

ÉTUDE DE LA POLLUTION DU GOLFE DE MARSEILLE

II. — La pollution des sables

par A. BIANCHI et R. MARQUET

Lors de précédents travaux (BIANCHI et MARQUET, 1965), nous avons pu constater que dans les eaux du golfe de Marseille le nombre de germes entériques qui est maximum en surface, diminue progressivement dans les couches sous-jacentes jusqu'au voisinage du fond où la densité bactérienne croît à nouveau. Une telle distribution verticale n'est pas spécifique des germes intestinaux Gram négatif. Étudiant des stations voisines L. DEVÈZE (1959) a montré une distribution identique des germes planctoniques. L'accroissement de la population bactérienne au voisinage des fonds est attribué à la sédimentation des particules sur lesquelles les germes sont adsorbés ainsi qu'à la prolifération dans un milieu généralement plus riche en éléments nutritifs que les couches sus-jacentes.

Afin de vérifier les possibilités de survie des germes entériques dans les fonds marins, nous avons étudié les sédiments et les eaux de 70 stations situées tant en bordure du rivage qu'au centre du golfe.

Techniques.

En utilisant la technique des suspensions-dilutions au 1/10 et 1/100, nous avons étudié la répartition des germes intestinaux Gram — sur milieu « Eosine — Méthylène Blue », l'incubation à 37°C inhibant la majorité des germes marins. La numération des coliformes lactose + a été effectuée sur le milieu « brilliant green bile agar » (Difco) où les sels de bile inhibent le développement des principales entérobactéries autres que les coliformes lactose +. La méthode de culture sur membrane filtrante permettant une distinction aisée des différents types morphologiques de colonies nous avons pu sélectionner les véritables coliformes lactose + en repiquant les colonies caractéristiques sur les milieux de Mac ConKey et « E.C. medium » (Difco).

Afin de compléter l'étude bactériologique nous avons recherché la présence des streptocoques fécaux en ensemençant 4 tubes de milieu « buffered azide glucose glycerol broth » Difco, avec 1 ml de chaque échantillon.

En utilisant la méthode de Tyurin (KONONOVA, 1961), nous avons pu estimer d'une manière approximative la réserve organique des différents échantillons prélevés.

La nature granulométrique du sédiment ayant une très grande influence sur les variations de la microflore des sols (BRISOU, 1956), nous avons effectué une étude sommaire de cette caractéristique selon le processus préconisé dans ce cas par BRAJNIKOV (1943).

Résultats.

1^o) *Prélèvements côtiers.*

Dans une première série d'analyses nous avons étudié des sédiments prélevés dans la zone de déferlement des vagues sur la Plage du Prado. Cette plage est polluée par 3 égouts

débouchant en son milieu et à chacune de ses extrémités. De plus, pendant 8 mois sur 12, l'Huveaune fleuve côtier transformé en égout, rejette au centre de cette plage des eaux contenant plusieurs millions de coliformes au litre.

L'étude des prélèvements effectués à différentes périodes de l'année à 50 mètres de part et d'autre de l'embouchure de l'Huveaune montre une diminution progressive du nombre de germes intestinaux à la suite du détournement de cet égout en période estivale comme le montre le tableau 1.

Date du prélèvement	8 juin	18 août	7 sept.	30 sept.
Nord				
germes intestinaux gram —	23 000	1 000	160	40
Coliformes 1 +	5 200	700	40	20
Sud				
germes intestinaux gram —	1 500	2 200	300	90
Coliformes 1 +	430	1 400	70	5

TABLE. 1. — Nombre de germes/g de sédiment sec prélevé à 50 m au nord et au sud de l'Huveaune. Le détournement de l'Huveaune dans le grand collecteur a eu lieu entre le premier et le deuxième prélèvement.

Toutefois les petits égouts permanents suffisent à maintenir sur tout le rivage une pollution importante pour un lieu de baignade très fréquenté. Selon la distance séparant le lieu de prélèvement du débouché de l'un de ces égouts la colimétrie varie de 5 000 à 350 000 germes au litre d'eau. De même la répartition des germes dans les sédiments semble dépendre plus particulièrement de l'éloignement des égouts et de l'orientation des vents (prélèvement du 18 août), que des variations de la granulométrie ou de la réserve organique du sédiment.

