

Doc. Scient. Centre Rech. Oceanogr. Abidjan
Vol. X, n°1, juin 1979 : 63-80

AUTO-EPURATION DU MILIEU MARIN
QUELQUES REMARQUES METHODOLOGIQUES

par

J. CITEAU¹ et J. PAGES¹

R E S U M E

La réalisation du futur émissaire en mer de la ville d'Abidjan a nécessité une évaluation de la mortalité des bactéries qui seront rejetées.

La méthode employée est exposée, ainsi qu'une analyse de la validité des mesures ; si les résultats présentés sont embryonnaires, ils font cependant ressortir quelques points intéressants quant au choix de la méthodologie.

A B S T R A C T

Outfall at sea of sewage waters of Abidjan requires informations about the die-off of bacteria in the sea. The method of determination is described and validity of data is analysed. These preliminary results point out some features about the choice of methodology.

¹ Centre de Recherches Océanographiques - B.P. V 18 - ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

1 - INTRODUCTION

La pratique généralisée de déverser les eaux d'égout en mer confie implicitement à "la Nature" la tâche de ramener rapidement la charge des eaux naturelles à un niveau raisonnable. La "disparition" des bactéries d'origine fécale, qui sont une des caractéristiques des rejets, est évaluée par la T₉₀ (temps nécessaire pour que 90% des bactéries aient disparu), qui recouvre commodément tous les phénomènes, de la dilution pure à la mortalité ("die-off" des Anglo-Saxons), qui peuvent entraîner une diminution de la concentration bactérienne.

Avant de procéder à un rejet, il est bon de déterminer quel sera le "pouvoir auto-épurateur" de l'eau réceptrice.

L'étude à laquelle nous avons procédé, a été conduite dans le cadre d'une convention passée entre la Société d'Etude et de Travaux Urbains (SETU) et le Centre de Recherches Océanographiques (C.R.O.).

La campagne de mesures en mer réalisée par le C.R.O. avait pour but de déterminer la meilleure implantation en mer du futur émissaire des eaux usées de la ville d'Abidjan.

Des mesures de courants, de diffusion et de pollution bactérienne des plages (Pagès et Citeau, 1978), ont été menées parallèlement aux expériences décrites ici et un site de rejet a été retenu à environ un kilomètre en mer, sur des fonds d'une vingtaine de mètres.

2 - METHODES

Les essais décrits ici, ont été de deux sortes : les uns in situ, se rapportant à des mesures de mortalité en mer seront notés TDM, les autres au laboratoire se rapportent à des mesures de mortalité in vitro (notées MV) et de déterminations de la toxicité de la Rhodamine (notées RT).

Pour chaque type d'expérience, la mortalité bactérienne a été suivie en effectuant des numérations sur les prélèvements successifs d'échantillons.

Les numérations bactériennes elles-mêmes, ont été obtenues soit par la méthode des dilutions successives, ensemencement en milieu liquide Mc Conkey, avec repiquage en milieu Brilliant Green Bile (noté BGB), soit par

filtration, incubation et dénombrement des colonies sur milieu Eosine-Bleu de Méthylène (noté EMB) ou gelose d'Endo.

2.1. ESSAIS DE MORTALITE EN MER (TDM)

La manipulation initiale et principale, a d'abord été réalisée selon un protocole mis au point pour des projets comparables sur les côtes de France (Greslou, 1975).

Elle consiste à marquer "des eaux usées prélevées dans l'émissaire jugé le plus significatif de la ville" par de la Rhodamine B, à raison de "10 kg de Rhodamine en solution pour 3 m³" d'eau d'égout.

Pratiquement, dans une citerne de 5 m³ de capacité totale, montée sur un remorqueur du port d'Abidjan, nous avons ajouté 6.6 kg de Rhodamine en solution à de l'eau usée prélevée par camion-pompe. La Rhodamine dont nous disposions était conditionnée en solution acétique (environ 10 N), nous lui avons ajouté de l'éthanol pour diminuer l'adsorption sur les particules solides, et faciliter le mélange. La dilution finale au sein des 5 m³ était de un pour mille (1‰) en volume d'alcool, 0.05 N en acide acétique et de 1.3 kg/m³ de Rhodamine sèche.

Après transit sur le lieu d'expérience (1 km en mer au sud du phare de Port-Bouët), le déversement par gravité prenait environ 3 minutes.

Une vedette du C.R.O. suivait alors la tache colorée, et des prélèvements successifs étaient faits, hélices arrêtées, au centre de la tache appréciée par son maximum de coloration, jusqu'à disparition complète de celle-ci, soit environ 2h après le début du déversement. Les échantillons conservés en glacière, atteignaient le laboratoire 60 à 90 mn après la fin des prélèvements. La concentration en Rhodamine était déterminée par fluorimétrie avec une précision atteignant le µg par litre ; les numérations bactériennes étaient faites sur membrane Millipore (0.45 µ, HAWP) par filtration de volumes adéquats, avec dilution éventuelle par de l'eau de mer à 75%.

