PRESS):63-73
14. CABELLI V. ET AL. -1975-  
"RELATIONSHIPS OF MICROBIAL INDICATORS TO HEALTH EFFECTS IN MARINE BATHING BEACHES."  
EPA, :
15. CABELLI V.J. -1978-  
"SWIMMING ASSOCIATED DISEASE OUTBREAKS."  
J.W.P.C.F., (2):1374-1377
16. CABELLI V.J. -1980-  
"HEALTH EFFECTS CRITERIA FOR MARINE RECREATIONAL WATERS."  
RAPPORT EPA- 600/1-80-031, :132 P.
17. CARLUCCI A.F. ET AL. -1960-  
"AN EVOLUTION OF FACTORS AFFECTING THE SURVIVAL OF E. COLI IN SEA WATER. I. EXPERIMENTAL PROCEDURES. II. SALINITY PH AND NUTRIENTS. III. ANTIBIOTICS. IV. BACTERIOPHAGES."  
J. APPL. MICROBIOL., 8:243-256
18. C.E.A. -1978-  
"STATISTIQUE APPLIQUEE A L'EXPLOITATION DES MESURES."  
EDIT. MASSON, TOME 2:412 P
19. CENTER FOR DISEASE CONTROL -1976-  
"FOODBORNE AND WATERBORNE DISEASE OUTBREAKS."  
AN.RPT. ATLANTA VA,
20. CHAMBERLIN CE. AND MITCHELL R. -1978-  
"A DECAY MODEL FOR ENTERIC BACTERIA IN NATURAL WATERS."  
IN WATER POLLUTION MICROBIOLOGY, 2(ED. MITCHELL R.):325-348
21. CHAN K.Y. -1978-  
"RESPONSES OF MARINE BACTERIA TO NUTRIENT ADDITION AND SECONDARY HEAT STRESS IN RELATION TO STARVATION."  
MICROBIOS LETTERS, 6:137-144
22. CHAN K.Y. ET AL. -1979-  
"EFFECTS OF BOTTOM SEDIMENTS ON THE SURVIVAL OF ENTEROBACTER AEROGENES IN SEAWATER."  
MAR. POLL. BULL., 10:205-210
23. CHOJNOWSKI K.J. ET AL. -1979-  
"INFLUENCE OF LIGHT ON COLIFORM MORTALITY RATES IN FRESH WATER AND SEA WATER."  
J.W.P.C.F., 51:2538-2539
24. CLARK J.A. -1980-  
"THE INFLUENCE OF INCREASING NUMBERS OF NONINDICATOR ORGANISMS UPON THE DETECTION OF INDICATOR ORGANISMS BY THE MEMBRANE FILTER AND PRESENCE- ABSENCE TESTS."  
CAN. J. MICROBIOL., 26:827-832

