

67

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA DISPARITION DE COLIFORMES FÉCAUX D'UN EFFLUENT URBAIN EN MILIEU MARIN

J.L. BONNEFONT*, P. LELONG** et Y. MARTIN**

* C.E.T.E. Méditerranée- BP 128 13605 AIX-EN-PROVENCE - (FRANCE)

** Fondation Océanographique Ricard - Ile des Embiez, 83140 SIX-FOURS-LÈS-PLAGES
- (FRANCE)

RÉSUMÉ - Nous avons étudié la perte de viabilité (vitesse de disparition = T90) de coliformes fécaux, dans des dispositifs expérimentaux clos à flux continu, en utilisant différentes dilutions d'un effluent urbain dans l'eau de mer. Les T90 obtenus sont relativement élevés (de 12 à 81h). La vitesse de disparition dépend de la dilution de l'effluent et augmente avec celle-ci pour atteindre une valeur limite aux fortes dilutions, phénomène qui semble relié à la teneur en matière organique initiale du mélange.

Mots clés : pollution marine, effluent urbain, coliformes fécaux, survie.

ABSTRACT - We have studied survival of faecal coliform (decrease rate = T90) in experimental devices (closed or continuous flow systems) using various dilutions of urban sewage in sea-water. Survival appears to be high (T90 between 12 to 81 h). Dilution level of sewage and organic matter contents seem to be important to explain the decrease of faecal coliform observed in these experiments.

Key words : marine pollution, urban sewage, faecal coliform, survival.

INTRODUCTION

Il est connu que les coliformes fécaux peuvent survivre pendant un temps plus ou moins long en mer et que leur disparition est liée à des causes physiques (dilution, dispersion, sédimentation) et biologiques plus complexes et difficilement quantifiables.

L'évaluation, lors de campagnes à la mer, de la vitesse de disparition de ces germes (T90 = temps nécessaire à la disparition de 90 % des effectifs de la population initiale) due à ces diverses causes (T90 "global" intégrant à la fois les effets de la dilution, de la sédimentation des particules de l'effluent sur lesquelles les germes sont généralement adsorbés, de la mortalité biologique et de l'apport continu des constituants de l'effluent dans la zone considérée par le rejet) a conduit à des résultats extrêmement variables -T90 de quelques minutes à plusieurs dizaines d'heures- probablement liés à la multiplicité des facteurs en jeu dont l'appréciation *in situ* est délicate.

Si la disparition des bactéries des eaux de surface dépend beaucoup de causes physiques plus ou moins quantifiables, on ne connaît pas le devenir des germes soustraits à la zone considérée. Différentes études conduites dans ce domaine ont montré que la survie était d'une durée plus importante, ce qui pose le problème de la remise en circulation éventuelle de ces germes "disparus" de la couche de surface mais toujours actifs. Ce problème est fréquemment rencontré dans la réalité d'où l'intérêt d'une évaluation plus précise de l'inactivation biologique (T90 "biologique" = perte de viabilité) par rapport aux résultats

des mesures *in situ* (T90 global) pour tenter de permettre, à plus long terme, la prise en compte de ce paramètre dans les projets d'implantation d'émissaires en mer. Dans ce but, nous avons étudié la vitesse de disparition (T90 biologique) des bactéries d'un effluent urbain dans l'eau de mer dans un pilote expérimental clos d'un volume important et ultérieurement dans des bassins à flux continu. Les résultats présentés ici concernent les coliformes fécaux. Le milieu utilisé (gélose EMB Bio Mérieux, incubation à 44,5° C) est en fait reconnu assez sélectif d'*E. coli*. Toutefois, des identifications de souches effectuées lors de plusieurs expériences montrent que ce pouvoir sélectif vis-à-vis d'*E. coli* diminue, en fonction de la mortalité des bactéries dans l'eau de mer. C'est pourquoi, on a estimé préférable de conserver le terme de coliformes fécaux.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude a été abordée dans un pilote expérimental dans lequel nous avons suivi l'évolution d'un mélange d'effluent urbain épuré et d'eau de mer naturelle dans différentes conditions. Le pilote, d'un volume utile de 2m³, est constitué d'un canal de circulation annulaire en acier "inox" muni d'un dispositif de propulsion permettant une homogénéité satisfaisante du mélange. Il est soumis aux conditions climatiques extérieures mais protégé des précipitations par un toit en matériau translucide. Nous avons étudié l'évolution du mélange lors de plusieurs expériences analogues échelonnées sur quatre ans portant sur le même rapport de dilution effluent/eau de mer = 1/10 afin d'examiner l'influence des conditions expérimentales (saisons, qualité des constituants du mélange). Ces essais ont été complétés par des expériences annexes réalisées en enceintes closes, de volume plus réduit, permettant la recherche de certaines variables explicatives des phénomènes observés.