2.2. ESSAIS DE MORTALITE IN VITRO (MV)

De l'eau d'égout, prélevée soit à la sortie de l'émissaire des abattoirs municipaux, soit dans un égout urbain, était mélangée à de l'eau de mer prélevée, à marée haute, dans le canal du port (des mesures antérieures ont montré qu'il s'agit alors d'eau de mer pure exempte de pollution lagunaire).

Différentes gammes de dilution ont été réalisées (Tableau I) et réparties en erlens de 2 litres : l'incubation s'est faite au laboratoire à température ambiante (25°C), à la lumière solaire indirecte, avec agitation magnétique lente.

2.3. DETERMINATION DE LA TOXICITE DE LA RHODAMINE (RT)

La solution de Rhodamine semblant avoir une action sur le taux de mortalité des bactéries, nous avons procédé à des essais analogues, en utilisant des concentrations variées de Rhodamine.

Les modalités de ces différents essais sont rassemblées dans le tableau I.

3 - RESULTATS

Les résultats détaillés des essais sont fournis en Annexe.

3.1. MORTALITE IN VITRO (MV)

Lors de MV 1, toutes les membranes ont montré des colonies confluentes, donc illisibles. Lors de MV 2, une décroissance du nombre de bactéries en milieu Mc Conkey ne se manifeste qu'après 20 h d'incubation ; en coordonnées semilogarithmiques (Fig.1), la pente est de -0.017, le coefficient de corrélation $r = -0.55^{(1)}$ a été calculé avec un nombre d'échantillons $n = 21$ (ensemble des dilutions).

Les repiquages en B.G.B. montrent une décroissance moins nette.

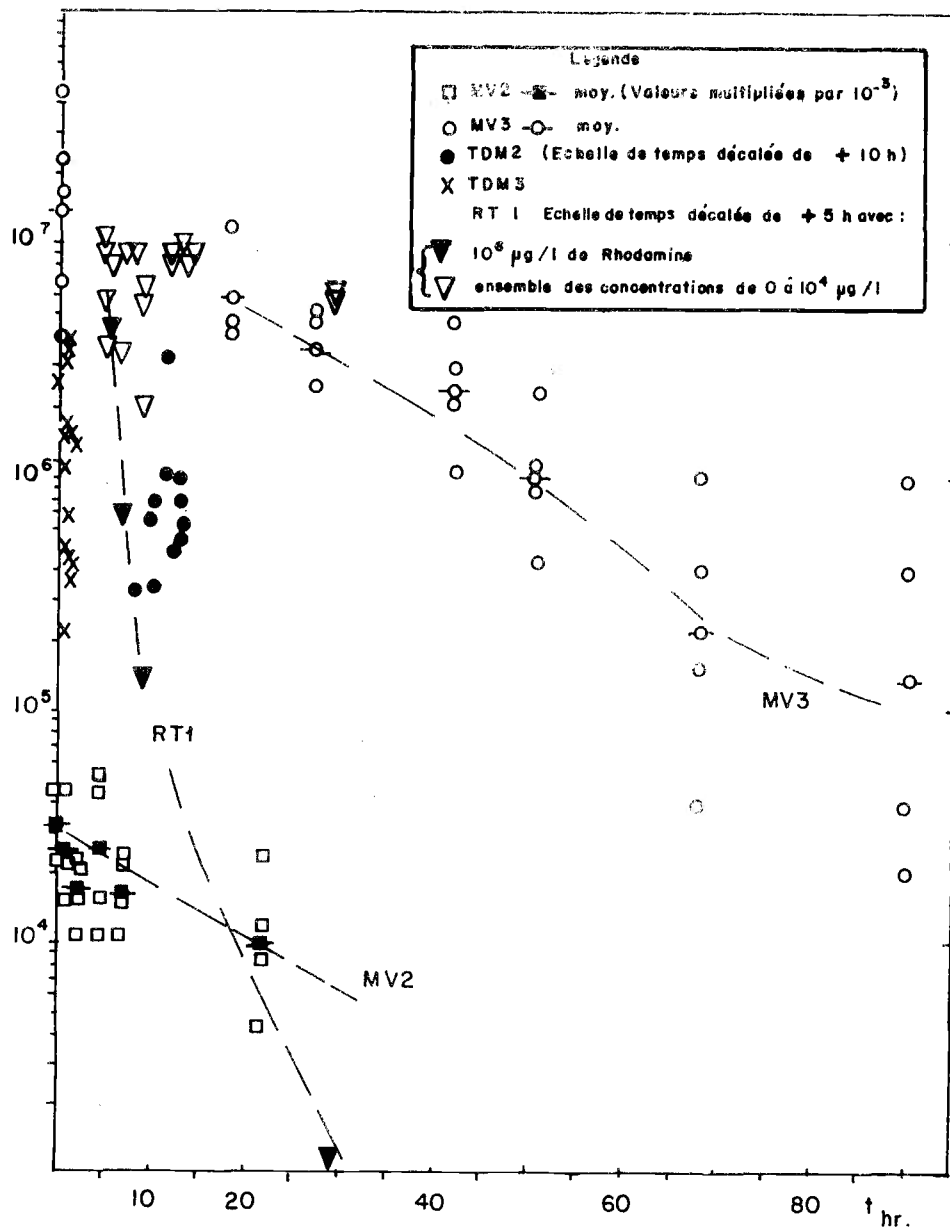
Les résultats de MV 3 confirment les précédents. La dispersion est toujours forte ; en milieu Mc Conkey, la décroissance est apparente à 18 h : en coordonnées semilogarithmiques, la pente est de -0.024 ($r = -0.86^{(2)}$, $n = 27$ en prenant l'ensemble des dilutions). En milieu BGB, la population se maintient plus longtemps à son niveau initial.