Si on compare la distribution des germes dans les sables à celle des eaux prélevées au même moment, on remarque qu'à poids égal les populations bactériennes ne sont que très légèrement plus importantes dans les sables que dans l'eau. En effet le rapport « Coliformes des sables / Coliformes des eaux » est compris entre 3 et 1 pour les différentes stations. Une telle distribution peut être attribuée à l'action des vagues dans la zone déferlante où le sable est constamment remis en suspension. Dans ces conditions il peut s'établir un certain équilibre entre les populations bactériennes de l'eau et des sédiments. Cet équilibre est confirmé par l'analogie des rapports « germes intestinaux Gram — des eaux / Coliformes des eaux » « germes intestinaux Gram — des sédiments / Coliformes des sédiments ». Dans cette zone de rivage les coliformes lactose + représentent entre le tiers et le quart des germes intestinaux Gram —.

2^o) Influence de l'éloignement de la côte.

Cette étude a été réalisée à partir de prélèvements effectués sur un axe perpendiculaire au rivage, face à l'embouchure de l'Huveaune, deux mois après son détournement dans le grand collecteur. Si on étudie la série de prélèvements représentée sur le tableau 2 on s'aperçoit que dans les eaux comme dans les sédiments le nombre de germes intestinaux présente des variations irrégulières.

Les irrégularités observées dans la phase aqueuse correspondent au déplacement en surface des nappes d'eaux polluées en fonction des courants et des vents dans le golfe. Toutefois l'intensité de la pollution décroît avec l'éloignement du rivage. De même dans les sédiments on peut observer une diminution de la densité bactérienne avec des inversions parfois difficilement explicables par la granulométrie ou la concentration en carbone organique. Ce n'est que dans les statistiques les plus éloignées que l'augmentation de la population bactérienne peut être expliquée

par la présence à ce niveau d'un herbier de posidonies, le sédiment superficiel étant alors très fin et riche en carbone organique.

L'étude du tableau 2 nous montre que la population de germes intestinaux est plus importante dans les sédiments que dans les eaux profondes. Effectivement à toutes les stations situées en dehors de la zone de déferlement des vagues ou plus généralement dans les sédiments non lessivés par des remises en suspension fréquentes, les rapports « germes intestinaux Gram — des sédiments / germes intestinaux Gram — des eaux » et « Coliformes des sédiments / coliformes des eaux » sont toujours supérieurs à 10. Il y a donc prolifération des germes dans le sédiment, cette prolifération est favorisée par une granulométrie fine et une réserve organique

Distance (en m)	Niveau	germes intestinaux Gram-	Coli-formes l +	Carb. org. (en g/kg)	Granulo-métrie (en %)
10	surf. séd.	10 000 1 400 000	5 000 200 000	2,32	sable 98
50	surf. prof. séd.	150 000 60 000 1 000 000	100 000 10 000 300 000	2,55	sablons 63
100	surf. prof. séd.	1 140 000 35 000 80 000	100 000 3 500 10 000	2,44	sablons 60
250	surf. prof. séd.	500 1 700 1 000 000	— de 100 500 25 000	2,15	sablons 76
500	surf. prof. séd.	800 1 700 400 000	300 350 — de 1 000	3,05	sablons 78
1 000	surf. prof. séd.	2 000 900 1 500 000	700 200 80 000	22,0	poudres 30
1 500	surf. prof. séd.	1 000 200 1 000 000	200 50 5 000	19,1	poudres 30

TABL. 2. — Nombre de germes par litre d'eau ou par kilogramme de sédiment (poids sec).