Pour se rapprocher de la réalité d'un rejet en mer, nous avons aussi étudié la vitesse de disparition des coliformes fécaux dans un dispositif expérimental à flux continu, constitué par trois bassins de grand volume. Ces bassins peuvent être alimentés soit séparément, soit en cascade, ce qui permet de moduler les volumes respectifs d'effluent et d'eau de mer admis dans chaque composant (différentes dilutions) et les temps de séjour dans les trois bacs.

Le temps de survie des coliformes fécaux a été étudié en relation avec différents descripteurs écologiques, physiques et chimiques (température, matière en suspension totale, demande chimique en oxygène, carbone organique particulaire, ammonium, urée, phosphate) et biologiques (nucléotides adényliques, chlorophylle, microflore hétérotrophe viable). Les T90 sont calculés graphiquement à partir des droites de régression log du nombre de bactéries = f(t).

RÉSULTATS

Pilote expérimental clos

Les valeurs de T90 obtenues à différentes périodes de l'année sont variables et s'échelonnent de 12 h à 81 h avec une moyenne de 33,5 h (n = 23, intervalle de confiance de la moyenne = 9 h) pour le rapport de dilution choisi (1/10). Les temps de survie des coliformes fécaux dans ces conditions expérimentales sont donc relativement longs, jamais inférieurs à 12 h. On peut également remarquer une élévation de la durée de survie en période printanière. En effet, dans toutes les expériences faites aux mois de mars et avril, ainsi que dans celle du mois de mai 1981, les valeurs de T90 obtenues sont nettement plus élevées. Le T90 moyen pour ces sept expériences est de 60,7 ± 13,6 h alors qu'il n'est

que de $21,7 \pm 4,6$ h pour les seize autres expérimentations effectuées en dehors de ces périodes. (fig.1)

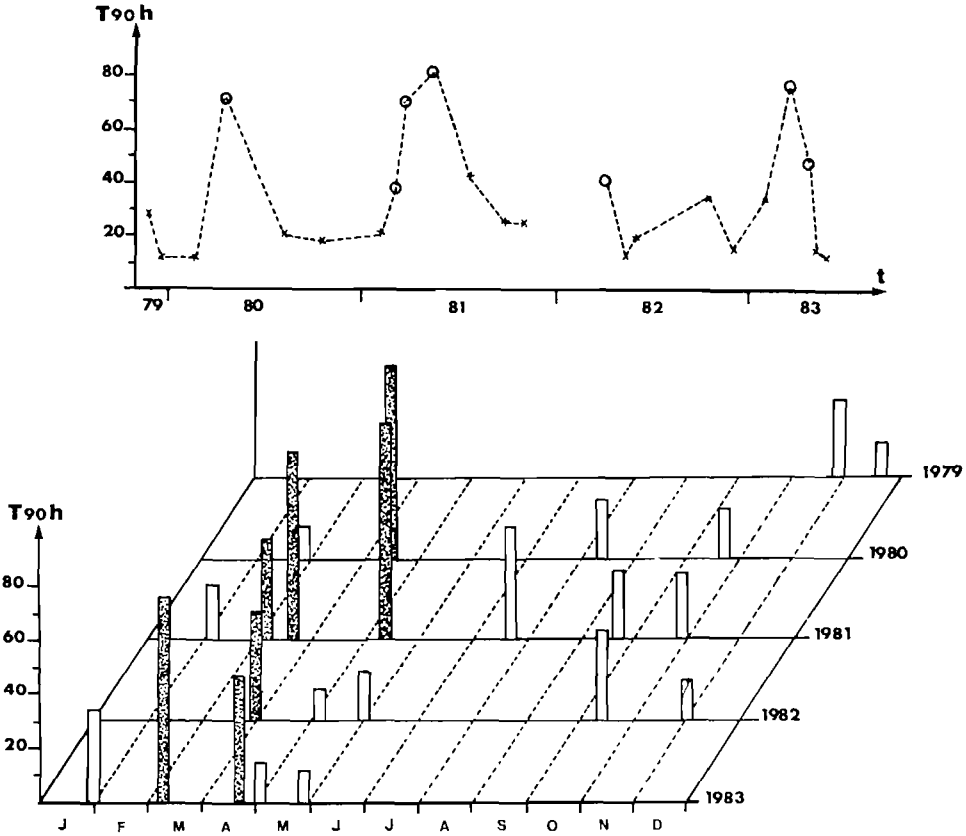


Figure 1 : Variations saisonnières de T90 (mélange effluent/eau de mer = 1/10)

On observe généralement une diminution du temps de survie en fonction de la dilution initiale de l'effluent épuré par l'eau de mer avec une bonne corrélation entre le T90 et le rapport des volumes d'eau de mer et d'effluent imposé ($r = 0,63^{***}$, $n = 38$). Cet effet est plus marqué pour les faibles dilutions (1/5, 1/10, 1/20) et s'atténue au-delà, les T90 tendant à se stabiliser pour les fortes dilutions. Sur cette figure, nous avons représenté les droites de régression et leur intervalle de confiance à 1 % pour les valeurs de T90 observées en période printanière et en dehors de ces périodes. Bien que les pentes de ces deux droites ne diffèrent pas significativement, on peut remarquer que celle résultant des données printanières est plus faible. Cet effet de la dilution se retrouve pour l'effluent brut décanté, avec un T90 plus élevé pour la dilution 1/10 que pour l'effluent épuré. (fig. 2).