(1) Significatif.

(2) hautement significatif.

Essais	Date	Dilution de l'eau d'égout	Rhodamine µg/l	t (h)	Milieu	Vol. filtré ou ensemençé
MV1	28/2/77	$10^{-2}, 10^{-3}$	0,3000	3,5	Endo agar	25
TDM1	23/3/77	Variable	variable ($1,3 \times 10^6$ à t_0)	2,75	E.M.B. agar Endo agar	de 10 à 10^{-5}
MV2	25/4/77	$2 \cdot 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$	0	22	Mc Conkey puis BGB	de 50 à 10^{-6}
MV3	16/5/77	$10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	0	90	Mc Conkey puis BGB	de 50 à 10^{-6}
TDM2	12/7/77	Variable	variable ($1,3 \times 10^6$ à t_0)	2,9	E.M.B. agar	de 100 à 10^{-4}
RT1	25/7/77	$2 \cdot 10^{-3}$	30, 100, 300, $10^3, 10^4, 10^6$	24	E.M.B. agar	de 25 à 0.3
RT2	28/7/77	$1, 2 \cdot 10^{-3}$	100, 300, 1000, $3000, 10^4$	5	E.M.B. agar	de 10 à 0.03
TDM3	9/8/77	Variable	variable ($1,3 \times 10^5$ à t_0)	1,8	E.M.B. agar	de 25 à 0.1
TDM4	29/5/78	Variable	variable ($1,3 \times 10^5$ à t_0)	1,6	E.M.B. agar	de 25 à 0.1

TABLEAU I - Méthodologie des essais - t = durée de l'expérience. t (essais TDM) : moment où les 5 m^3 de mélange (eau usée + Rhodamine) ont été déversés en mer.



Considérons à présent chaque dilution séparément. La décroissance est analogue : pour les essais MV 3, et pour les dilutions 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} les pentes en coordonnées semilogarithmiques sont respectivement de -0.029, -0.027, -0.024, -0.024 et ne sont pas significativement différentes.

3.2. DETERMINATION DE LA TOXICITE DE LA RHODAMINE (RT)

Lors de RT 1, nous remarquons une chute rapide et continue de la population pour une concentration de Rhodamine de 10^6 $\mu\text{g/l}$ (Fig.1) ; la concentration initiale en bactéries, obtenue en prenant la moyenne des numérations effectuées sur les milieux de faible teneur en Rhodamine, était de $8.67.10^6$ bactéries/100 ml.

Pour l'essai RT1, la chute de concentration suit (en coordonnées semilogarithmiques) une pente de -0.445 (avec $r = -0.993^{(2)}$), ce qui correspond à une mortalité de 90% en 2,25 h.

Les autres concentrations de Rhodamine ne semblent pas avoir d'effet ; une faible diminution générale se manifeste après 24 h.

Lors de RT2, une décroissance générale relativement faible apparaît dès 4,5 h.

3.3. MORTALITE EN MER

Quatre expériences ont été effectuées, et la décroissance des concentrations en Rhodamine en fonction du temps, du fait de la diffusion, a été reportée sur la figure 2, en repère semi-logarithmique : elle indique que la loi de décroissance n'est pas une simple relation exponentielle. On peut cependant admettre cette simplification et les coefficients de corrélation calculés pour ces approximations linéaires entre les logarithmes des concentrations et le temps sont les suivants :

Pour l'essai TDM 1	$r = -0.88^{(2)}$,	Pente	$= -0.0104$
" TDM 2	$r = -0.88^{(2)}$,	"	$= -0.0092$
" TDM 3	$r = -0.23$ n.s.,		"	$= -0.0040$
" TDM 4	$r = -0.87^{(2)}$,	"	$= -0.0399$

(Pour TDM3 le centre de la tache a été plus difficile à discerner, ce qui explique la plus grande dispersion des mesures).

En ce qui concerne les numérations bactériennes, les ensemencements de TDM1 ont été un échec dont nous verrons plus loin les causes probables.

Lors de TDM2, TDM3 et TDM4, la corrélation entre logarithmes de concentration bactérienne et logarithmes de concentration en Rhodamine est assez nette :

(2) Hautement significatif.