élevée. Les chiffres groupés dans ce même tableau 2 permettent de constater que la population bactérienne d'origine intestinale ne présente plus la même composition dans l'eau et le sable comme c'était le cas pour les prélèvements côtiers. Alors que dans la zone côtière le groupe des coliformes lactose + constituait le 1/3 des germes intestinaux Gram — cette proportion diminue très rapidement lorsqu'on s'éloigne du rivage. Dans les eaux superficielles le rapport « entérobactéries / coliformes » est toujours voisin de 3 mais dans les eaux profondes ce rapport est plus élevé (entre 5 et 6) et dans les sédiments il est toujours supérieur à 10, pouvant dépasser la valeur 1 000 dans les cas extrêmes. Il semble donc que pendant la durée de la sédimentation les coliformes lactose + survivent beaucoup plus difficilement que les autres germes intestinaux Gram—.

3^o) *Prélèvements du large.*

Nous avons effectué une trentaine de prélèvements à des distances de 500 à 1 000 mètres du rivage. A une telle distance de la côte la colimétrie des eaux profondes varie de 100 à 500 germes au litre avec quelques prélèvements plus pollués. Il en est de même pour les sédiments où la colimétrie varie de 15 000 à 30 000 germes par kg (poids sec). Ces variations correspondent parfois à des différences nettes de la granulométrie ou de la réserve organique du sédiment. Toutefois, de nombreuses inversions de ces caractéristiques ne permettent pas de trouver une explication de l'ensemble du phénomène. Par contre tous les échantillons de cette série présentent le caractère, précédemment décrit, de concentration des germes d'origine entérique dans le sédiment avec une diminution importante de la proportion de coliforme lactose +.

Conclusion.

Cette étude nous a montré que les sédiments du golfe de Marseille sont pollués par des germes d'origine intestinale (entérobactéries diverses, coliformes et streptocoques) à une distance du rivage supérieure à 1 000 mètres. Cette pollution présente des caractéristiques identiques à celles des eaux dans les sédiments prélevés dans la zone de déferlement des vagues alors que dans les sables moins remaniés les germes entériques prolifèrent plus activement que dans les eaux. Cette différence d'activité se traduit par un rapport germes des sédiments/germes des eaux supérieur à 10.

L'intensité de la prolifération n'est pas identique pour les différents groupes d'entérobactériacées. En effet dans les eaux comme dans les sédiments prélevés à proximité d'une source de pollution permanente les coliformes composent 1/3, 5 des germes intestinaux Gram —. Dans les eaux prélevées en profondeur à l'écart des pollutions directes par les égouts, les coliformes disparaissent plus rapidement que les autres germes intestinaux Gram —. Le rapport germes intestinaux Gram — / coliformes qui a dans ce cas des valeurs toujours supérieures à 3, dépasse fréquemment 30. Dans les sédiments recouverts par ces eaux ce rapport est très souvent multiplié par un coefficient supérieur à 2. Dans le cas bien particulier du sable déposé à sec sur la plage, ce rapport est généralement supérieur à 100.

Cette évolution de la microflore entérique laisse supposer que les coliformes sont parmi les entérobactéries les plus sensibles aux conditions défavorables du milieu marin. Leur présence en grand nombre serait l'indice d'une pollution récente, pratiquement instantanée, tandis qu'une population d'entérobactéries comprenant une densité réduite de coliformes indiquerait une pollution d'origine plus ancienne.

Station marine d'Endoume et centre d'Océanographie. Marseille.

BIBLIOGRAPHIE

- BIANCHI (A.) et MARQUET (R.), 1965. — Étude de la pollution du golfe de Marseille. I. La diffusion des eaux polluées. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Symp. Pollut. mar. par Microorgan. Prod. pétrol.*, Monaco 1964.
- BRAJNIKOV, BŒUF (F.) et ROMANOVSKY, 1943. — Techniques d'étude des sédiments.
- BRISOU (J.), 1956. — Microbiologie du milieu marin. — Éditions médicales FLAMMARION, Paris.
- DEVÈZE (L.), 1959. — Cycle biologique et écologie des populations planctoniques. — *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, (25) 15.
- FASQUELLE (R.), 1963. — Éléments de bactériologie médicale. — Éditions médicales FLAMMARION, Paris.
- KONONOVA (M.M.), 1961. — Soil organic matter. Its nature, its role in soil formatio and in soil fertility. — PERGAMON, Press.
-