Analyse des données

On a utilisé la méthode de régression multiple qui permet d'estimer la contribution de différents descripteurs écologiques mesurés (caractérisant les conditions initiales) à la variance totale du système multifactoriel étudié.

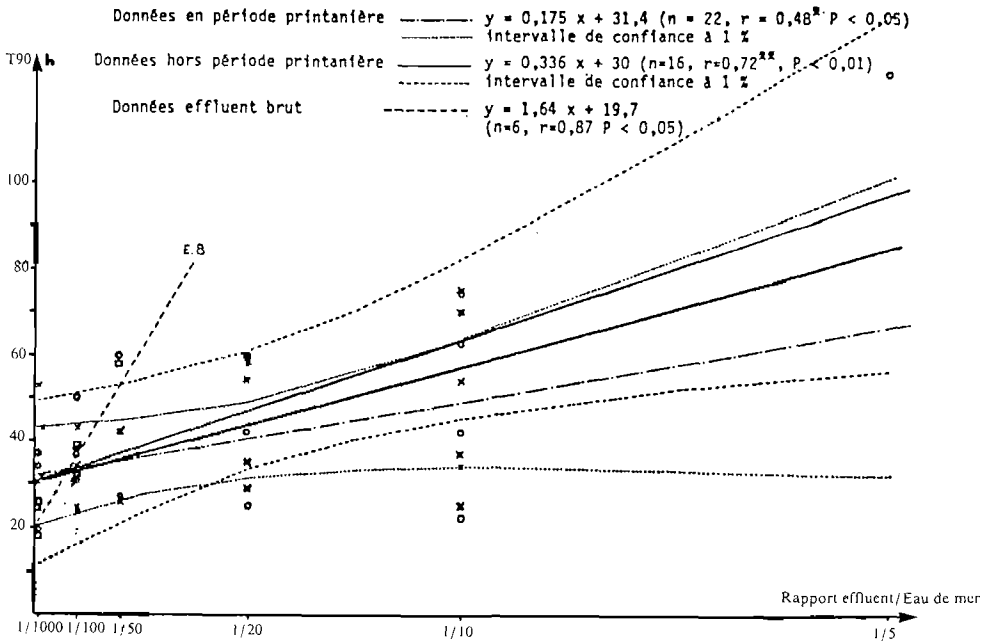


Figure 2 : Droite de régression du T90 (en h) en fonction de la dilution de l'effluent dans l'eau de mer.

- Résultats : - Essais en pilote (13 variables, 13 observations). T90 = +NH4 - MEST (variance expliquée 56 %)
 - Ensemble des essais (13 variables, 44 observations). T90 = +NH4 - MEST + ΔT (variance expliquée 60 %).
 - Essais avec mesure du carbone particulaire (14 variables, 28 observations). T90 = +COP + ΔT (variance expliquée 67 %).

Si la corrélation positive entre T90 et carbone et négative entre T90 et MEST semble logique, l'influence de NH4 sur la survie des coliformes est a priori moins compréhensible. Ce facteur n'agit peut être pas directement, mais probablement en tant qu'indicateur de la qualité de l'effluent. L'examen des coefficients de corrélation simple entre les différents paramètres montre que COP, DCO, MEST, coliformes fécaux et NH4 sont corrélés de façon hautement ou très hautement significative.

Modélisation et simulations numériques

Afin de vérifier l'influence de l'effet de la dilution d'un effluent et celle de la matière organique dans la vitesse de disparition des coliformes fécaux en milieu marin, nous avons élaboré un modèle mathématique qui tente de simuler la dynamique des composants (matière organique, bactéries, sels nutritifs, phytoplancton) d'un mélange eau de mer/effluent urbain. Les simulations numériques effectuées avec différents rapports de dilution et différentes concentrations de matière organique donnent des résultats compatibles avec des données réelles obtenues sur pilote expérimental. Ceci met en évidence l'importance de la compétition entre bactéries allochtones et autochtones marines et surtout celle de la matière organique en tant que variable explicative importante dans la disparition des coliformes fécaux en eau de mer.