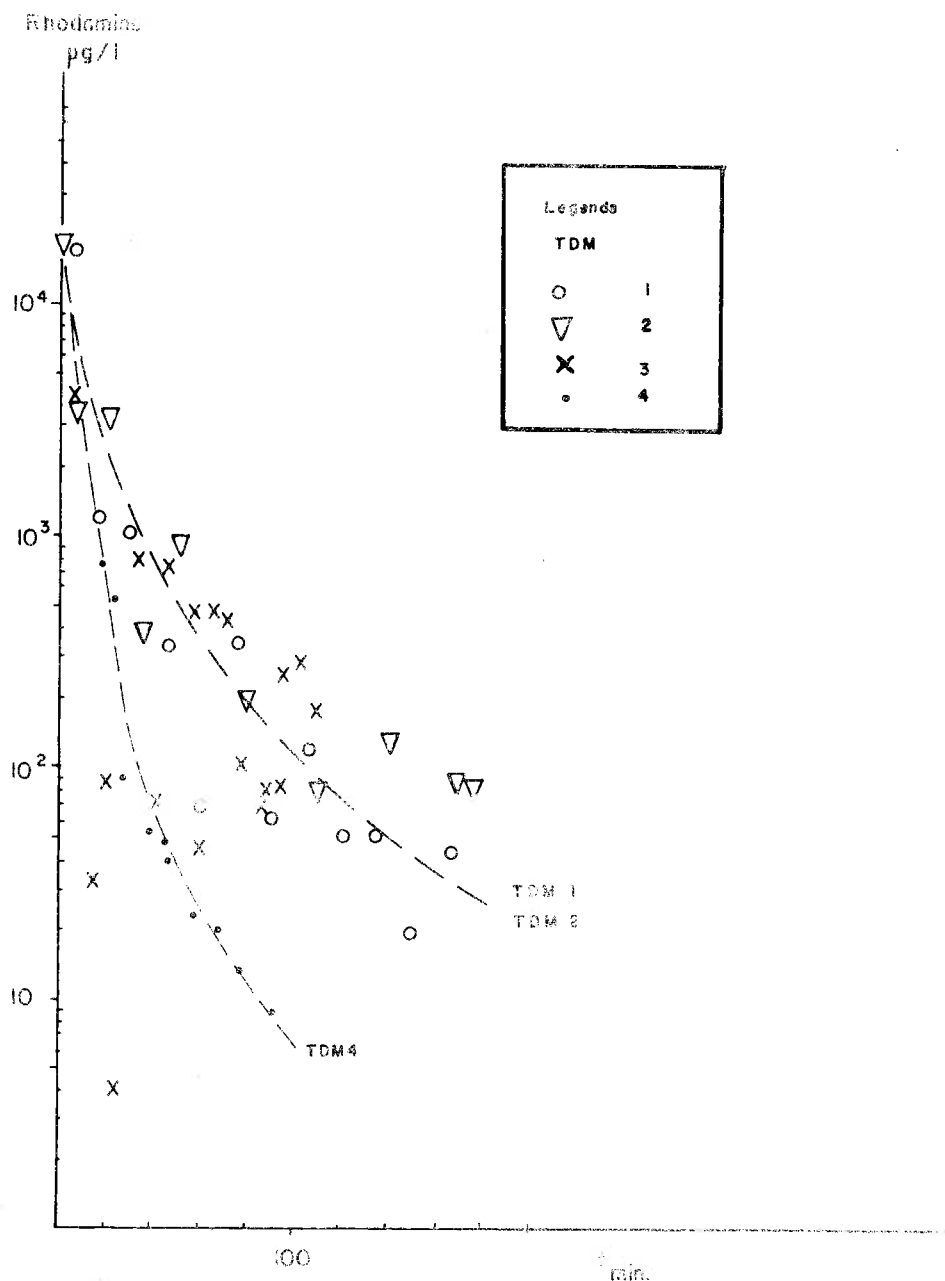


Fig.2 - Décroissance de la concentration en Rhodamine.

Pour l'essai TDM2 la pente est de 0.959 avec $r = 0.98^{(2)}$ et de 0.948 avec $r = 0.93^{(2)}$ en supprimant la valeur à t_0 (cf. § 4.2).

Pour l'essai TDM3 la pente est de 1.040 avec $r = 0.95^{(2)}$ et de 0.850 avec $r = 0.81^{(2)}$ en supprimant les valeurs à t_0 , $t_0 + 5$ mn, $t_0 + 25$ mn.

Pour l'essai TDM4, la pente est de 1.188 avec $r = 0.98^{(2)}$ et de 1.067 avec $r = 0.96^{(2)}$ en supprimant la valeur à t_0 .

(2) Hautement significatif

Nous pouvons tenir compte de la dilution, déterminée d'après la concentration de Rhodamine pour un échantillon donné ; si nous "corrigeons" le nombre de bactéries de la dilution ainsi observée, nous constatons que l'évolution de ces quantités corrigées en fonction du temps se traduit (Fig.3) :

- pour l'essai TDM2, par une courbe à concavité vers le bas
- pour les essais TDM3 et TDM4, par des courbes monotones décroissantes.

Nous allons essayer d'interpréter ces différents résultats.