25. CNEXO -1983-  
''MANUEL DES ANALYSES CHIMIQUES EN MILIEU MARIN.'' :395P
26. COLWELL R.R.- KAPER J. -1977-  
''VIBRIO SPECIES AS BACTERIA INDICATORS OF POTENTIAL HEALTH HAZARDS ASSOCIATED WITH WATER.'' IN. BACTERIAL INDICATORS... WATER. EDS. HOADLEY A.W.- DUTKA R.J.,:115-125
27. COLWELL R.R. -1978-  
''BACTERIA AND VIRUSES-INDICATORS OF ENVIRONMENTAL CHANGES OCCURING IN ESTUARIES.'' ENVIRON. INTERN.,1:223-231
28. DAWE L.L.- PENROSE W.R. -1978-  
'' BACTERICIDAL' PROPERTY OF SEAWATER DEATH OR DEBILITATIONS.'' APPL. ENVIRON. MICROBIOL.,35(5):829-833
29. DELATTRE JM.-DELESMONT R. -1981-  
''ETUDE EXPERIMENTALE DES EFFETS DES CHOCS THERMIQUES ET DE LA CHLORATION SUR LES BACTERIES DU MILIEU MARIN.'' IN II EME JOURNEES DE LA THERMOECOLOGIE.NANTES., (NOV. 1979):537-551
30. DELESMONT R.-L'HOPITAUT J.C. ET AL. -1983-  
''ESTUAIRES 82-RAPPORT-'' ETUDE INTEGREE CNEXO-REGION,:194 P
31. DELESMONT R. ET DELATTRE JM. -1984-  
''VIBRIONS HALOPHILES ET APPORTS THERMIQUES SUR LE LITTORAL FRANCAIS DE LA MER DU NORD.'' A PARAITRE IN . CONFER. INTER. DE MICROBIOL. MAR. BREST,:10 P.
32. DE LORENZO F. ET AL. -1974-  
''EPIDEMIC OF CHOLERA EL TOR IN NAPLES-1973.'' THE LANCET-APRIL,669:68-76
33. DE ROUVILLE M.- QUETIN B. -1983-  
''REJETS EN MER. DISPARITION DES BACTERIES.'' T.S.M. DE L'EAU,12:43-48
34. DOLMAN CE. -1974-  
''HUMAN BOTULISM IN CANADA (1919-1973).'' CAN. MED. ASSOC. J.,:110-191
35. DOUBLE M.L. ET AL. -1980-  
''ENUMERATION OF COLIFORMS FROM STREAMS CONTAINING ACID MINE WATER.'' J.W.P.C.F.,52(7):1947-1952
36. DUTKA B.J. -1973-  
''COLIFORMS ARE AN INADEQUATE INDEX OF WATER QUALITY.'' J. ENVIRON. HEALTH,36:39-46

37. DUTKA B.J.- KWAN K.K. -1980-  
"BACTERIAL DIE-OFF AND STREAM TRANSPORT STUDIES."  
WAT. RES.,14(7):909-915
  
38. ENZINGER R.M. ET AL. -1976-  
"ROLE OF BACTERIA AND PROTOZOA IN THE REMOVAL OF E. COLI FROM ESTUARINE WATERS."  
J. APPL. ENVIRON. MICROBIOL.,31:758-763
  
39. ETAT SANITAIRE DU LITTORAL NORD-PAS DE CALAIS. -1985-  
"BILAN 1984"  
:82P
  
40. EVOLCEANU R.-ALTERAS J.-COJACARU I. -1964-  
"DERMATOMYCOSES PROVOQUEES PAR LES DERMATOPHYTES D'ORIGINE TELLURIQUE."  
AM. DERM. SYPH.,91:127-136
  
41. FATTAL B. ET AL. -1983-  
"SURVIVAL OF BACTERIAL INDICATOR ORGANISMS AND ENTERIC VIRUSES IN THE MEDITERRANEAN COASTAL WATERS OFF TEL-AVIV."  
WAT. RES.,17(4):397-402
  
42. FAUST M.A. -1975-  
"EFFECT OF PHYSICAL PARAMETERS ON THE IN SITU SURVIVAL OF E. COLI MC-6 IN AN ESTUARINE ENVIRONMENT."  
J. APPL. MICROBIOL.,30:800-806
  
43. FRAIRE A.E. -1978-  
"AEROMONAS HYDROPHILA INFECTION."  
J. AM. MED. ASSOC.,239:192
  
44. FUJIOKA R.S. ET AL. -1981-  
"EFFECT OF SUNLIGHT ON SURVIVAL OF INDICATOR BACTERIA IN SEAWATER."  
J. APPL. ENVIRON. MICROBIOL.,41:690-696
  
45. GAMESON A.L.H. AND SAXON J.R. -1967-  
"FIELD STUDIES ON THE EFFECT OF DAYLIGHT ON MORTALITY OF COLIFORM BACTERIA."  
WAT. RES. (CITE DANS GAMESON 1975),1:279-295
  
