

## Equilibre biologique et pouvoir auto-épurateur de la mer

Aubert M.

La mer Méditerranée

Paris : CIHEAM  
Options Méditerranéennes; n. 19

1973  
pages 117-123

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI010519>

To cite this article / Pour citer cet article

Aubert M. **Equilibre biologique et pouvoir auto-épurateur de la mer.** *La mer Méditerranée.* Paris : CIHEAM, 1973. p. 117-123 (Options Méditerranéennes; n. 19)



<http://www.ciheam.org/>  
<http://om.ciheam.org/>

# Équilibre biologique et pouvoir auto-épurateur de la mer

Maurice AUBERT  
 Directeur de Recherche  
 à l'INSERM  
 Directeur du C.E.R.B.O.M.  
 (1)

La stabilité biologique du Milieu Marin, en dépit des rejets continus en son sein des eaux résiduaires riches en bactéries telluriques et en dépit des populations souvent très denses qui, depuis des millénaires, entourent certaines mers comme la Méditerranée, pose un problème d'un extrême intérêt non seulement dans le domaine de la science fondamentale, mais également sur le plan des applications de la connaissance.

Ce phénomène repose sur une qualité spécifique du Milieu Marin que l'on a qualifié de capacité d'auto-épurateur.

Nous étudierons successivement le comportement des bactéries telluriques entraînées dans le Milieu Marin, les mécanismes connus qui en limitent l'extension et la prolifération, en nous efforçant de les regrouper et de les ordonner dans une théorie générale susceptible de rendre compte de l'état de très faible contamination de la haute mer.

## LA DISPERSION BACTÉRIENNE EN MER

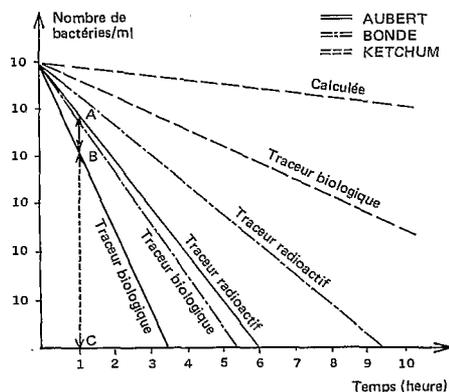
En ce qui concerne le phénomène bactériologique, c'est-à-dire l'agent bactérien responsable de la pollution, il faut savoir que les bactéries, au cours de leur vie et tout au long du chemin qui les mène vers la mer, se sont fixées sur les particules en suspension, minérales ou organiques.

Ainsi que nous venons de le dire, ces particules qui les transportent ont un avenir différent selon leur dimension. Les études faites dans ce domaine montrent que les grosses particules, surtout celles d'un poids spécifique élevé, ont une tendance progressive à la sédimentation, alors que les particules de faible dimension (inférieures à 20 microns) suivent la destinée de la diffusion turbulente des eaux et, de ce fait, sont entraînées dans les couches océaniques superficielles. La majeure partie de la charge bactérienne des eaux résiduaires, soit environ 98,5 %, suit les particules de faible dimension.

Ainsi, c'est en surface et au large des émissaires que l'on retrouvera la plupart des bactéries rejetées, alors que, sur le fond adjacent, la charge bactérienne sera d'extension relativement plus faible.

Ces eaux polluées, de densité plus faible, vont dériver à la surface de la mer; et c'est là que les mécanismes de dispersion des bactéries vont intervenir. Progressivement vont s'établir une lente diffusion et une dilution des eaux usées dans la masse marine. De nombreux auteurs ont pu étudier ces phénomènes d'une manière relativement précise par des méthodes de marquage colorés ou grâce à l'emploi de corps radio-actifs de vie plus ou moins courte (Brome <sup>82</sup>, Iode <sup>131</sup>). Ils ont pu aussi mesurer la dilution de ces eaux, à des distances plus ou moins grandes à la sortie de l'émissaire et en tirer les lois mathématiques sur la dispersion des eaux résiduaires en mer. Mais quand on fait ces mesures d'ordre physique ou chimique, on se rend compte que, contrairement à ce que l'on pourrait croire, le nombre de bactéries initiales se trouvant dans l'eau d'égout, qui est en moyenne voisin de 2 à 3 millions de micro-organismes par millilitre, diminue beaucoup plus vite que ne le laissent présager les phénomènes de dilution (Graphique n° 1).