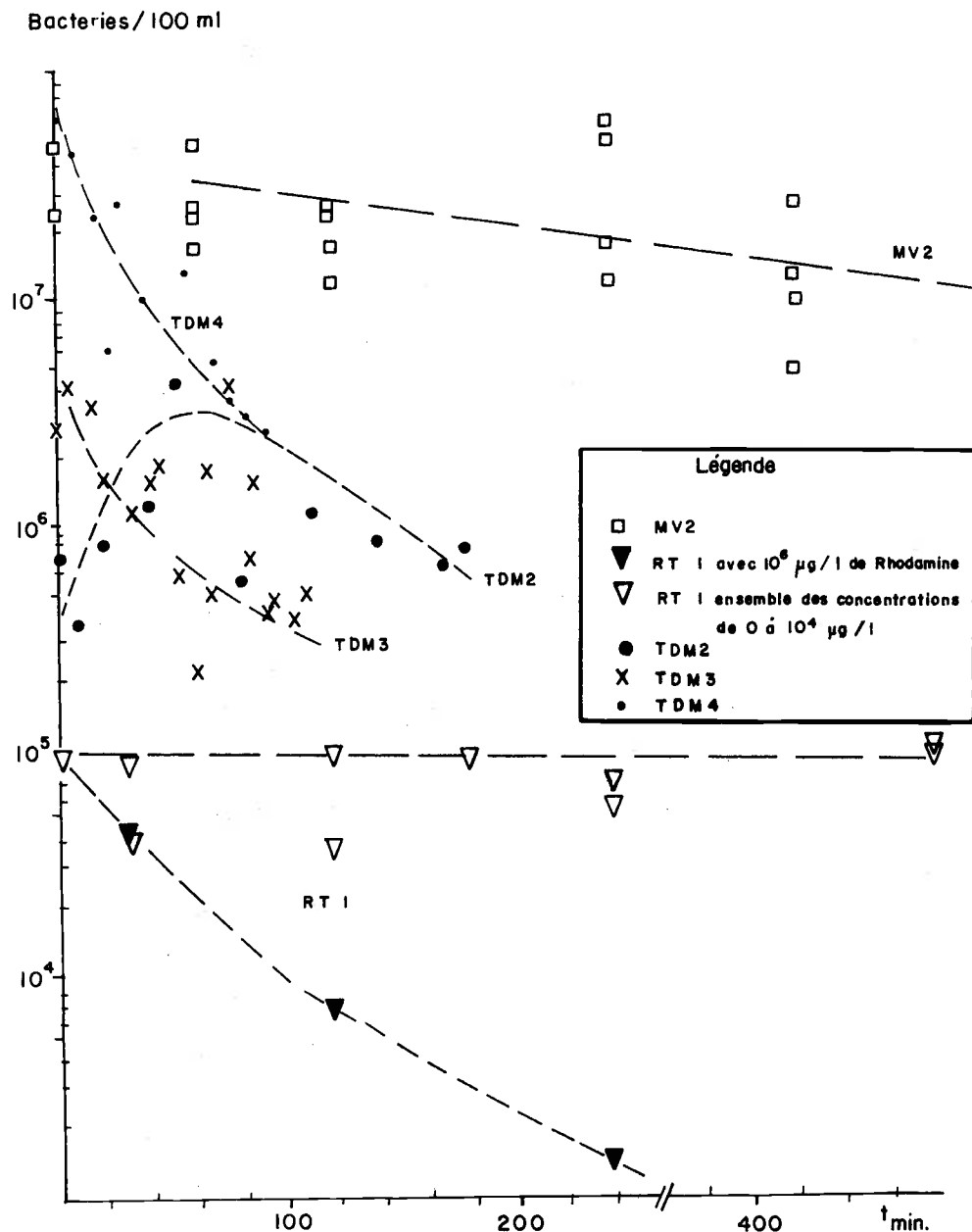


Fig.3 - Décroissance des bactéries en fonction du temps. (Bactéries/100 ml, corrigées de la dilution pour les essais TDM).

4 - DISCUSSION

4.1. MORTALITE INTRINSEQUE

L'objection principale à des essais in vitro est le fait que les conditions sont alors totalement différentes du milieu marin, notamment au niveau du "grazing". Il est connu que les bactéries entrent dans la ration alimentaire du zooplancton (Seki et Kennedy, 1969 ; Tezuka, 1974), et ce gros zooplancton échappe probablement à nos prélèvements ; cependant, à ce niveau trophique, seuls les agglomérats de bactéries interviendraient, et ceux-ci ne sont pas discernables d'une bactérie isolée par nos méthodes. Les autres prédateurs (microzooplancton, flagellés, etc.) sont eux, présents dans nos prélèvements et ont, par leur nombre, un effet plus important (Enzinger et Cooper, 1976).

Les conditions de lumière et de température n'étaient pas exactement celles du milieu naturel ; cependant, si elles étaient inhibitrices durant le jour (climatisation), nous devrions observer une variation du taux de décroissance en relation avec le rythme nycthémeral (reporté schématiquement sur la fig.1), spécialement lors de MV3 qui a été de longue durée. Or, ce n'est pas le cas, et le T90 s'établit à 41,6 h lors des essais MV2 et à 58,5 h lors des essais MV3, pour des numérations en Mc Conkey. Ce sont des ordres de grandeur similaires à ceux trouvés dans la littérature (Faust, 1976 ; Enzinger et Cooper, 1976 ; Bellair et *al.*, 1977). La lumière n'aurait donc pas d'influence sur le grazing. Le fait que nous étions en lumière indirecte, derrière une vitre, expliquerait l'absence d'effet direct, contrairement aux observations de Bellair et *al.* (1977).