46. GAMESON L.H. ET AL. -1973-  
"MORTALITY OF COLIFORM BACTERIA IN SEA WATER SAMPLES IN DAYLIGHT."  
ATTI 5 CONGRE INT. OCEANOGR. MED. MESSINA,:353-362
  
47. GAMESON A.L.H. AND GOULD D.J. -1974-  
"EFFECTS OF SOLAR RADIATION ON THE MORTALITY OF SOME TERRESTRIAL BACTERIA IN SEA WATER."  
IN INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DISCHARGE OF SEWAGE FROM SEA OUTFALL.,GAMESON H. ED. (PERGAMON PRESS):209-219
  
48. GELDREICH E.E. -1978-  
"BACTERIAL POPULATIONS AND INDICATOR CONCEPTS IN FECES SEWAGE STORMWATER AND SOLID WASTES."  
IN INDICATORS OF VIRUSES IN WATER AND FOOD,BERG G ED.:424P
  
49. GERBA C.P. AND MC LEOD J.S. -1976-  
"EFFECT OF SEDIMENTS ON THE SURVIVAL OF E. COLI IN MARINE WATERS."  
APPL. ENVIRON. MICROBIOL.,32(1):114-120

50. GERBA C.P. AND GOYAL S.H. -1978-  
"DETECTION AND OCCURENCE OF ENTERIC VIRUSES IN SHELLFISH-A REVIEW."  
J. OF FOOD PROTECTION, 41:743-754
51. GOYAL S.M.- GERBA C.P. AND MELNICK J.L. -1977-  
"OCCURENCE AND DISTRIBUTION OF BACTERIAL INDICATORS AND PATHOGENS IN CANAL COMMUNITIES ALONG THE TEXAS COAST."  
APPL. ENVIRON. MICROBIOL., 34(2):139-149
52. GRAHAM J.J. ET AL. -1973-  
"SURVIVAL OF SALMONELLA TYPHIMURIUM IN ARTIFICIAL AND COASTAL SEA WATER."  
RION, 29:5-29
53. GUNNERSON C.G. ET AL. -1959-  
"SEWAGE DISPOSAL IN SANTA MONICA BAY."  
AM. SOC. CIV. ENG., 124:823-851
54. GUNNERSON C.G. ET AL. -1972-  
"SEWAGE DISPOSAL IN THE TURKISH STRAITS."  
WAT. RES., 6:763-774
55. HACKNEY C.R. ET AL. -1978-  
"RECOVERY OF INDICATOR BACTERIA IN ACID MINE STREAMS."  
J. W.P.C.F.,:775-780
56. HANSON P.B. ET AL. -1977-  
"FRESHWATER WOND INFECTION DUE TO AEROMONAS HYDROPHILA."  
J. AM. MED. ASSOC., 238:1053-1054
57. HARREMOES P. -1970-  
"FIELD DETERMINATION OF BACTERIAL DISAPPEARANCE IN SEA WATER."  
WAT. RES., 4:737-749
58. HOADLEY A.W. AND KNIGHT D.E. -1975-  
"EXTERNAL OTITIS AMONG SWIMMERS AND NONSWIMMERS."  
ARCH. ENVIRON. HEALTH, 30:445-448
59. HOOD M.A. AND NESS G.E. -1982-  
"SURVIVAL OF VIBRIO CHOLERAEE AND E. COLI IN ESTUARINE WATERS AND SEDIMENTS."  
J. APPL. ENVIRON. MICROBIOL., 43(3):578-584
60. INSTITUT PASTEUR -1979-1980...-1984-  
"SURVEILLANCE ECOLOGIQUE SUR LE SITE DE GRAVELINES."  
CONTRATS CNEXO,:
61. JONES G.E. -1967-  
"PRECIPITATES FROM AUTOCLAVED SEA WATER."  
LIMNOL. OCEANOGR., 12(1):165-167
62. JONES G.E. -1967-  
"GROWTH OF E. COLI IN HEAT AND COPPER TREATED SYNTHETIC SEAWATER."  
LIMNOL. OCEANOGR., 12:167-172