Pilote à flux continu

Nous n'avons effectué qu'une seule campagne dans ce dispositif dont nous présentons ici les résultats. Le système utilisé comporte trois bassins expérimentaux dont les caractéristiques sont les suivantes : le bac 1 reçoit un mélange d'effluent et d'eau de mer (rapport = 1/9,2 temps de séjour = 6 h). L'eau de sortie sert à alimenter les deux autres bassins où est effectuée une nouvelle dilution par l'eau de mer (bac 2 = 1/9,8 Ts = 6 h ; bac 3 = 1/10 Ts = 44 h). On évalue parallèlement le T90 des coliformes fécaux à ces différentes dilutions, dans des enceintes closes incubées *in situ*. Les T90 ainsi mesurés permettent d'évaluer le nombre théorique de coliformes fécaux subsistant en sortie de chaque bac compte tenu des apports et des dilutions réalisées. Les effectifs ainsi calculés sont similaires à ceux mesurés en sortie du bac 1. Par contre, les nombres de bactéries calculés pour les bacs 2 et 3 sont inférieurs à ceux effectivement mesurés ce qui semble indiquer un allongement de la durée de survie dans ces bassins après passage des bactéries du mélange dans une première dilution. Il conviendra de vérifier la réalité de ce phénomène. (fig. 3).

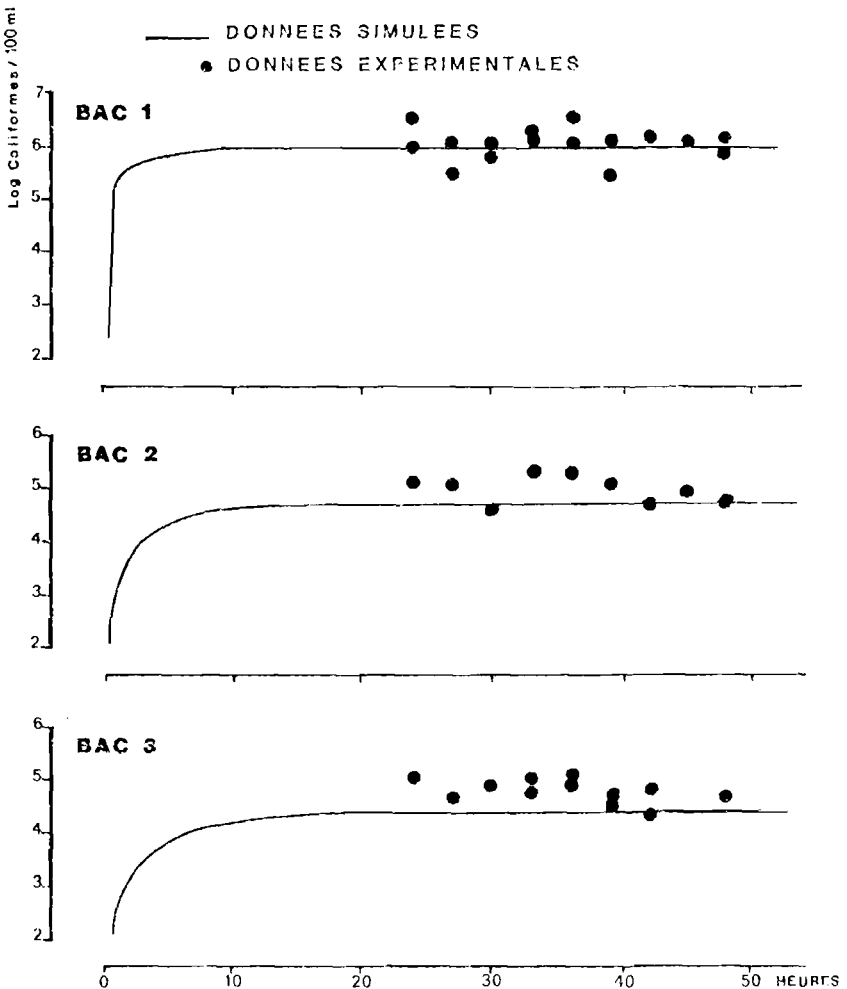


Figure 3 : Survie des coliformes fécaux dans le dispositif à flux continu : résultats expérimentaux et simulations numériques.

BONNEFONT J.L., MAGURNO C., LELONG P., MARTIN Y., 1982. Disparition des coliformes fécaux d'un effluent urbain dans l'eau de mer. Étude en pilote. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.* : 69-72.

MARTIN Y.P., MUSSO J., 1982. Simulations numériques de la dynamique des microorganismes d'un mélange effluent urbain/eau de mer. Matière organique et survie des coliformes fécaux. R.I.O.M. Tomes 66, 67 : 77-89.

MARTIN Y.P., LELONG P., TANGUY B., MAGURNO C., BONNEFONT J.L., EQUÉL J.C., 1984. Disparition des coliformes fécaux d'un effluent urbain en milieu marin. *Vie Marine, hors série* n° 4 : 81 pp.