Nous remarquons qu'il n'y a pas de différences significatives entre l'évolution des diverses dilutions (cf. tableaux en annexe). La concentration en éléments nutritifs est fortement abaissée, dès la dilution 10^{-3} ; si nous admettons une teneur initiale de carbone organique dissous de 10.000 $\mu\text{atg/l}$, nous serions à 10 $\mu\text{atg/l}$ soit l'équivalent de 5 mg/l de lactate, ce qui est bien au-dessous des seuils généralement admis pour les microorganismes terrigènes. Dès la même dilution 10^{-3} , nous aurions également environ 10^4 coliformes totaux par 100 ml. La taille de l'inoculum et la concentration de substrat correspondant aux conditions décrites par Jannasch (1965-1967), où une population ne peut plus se maintenir.

4.2. ESSAIS EN MER

Nous remarquons tout d'abord que l'échec des numérations lors de TDM1 a eu comme cause probable le fait que le prélèvement d'eau d'égout a été effectué vers 7h.15, sans tenir compte des variations de débit et de charge ; nous avons donc eu une eau beaucoup moins riche en bactéries que prévu.

Une seconde remarque générale porte sur les volumes filtrés. Leur choix suppose une connaissance approximative a priori des concentrations de bactéries. Nous avons pu constater que le volume adéquat correspondait, dans les conditions expérimentales choisies, à une légère coloration de la membrane par la Rhodamine et ceci fournissait un repère utile. Il serait d'ailleurs intéressant de rechercher si l'adsorption de la Rhodamine sur les membranes, et donc son extraction, ne pourrait pas constituer une technique rapide de concentration de traces de Rhodamine.

Lors des divers TDM, les prélèvements ont été faits au centre de la tache, celui-ci étant repéré approximativement ; la décroissance irrégulière de la Rhodamine montre que, comme prévisible, ce repérage n'est guère précis. Harremoës (1974) a montré que cette procédure est dangereuse.

La corrélation nombre de bactéries/concentration de Rhodamine a été calculée, soit sur tous les points, soit en éliminant les points extrêmes ; en effet, des points très éloignés du nuage principal donnent un coefficient de corrélation artificiellement fort, qui peut ne pas refléter la réalité. Nous voyons cependant que la Rhodamine est généralement un bon marqueur de la masse d'eau usée, et que, en première approximation, elle n'a pas un comportement trop différent (diffusion, etc) de celui des bactéries.

Si nous considérons les chiffres de bactéries "corrigés" de la dilution (cf. annexe de résultats bruts), nous voyons que l'augmentation initiale du nombre de bactéries lors de TDM2 est anormale et nous devons la rejeter (cf. § 4.3).

Inversement, sommes-nous autorisés à admettre le processus inverse, plus conforme à notre attente, et tel que semblent le traduire les essais TDM3 et TDM4 (cf. tableaux de résultats)? Indépendamment du petit nombre d'essais effectués ici, nous pouvons observer que les corrections multiplient les imprécisions (Harremoës, 1974) et que si les essais TDM2 et TDM3 sont

reportés à la même échelle de temps que les essais MV (Fig.1)⁽¹⁾, la distribution des points pourrait correspondre à une dispersion normale pour des numérations bactériennes sur un échantillon.

En admettant cependant que l'évolution des chiffres "corrigés" de TDM3 et TDM4 correspondent à une réelle mortalité, nous aurions une disparition de 90% des bactéries en 125 mn pour TDM3 et 60 mn pour TDM4.

Ces valeurs sont inférieures aux T90 trouvés pour les essais in vitro.

4.3. TOXICITE DE LA RHODAMINE

L'augmentation des chiffres "corrigés" de TDM2, aussi peu significative qu'elle soit, pouvait correspondre à la présence d'un agent toxique se diluant par la suite ; la Rhodamine, ou un produit associé, semblait à incriminer. En effet, nous avons vu que la Rhodamine pure est toxique au taux de 10^6 µg/l ; il aurait d'ailleurs été utile de préciser la définition du seuil toxique, ainsi que les possibilités de rétablissement des microorganismes après une exposition temporaire. La précision des mesures est insuffisante pour que la diminution, généralement faible, des bactéries dans l'essai de RT2 soit significative ; par contre, l'extrapolation des chiffres de l'essai RT1 montre que, dans les conditions expérimentales des TDM, le contact avec de la Rhodamine à des concentrations de 10^6 à 10^5 µg/l, prolongé pendant au moins 3h, peut avoir des répercussions. C'est pourquoi, lors de TDM3, les premiers échantillons ont été dilués, sur place, par de l'eau de mer afin d'abaisser la concentration de Rhodamine au voisinage approximatif de 10^3 µg/l. Cette procédure, renouvelée lors de TDM4, semble confirmer cette interprétation, les résultats des observations de TDM4 et TDM3 étant similaires.

(1) L'essai TDM4 n'a pas été reporté sur la figure 1 pour ne pas alourdir le dessin, mais la dispersion des points de mesure est très semblable à celle des autres essais TDM.