63. JONES G.E. -1971-  
"THE FATE OF FRESHWATER BACTERIA IN THE SEA."  
IN. DEVELOPMENTS IN INDUSTRIAL MICROBIOLOGY, 12:141-151
  
64. KAPUSCINSKI R.B. AND MITCHELL R. -1981-  
"SOLAR RADIATION INDUCES SUBLETHAL INJURY IN E. COLI IN SEAWATER."  
J. APPL. ENVIRON. MICROBIOL., 41:670-674
  
65. KAPUSCINSKI R.B. AND MITCHELL R. -1983-  
"SUNLIGHT INDUCED MORTALITY OF VIRUSES AND E. COLI IN COASTAL SEAWATER."  
ENVIRON. SCI. TECHNOL., 17(1):1-5
  
66. KAPUSCINSKI R.B. AND MITCHELL R. -1980-  
"PROCESSES CONTROLLING VIRUS INACTIVATION IN COASTAL WATERS."  
WAT. RES., 14:363-371
  
67. KTSANES K. ET AL. -1981-  
"HEALTH EFFECTS OF SWIMMING IN LAKE PONTCHARTRAIN AT NEW ORLEANS."  
EPA-600/16816027, :35 P.
  
68. LABELLE R. AND GERBA C.P. -1982-  
"INVESTIGATIONS INTO THE PROTECTIVE EFFECT OF ESTUARINE SEDIMENT ON VIRUS SURVIVAL."  
WAT. RES., 16:469-478
  
69. LARSEN J.L. ET AL. -1984-  
"THE IMPACT OF TERRESTRIAL AND ESTUARIAL FACTORS ON THE DENSITY OF ENVIRONMENTAL BACTERIA (VIBRIONACEAE) AND FAECAL COLIFORMS IN COASTAL."  
ZENTRALB. BAKTERIOL. MIKROBIOL., ORIG. B 179(4):308-323
  
70. LAPORTE J.- DE ROUVILLE M. ET AL. -1982-  
"APPROCHE EXPERIMENTALE DE LA CAPACITE D'ACCEPTATION DU MILIEU MARIN POUR LA CHARGE BIODEGRADABLE DES EAUX USEES URBAINES."  
T.S.M. L'EAU, (1):43-52
  
71. LECHEVALLIER M.W. AND MCFETERS G.A. -1985-  
"ENUMERATING INJURED COLIFORMS IN DRINKING WATER."  
J.A.W.W.A., 27(6):81-87
  
72. LEVIN M. -1978-  
"FISH AND SHELLFISH ASSOCIATED DISEASE OUTBREAKS."  
J.W.P.C.F., 50:1377-1381
  
73. LIVINGSTONE D.J. -1978-  
"DECAY OF MICRO-ORGANISMS IN THE MARINE ENVIRONMENT."  
SYMP. DISINFECT. WAT. PRETORIA, :1-22
  
74. LOH P.C. ET AL. -1979-  
"RECOVERY SURVIVAL AND DISSEMINATION OF HUMAN ENTERIC VIRUSES IN OCEAN WATERS RECEIVING SEWAGE IN HAWAII."  
WAT. AIR SOIL POLL., 12:197-217
  
75. MANCINI J.L. -1978-  
"NUMERICAL ESTIMATES OF COLIFORM MORTALITY RATES UNDER VARIOUS CONDITIONS."  
J.W.P.C.F., 50(11):2477-2484