C'est une erreur de penser que l'étude mathématique des phénomènes de dilution peut apporter d'emblée la réponse sur le nombre des bactéries présentes à telle ou telle distance du rejet,



GRAPHIQUE N° 1 : L'ensemble des études relatives à la disparition des bactéries telluriques des eaux d'égout après leur rejet en mer met en évidence une différence constante entre la diminution réelle du nombre de ces germes et celle qui pourrait être normalement prévue par les simples phénomènes de dilution. Le graphique montre les résultats obtenus par trois auteurs, dans des conditions expérimentales différentes : J. BONDE, dans le cas d'un rejet en Baltique, B. KETCHUM pour un rejet en estuaire (Raritan River, U.S.A.), et M. AUBERT pour l'émissaire d'eaux usées de Nice. L'intervalle AB matérialise le pouvoir auto-épurateur propre à l'eau de mer.

parce qu'en réalité ces agents microbiens sont sensibles par exemple au pouvoir auto-épurateur de la mer. Aussi, lorsqu'on veut envisager prévisionnellement la diffusion bactérienne en mer, il faut affecter les phénomènes de dilution d'un coefficient lié aux actions bactériolytiques intervenant dans le milieu marin.

Des formules mathématiques assez complexes (Aubert et coll., Pearson et coll.) permettent de prévoir, en fonction de la distance, de la vitesse des

courants (c'est-à-dire du temps pendant lequel ces bactéries vont être soumises au contact du milieu marin), la charge bactérienne des eaux de mer en tenant compte également de la qualité des bactéries, plus ou moins sensibles à ces actions auto-épuratrices.

Elles ont permis, à partir de très nombreuses mesures physiques et bactériologiques, de préparer l'implantation de nombreux points de rejets d'eaux résiduaires en mer, dans le but de les rendre non polluants pour les rivages

TABLEAU I

De nombreux auteurs ont étudié la survie des bactéries terrestres, et plus particulièrement celle des germes entériques présents dans les eaux d'égout, dans l'eau de mer naturelle. Cette survie, très courte en eau de mer fraîche, est considérablement augmentée dans la même eau après autoclavage ou simple filtration. Cette observation a conduit les recherches vers l'étude des facteurs d'origine biologique pouvant être responsable de l'auto-épuration de l'eau de mer (Orlob 1956).

Auteurs	Date	Eau de mer		Cond. d'Exp.	Germes	Taux de mortalité
		Source	Traitement			
De Giaxa . . . . .	1889	Baie de Naples	Naturelle	Lab.	<i>E. typhosa</i>	Disparit. en 9 j
		"	Stérilisée	"	"	Disparit. en 25 j
		"	Naturelle	"	<i>Vibrio comma</i>	Disparit. en 4 j
		"	Stérilisée	"	"	Disparit. en 36 j
Burdoni . . . . .	1894	—	—	—	<i>E. typhosa</i>	Disparit. en 14 j
Soper . . . . .	1909	—	—	—	<i>E. typhosa</i>	Disp. en 2-3 sem.
Trawinski . . . . .	1929	—	—	—	Typhoïde	Disp. en 12-16 h
		—	—	—	Dysenterie	Disp. en 12-16 h
		—	—	—	Paratyphoïde	Disparit. en 21 j
Kiribayashi et Aida . .	1934	Port de Kellung	Naturelle	Océ.	<i>Vibrio comma</i>	Disparit. en 10 j
Beard, Meadowcroft . .	1935	B. San Francisco	Naturelle	Océ.	<i>E. typhosa</i>	95 % en 24 h
		"	Filtrée	—	"	90 % en 2 j
		"	Naturelle	—	<i>E. coli</i>	90 % en 3,5 j
		"	Filtrée	—	"	90 % en 4,6 j
Zobell . . . . .	1936	Pacifique	Naturelle	Océ.	B. eaux d'égout	97 % en 2 h
		"	—	"	"	99 % en 2 j
		"	Filtrée	"	"	81 % en 2 h
		"	Autoclavée	"	"	64 % en 2 h
Carpenter . . . . .	1938	—	—	—	B. eaux d'égout	80 % en 1/2 h
Weston et Edwards . .	1949	Port de Boston	Naturelle	Lab.	B. eaux d'égout	40 à 56 % en 4 h
		"	"	"	Coliformes	90 % en 4 h
Départ. Santé Publique						
Californie . . . . .	1942	B. Santa Monica	Naturelle	Lab.	Coliforme	97 à 99 % en 24 h
Vaccaro, Briggs . . . .	1943	Vineyard Sound	Naturelle	Lab.	<i>E. coli</i>	90 % en 24 h été
Ketchum . . . . .	1949	"	"	"	"	90 % en 4 j hiver
		"	Autoclavée	"	"	90 % en 22 j
Williams . . . . .	1950	Puget Sound	Naturelle	"	<i>E. coli</i>	90 % en 1 à 2 j
Orlob . . . . .	1951	Pacifique	Naturelle	"	Coliformes	76 % en 2 j
Tanon . . . . .	1952	Méditerranée	Naturelle	"	B. eaux d'égouts	Destruction
Heim de Balzac . . . .		"	Autoclavée	"	"	Prolifération
Buttiaux et Leurs . . .	1953	Manche	Naturelle	"	Samonelles	38 à 47 % en 44 h
Nusbaum et Carver . .	1955	Baie de San Diego	Naturelle	"	Coliformes	90 % en 1,5 j
		"	Autoclavée	"	"	0 % en 8 j
Gevaudan et Tamalet . .	1957	B. Marseille	Naturelle	"	<i>E. coli</i>	90 % en 24 h
		"	Autoclavée	"	"	75 % en 24 h
		"	Naturelle	"	<i>S. typh.</i>	86 % en 2 j
		"	Autoclavée	"	"	85 % en 2 j
Aubert et Lebout . . .	1962	Baie de Nice	Naturelle	"	B. eaux d'égout	83 % en 72 h
		"	Autoclavée	"	"	Proliférat. en 24 h
Pramer, Carlucci et Scarpino	1963	Atlantique	Naturelle	"	<i>E. coli</i>	94 % en 48 h
		"	Filtrée	"	"	85 % en 48 h
		"	Autoclavée	"	"	53 % en 48 h
Saz, Watson et coll. . .	1963	Vineyard Sound	Naturelle	"	<i>Staph. aureus</i>	99 % en 24 h
		"	Inactive	"	"	0 % de mortalité