5 - CONCLUSION

Les différentes expériences réalisées faisaient partie d'un programme relativement marginal. Les chiffres sur lesquels ce travail est basé sont donc peu nombreux, et l'imprécision notoire des numérations bactériologiques doit inciter à la prudence.

Nous avons cependant pu constater que la solution de Rhodamine est toxique, à certaines des concentrations qui sont nécessaires pour des marquages hydrologiques.

D'autre part, la décroissance des concentrations de Rhodamine in situ est de 90% en 100 mn environ ; la décroissance équivalente des bactéries demande 50 à 100 heures, selon que nous considérons les mesures in vitro, plus fiables, ou les mesures in situ, dont nous avons vu le peu de confiance qu'on peut leur accorder. L'imprécision des résultats, et les sujétions et complications inhérentes, corroborent les considérations plus théoriques de Harremoës (1974) pour rejeter la méthodologie in situ utilisée ici. Il semble que, tout particulièrement en régime discontinu, les meilleurs résultats seront obtenus par la mesure in situ de la dilution d'un traceur, complétée par des mesures in vitro de mortalité ; la mesure de la dilution devrait, en outre, comporter des "bilans de masse" (Harremoës, 1974) permettant une vérification continue. Il serait en outre nécessaire de considérer l'influence de l'heure de la journée (Bellair et al., 1977), ce qui ne pourra guère se faire que in vitro ou en in situ simulé.

BIBLIOGRAPHIE

- BELLAIR, J.T., PARR-SMITH, G.A. et WALLIS, I.G., 1977 - Significance of diurnal variations in fecal coliform die-off rate in the design of ocean outfalls.
J. Water Pollut. Control, 49 (9) : 20-22.
- ENZINGER, R.M. et COOPER, R.C., 1976 - Role of bacterie and protozoa in the removal of E.coli from estuarine waters.
Appl. Environ. Microbiol., 31 (5) : 758-763.
- FAUTS, M.A., 1976 - Coliform bacterie from diffuse sources as a factor in estuarine pollution.
Water Res., 10 (7) : 619-627.

- GRESLOU, L. et QUETIN, B., 1975 - Assainissement d'Abidjan. Emissaire en mer. Rapport SOGREAH R.12220
- HARREMOES, P., 1974 - In situ methods for determination of microbial disappearance in sea water.
in : Discharge of sewage from sea outfalls. (London). Ed. : A.L.H. GAMESON Pergamon Press (Oxford) 1975 : 181-190.
- JANNASCH, H.W., 1965 - Starter populations as determined under steady states conditions.
Biotech. Bioeng., 7 : 279-283.
- HANNASCH, H.N., 1967 - Growth of marine bacteria at limiting concentrations of organic carbon in sea water.
Limnol. Oceanogr., 12 (2) : 264-271.
- MITCHELL, R. et CHAMBERLIN, C., 1974 - Factors influencing the survival of enteric microorganisms in the sea : an overview.
in : Discharge of sewage from sea outfalls (London). Ed. A.L.H. GAMESON Pergamon Press (Oxford) 1975 : 273-
- MOEBUS, 1972 - Studies on the influence of plankton on antibacterial activity of sea water.
Helg. Wessensch. Meeresunters, 23 (2) : 127-140.
- PAGES, J. et CITEAU, J., 1978 - La pollution bactérienne de la lagune et de la mer autour d'Abidjan.
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, IX (1) : 43-50.
- SEKI, H. et KENNEDY, O.D., 1969 - Marine bacteria and other heterotrophs as food for zooplankton in the Strait of Georgia during the winter.
J. Fish. Res. Bd. Can., 26 (2) : 3165-3173.
- TEZUKA, Y., 1974 - An experimental study on the food chain among bacteria, *Paramecium* and *Daphnia*.
Int. Revue ges. Hydrobiol., 59 (1) : 31
- VANDERZANT, et NICHELSON, , 1972 - Survival of *Vibrio parahaemolyticus* in shrimp tissue under various environmental conditions.
Appl. Microbiol., 23 (1) : 34-37.
- VASCONCELOS, G.J. et SWARTZ, R.G., 1976 - Survival of bacteria in sea water using a diffusion chamber apparatus *in situ*.
Appl. Environ. Microbiol., 31 (6) : 913-920.
- WALKER, J., CARBONELLE, B. et LECHERC, H., 1977 - Auto épuration microbienne par lagunage.
Water Research, 11 (1) : 17
- WALLIS, I.G., POLLOCK, T.J. et WHYTE, M.W., 1977 - Preliminary design of ocean outfall at Sydney : protection of bathing waters.
in : Prog. Wat. Tech., 9 (1) : 267-278.

WON, W.D. et ROSS, H., 1973 - Persistence of virus and bacteria in sea water.
Amer. Soc. civil Engineers, Environ. Engin Div. J. 99 (EE3)
June 1973) : 206-211.