76. MARTIN Y.P. ET MUSSO J. -1982-  
''SIMULATIONS NUMERIQUES DE LA DYNAMIQUE DES MICROORGANISMES D'UN MELANGE EFFLUENT URBAIN EAU DE MER. MATIERES ORGANIQUES ET SURVIE DES COLIFORMES FECAUX.''   
REV. INT. OCEANOGR. MED., 66-67:77-89
77. MARTIN Y. ET AL. -1984-  
''QUALITE DES EAUX LITTORALES. DISPARITION DES COLIFORMES FECAUX D'UN EFFLUENT URBAIN EN MILIEU MARIN.''   
VIE MARINE-ANNALES DE LA STE OCEANOGR. RICARD, HORS SERIE NO 4:81 P
78. MATSUMOTO J.- OMURA T. -1980-  
''SOME FACTORS AFFECTING THE SURVIVAL OF FECAL INDICATOR BACTERIA IN SEA WATER.''   
TECHNOL. REP., 45(2):169-185
79. MC CAMBRIDGE J. AND MC NEEKIN T.A. -1980-  
''RELATIVE EFFECTS OF BACTERIAL AND PROTOZOAN PREDATORS ON SURVIVAL OF E. COLI IN ESTUARINE WATER SAMPLES.''   
J. APPL. ENVIRON. MICROBIOL., 40(5):907-911
80. MC KEE G.L. -1980-  
''DEVELOPMENT OF HEALTH EFFECTS CRITERIA FOR FRESHWATER BATHING BY USE OF MICROBIAL INDICATORS.''   
THESE, :204 P.
81. MELINICK J.L. AND GERBA C.P. -1980-  
''THE ECOLOGY OF ENTEROVIRUSES IN NATURAL WATERS.''   
CRC. CRIT. REV. ENVIRON. CONTR., 10(1):65-93
82. MITCHELL R. AND CHAMBERLIN C. -1978-  
''SURVIVAL OF INDICATOR ORGANISMS.''   
IN. INDICATORS OF VIRUS IN WATER AND FOOD' ED. BERG G., :15-37
83. MITCHELL R. -1971-  
''ROLE OF PREDATORS IN THE REVERSAL OF IMBALANCES IN MICROBIAL ECOSYSTEMS.''   
NATURE, 230:257-258
84. MITCHELL R. ET AL. -1967-  
''LYSIS OF E. COLI BY MARINE MICROORGANISMS.''   
NATURE, 215:891-892
85. MOEBUS -1972-  
''SEASONAL CHANGES IN ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF NORTH SEAWATER.''   
MAR. BIOL., 13:1-13
86. MOORE B. -1974-  
''THE CASE AGAINST MICROBIAL STANDARDS FOR BATHING BEACHES.''   
IN INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DISCHARGE OF SEWAGE FROM SEA OUTFALL., GAMESON H. ED. -:103-114
87. MUJERIEGO R. ET AL. -1980-  
''STATISTICAL VARIATION OF MICROBIOLOGICAL QUALITY OF COASTAL WATERS. REGULATORY IMPLICATIONS.''   
V EME. J. ETUD. POLL. CAGLIARI C.I.E.S.M., :49-60
88. MUJERIEGO R. ET AL. -1982-  
''RECREATION ON COASTAL WATERS- PUBLIC HEALTH IMPLICATIONS.''   
VI EME. J. ETUDES SUR LES POLL. MAR. EN MEDITERR. CANNES., :1-8

88. MUJERIEGO R. ET AL. -1982-  
''RECREATION ON COASTAL WATERS- PUBLIC HEALTH IMPLICATIONS.''  
VI EME. J. ETUDES SUR LES POLL. MAR. EN MEDITERR. CANNES.,:1-8
89. NOVITSKY J.A. ET AL. -1978-  
''POSSIBLE STRATEGY FOR THE SURVIVAL OF MARINE BACTERIA UNDER STARVATION CONDITIONS.''  
MAR. BIOL.,48(3):289-295
90. O'BRIEN T.R. AND NEWMAN J.S. -1977-  
''INACTIVATION OF POLIOVIRUSES AND COXSACKIEVIRUSES IN SURFACE WATER.''  
APPL. ENVIRON. MICROBIOL.,33(2):334-340
91. OGER C. ET AL. -1975-  
''ETUDE AU LABORATOIRE DE LA SURVIE DES SALMONELLA DANS UNE EAU POLLUEE.''  
MICROBIA,2(1):3-9
92. O'MALLEY M.L.- LEAR D.W.- ADAMS W.N.- GAINES -1982-  
''MICROBIAL CONTAMINATION OF CONTINENTAL SHELF SEDIMENTS BY WASTEWATER.''  
J.W.P.C.F.,54(9):1311-1317
93. PAOLETTI A. ET AL. -1978-  
''IL TEMPO DI ESTINZIONE DI ENTEROBATTERI ED ENTEROVIRUS IN ACQUA DI MARE.''  
EXTR. 'L'IGIENE MODERNA',71(1):1-48
94. PLUSQUELLEC A. -1984-  
''CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA POLLUTION BACTERIENNE DES EAUX LITTORALES.''  
THESE UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE., (ND 209):202 P
95. PONT ET CHAUSSEES -1979-  
''APERCU SUR L'INTERET LES PERFORMANCES ET LA FIABILITE DES DIFFERENTES FILIERES DE TRAITEMENT ET DISPOSITIFS DE REJET POSSIBLES D'UN EFFLUENT D'EAUX USEES URBAINES.''  
MONOGRAPHIE,:1-31
96. ROBERTSON W.J. AND TOBIN R.S. -1983-  
''THE RELATIONSHIP BETWEEN THREE POTENTIAL PATHOGENS AND POLLUTION INDICATOR ORGANISMS IN NOVA SCOTIAN COASTAL WATERS.''  
CAN. J. MICROBIOL.,29(10):1261-1276
97. RUBENTSCHIK L.- ROISIN M.B.- BIEJANSKY F.M. -1936-  
''ADSORPTION OF BACTERIA IN SALT LAKES.''  
J. BACTERIOL.,32:11-31
98. SAWYER T.K.- LEWIS E.J.- GALASSA M. ET AL. -1982-  
''PATHOGENIC AMOEBAE IN OCEAN SEDIMENTS NEAR WASTEWATER SLUDGE DISPOSAL SITES.''  
J.W.P.C.F.,54(9):1318-1323
99. SHUVAL H.I. -1975-  
''THE CASE FOR MICROBIAL STANDARDS FOR BATHING BEACHES.''  
SYMP. IN. DISCHARGE OF SEWAGE FROM SEA OUTFALLS GAMESON (455 P.), (10):95-101
100. SHUVAL H.I. -1978-  
''STUDIES ON BACTERIAL AND VIRAL CONTAMINATION OF THE MARINE ENVIRONMENT.''  
REV. INT. OC. MED.,:43-50

101. SIEBURTH J. MC N. ET AL. -1977-  
''ESTIMATION OF IN-SITU RATES OF HETEROTROPHY USING DIURNAL CHANGES IN DISSOLVED ORGANIC MATTER AND GROWTH RATES OF PICOPLANKTON IN DIFFUSION CULTURE.''   
HELGOLANDER WISS. MEERESUNTERS (LIVRE),30:565-574
102. SLANETZ L.W. ET AL. -1965-  
''SURVIVAL OF FECAL STREPTOCOCCI IN SEAWATER.''   
HEALTH LAB. SCI.,2:142-148
103. SOGREAH -1980-  
''REJET EN MER DISPARITION DES BACTERIES.''   
MONOGRAPHIE MINIST. ENVIRON. ET CADRE DE VIE,1-8
104. SUNER PI J. -1968-  
''VIABILITE BACTERIENNE DANS L'EAU DE MER.''   
CAHIERS DU CERBOM RIOM,10:209-220
105. THOMAS R.H. -1962-  
''MARINE DILUTION AND INACTIVATION OF SEWAGE.''   
PROC. INST. INT. CONF. WAT. POLL. RES.,3:57-83
106. VACCARO R.F. ET AL. -1950-  
''VIABILITY OF E. COLI IN SEA WATER.''   
AM. J. PUBL. HEALTH,33:1257-1266
107. VASCONCELOS G.J. ET AL. -1976-  
''SURVIVAL OF BACTERIA IN SEAWATER USING A DIFFUSION CHAMBER APPARATUS IN SITU.''   
J. APPL. ENVIRON. MICROBIOL.,31(6):913-920
108. WHEATLAND A.B. ET AL. -1965-  
''SOME OBSERVATIONS ON THE DISPERSION OF SEWAGE FROM SEA OUTFALLS.''   
J. INST. SERV. PURIF.,:291-314
109. WHITE G.C. -1974-  
''DISINFECTION PRACTICES IN THE SAN FRANCISCO BAY AREA.''   
J.W.P.C.F.,46(1):89-101
110. WOODBRIDGE D.D. ET AL. -1979-  
''SYNERGISTIC EFFECTS FOR IRRADIATION OF FECAL COLIFORMS.''   
J.W.P.C.F.,51(11):2717-2723
111. XU H.S. ET AL. -1982-  
''SURVIVAL AND VIABILITY OF NONCULTURABLE ESCHERICHIA COLI AND VIBRIO CHOLERAE IN THE ESTUARINE AND MARINE ENVIRONMENT.''   
MICROB. ECOL.,8:313-323