※

※ ※

ANNEXE

DONNEES BRUTES DES DIFFERENTES EXPERIENCES

TDM1

Intervalle de temps Dt (mn)	Rhodamine µg/l
0	1.3 x 10 ⁶
5	17300
15	1240
30	1040
45	328
60	69.6
75	348
90	61.6
105	122
120	52
135	53
150	19.2
165	44.4

TDM2

Dt mn	Rhodamine µg/l	Bactéries/100 ml	
		Brutes	Corrigées de la dilution
0	19300	10000	0.68 x 10 ⁶
8	3620	1000	0.36 "
20	3360	2000	0.79 "
35	380	300	1.04 "
50	930	1000	1.40 "
80	198	80	0.53 "
110	79	60	1.00 "
140	131	80	0.81 "
170	87	40	0.61 "
175	86	50	0.77 "

TDM3

Dt mn	Rhodamine µg/l	Bactéries/100 ml	
		Brutes	Corrigées de la dilution
0	0	50	Eau de mer avant déversement
0	290000	2743000	12.296 x 10 ⁶
5	4000	53800	17.485 "
15	32	410	16.656 "
19	88	500	7.386 "
25	4	49	15.925 "
33	780	3080	5.133 "
39	70	422	7.837 "
45	720	4400	7.962 "
53	460	960	2.713 "
59	44	84	2.482 "
64	460	2700	7.545 "
67	420	730	2.272 "
76	100	-	-
83	64	200	4.062 "
84	77	440	7.428 "
91	85	160	2.447 "
93	240	410	2.221 "
103	270	400	1.926 "
108	170	330	2.523 "

TDM4

Dt mn	Rhodamine µg/l	Bactéries/100 ml	
		Brutes	Corrigées de la dilution
0	0	95	Eau de mer avant déversement
0	480000	65x10	65.0 x 10 ⁶
13	4300	430000	48.0 "
20	860	44000	25.0 "
24	590	8000	6.4 "
31	90	5500	28.0 "
38	63	1440	10.0 "
40	61	2000	15.0 "
46	44	1400	14.0 "
48	56	1400	11.0 "
58	25	900	15.0 "
67	27	400	5.4 "
77	14	200	3.6 "
85	8	140	2.7 "
95	7	130	2.4 "

MV2

Dt (heures)	0	1	2.3	4.3	7	22	Mesures en milieu Mc Conkey
Dilution							
0	46.0						
2×10^{-2}	23.0	23.0	23.0	55.0	23.0	12.0	
1×10^{-3}	-	46.0	24.0	46.0	24.0	24.0	
1×10^{-4}	-	24.0	11.0	11.0	11.0	4.6	
1×10^{-5}	-	16.0	16.0	16.0	16.0	9.0	
Moyenne logarithmique	32.5	25.2	17.6	25.8	17.6	10.4	
Dilution							Mesures en milieu BGB
0	0.93						
2×10^{-2}	2.15						
1×10^{-3}	-	9.3	1.5	4.3	-	-	
1×10^{-4}	-	2.1	6.4	2.3	-	2.5	
1×10^{-5}	-	0.3	1.1	1.1	-	1.4	
Moyenne logarithmique	1.4	1.8	0.9	2.2	-	1.9	

(Tous chiffres en 10^6 bactéries/100 ml)

MV3

Dt (heures)	0	18	27	42	51	68	90	Mesures en milieu Mc Conkey
Dilution								
0	24.0							
1×10^{-3}	4.6	4.6	-	4.6	2.4	0.04	0.02	
1×10^{-4}	7.5	4.3	4.6	2.1	0.43	0.15	0.04	
1×10^{-5}	46.0	12.0	2.5	1.1	1.1	0.4	0.4	
1×10^{-6}	17.0	-	5.0	3.0	1.0	1.0	1.0	
Moyenne logarithmique	14.5	6.2	3.8	2.4	1.0	0.22	0.13	
Dilution								Mesures en milieu BGB
0	2.4							
1×10^{-3}	4.6	2.4	-	0.93	2.4	0.04	-	
1×10^{-4}	2.3	4.3	4.6	0.93	0.4	0.07	-	
1×10^{-5}	0.9	1.5	1.3	1.1	1.1	-	-	
1×10^{-6}	5.0	-	3.0	3.0	1.0	-	-	
Moyenne logarithmique	2.6	2.5	2.6	1.3	1.0	0.05	-	

(Tous chiffres en 10^6 bactéries/100 ml)

RT1

Rhodamine $\mu\text{g/l}$	Dt (heures)						
	0	0.5	2	3	4	8	24
10^6	-	4.43	0.71	-	0.14	-	0.002
10^4	9.65	4.37	3.73	-	7.10	8.53	-
10^3	-	8.80	9.60	-	-	9.60	-
3×10^2	6.24	-	-	-	-	8.53	-
10^2	-	-	-	-	5.60	8.00	-
30	-	-	-	-	-	8.00	6.40
0	-	-	-	9.22	-	8.50	6.30

(Tous chiffres en 10^6 bactéries/100 ml)

RT2

Rhodamine $\mu\text{g/l}$	Dt (heures)		
	0	3.6	4.0
10^4	-	0.56	0.95
3×10^3	-	0.63	-
10^3	-	1.31	0.40
3×10^2	-	1.50	-
10^2	2.29	1.07	0.63

(Tous chiffres en 10^6 bactéries/100 ml)