• ANNEXE •

COURBES DE SURVIE : MODELE GAUSSIEN

ANNEXE I  
COURBES DE SURVIE : MODELE GAUSSIEN

Le modèle gaussien repose sur l'hypothèse d'une mortalité à un âge préférentiel. Les fréquences des longévités individuelles diminuant normalement de part et d'autre du mode correspondant à l'âge préférentiel  $t_{50}$ .

La courbe de survie (figure A) apparaît donc comme une courbe intégrale de Gauss avec un maximum à gauche  $N_0$ , débutant par un palier ( $N_0 \rightarrow N_{16}$ ) au voisinage de ce maximum, présentant ensuite une décroissance rapide et quasi-linéaire ( $N_{16} \rightarrow N_{84}$ ), se terminant enfin par une décroissance ralentie jusqu'à  $N_{\infty}$ .

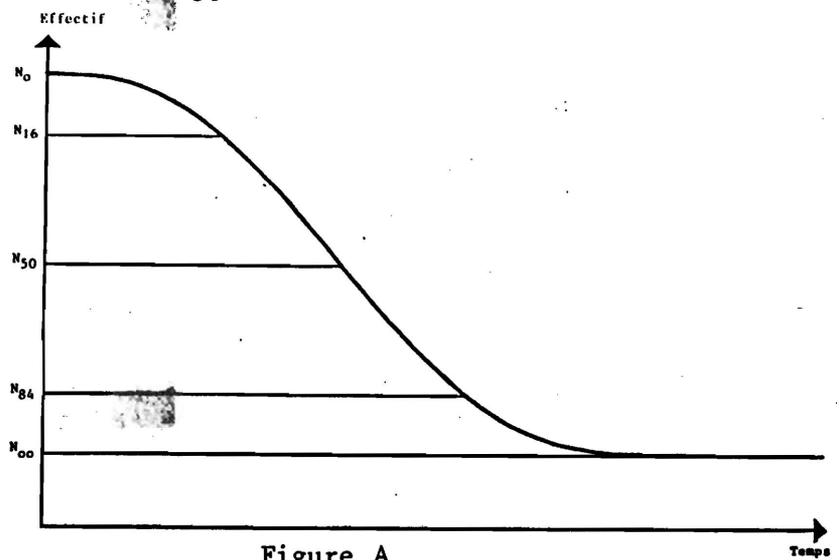


Figure A

Cette courbe de survie est entièrement définie par deux paramètres  $t_{50}$  et  $\sigma$

$$N_t = N_0 - \frac{(N_0 - N_{\infty})}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-1/2 \left( \frac{t - t_{50}}{\sigma} \right)^2} dt$$

REMARQUES -

- Ces intégrales se calculent très rapidement avec une calculatrice programmable.
- Le modèle exponentiel est assimilable à un cas particulier du modèle gaussien pris entre les valeurs  $N_{16}$  et  $N_{84}$ .