adjacents. En effet, on peut trouver des points de rejets où les eaux polluées ont la possibilité d'avoir une extension en mer suffisante pour que l'action auto-épuratrice joue avant qu'elles ne soient ramenées vers les zones littorales. On trouvera dans nos ouvrages ou publications les méthodes de calcul que nous avons élaborées pour répondre à ces questions.

## LE POUVOIR AUTO-ÉPURATEUR DE L'EAU DE MER

Considérons maintenant les phénomènes qui vont se développer vis-à-vis des micro-organismes exogènes au cours de leur dérive dans les eaux marines. Pour l'immense majorité des cas, ainsi que nous l'avons dit ci-dessus, l'expérience montre qu'ils y sont détruits après des temps de survie plus ou moins courts (Tableau n° 1). Cette rapide décroissance n'est cependant pas totale, car il existe des formes microbiennes résistantes mais celles-ci ne représentent qu'un faible pourcentage. Ainsi Zobell indique que 99,9 % des bactéries des eaux usées meurent en 48 heures dans l'eau de mer, le reste survivant plus d'un mois.

Il est classique de décrire ainsi, la courbe de mortalité et de survie des germes des eaux résiduaires :

D'abord, une lag phase ou phase de repos, au cours de laquelle la population reste sensiblement constante. Sa durée est très variable suivant les germes.

Ensuite, apparaît une phase de décroissance qui suit une courbe logarithmique au cours de laquelle la population subit une rapide diminution.

Puis, vient la phase de résistance que l'on voit s'amorcer à la fin de la phase de décroissance et les cellules bactériennes résistantes commencent à se multiplier.

Nous devons aux travaux d'Orlob et à ceux de Ketchum des études mathématiques qui permettent d'exprimer sous forme de formules chiffrées l'évolution des populations bactériennes des eaux résiduaires mises en contact avec de l'eau de mer. Il semble d'ailleurs que les bactéries ne soient pas seules à subir ces effets antagonistes car diverses publications montrent que les virus également y sont sensibles. Cette résistance est d'ailleurs inversement proportionnelle à la concentration initiale. Elle évolue parallèlement à l'abaissement de la température ainsi qu'à l'addition d'eaux d'égout.

Cette action due à l'eau de mer (et la grande majorité des auteurs s'accordent sur ce point), n'est pratiquement valable qu'à condition que l'eau de mer soit fraîchement prélevée et n'ait pas subi de traitement, en particulier, de chauffage.

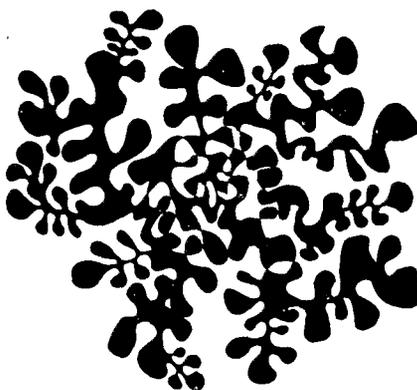
Rappelons brièvement, quelques expérimentations caractéristiques :

— Beard et Medowcroft (1935) montrent une diminution rapide du nombre d'*Escherichia coli* et d'*Eberthella*

*typhosa*, dans l'eau de mer fraîche non filtrée en immergeant dans la Baie de San Francisco des sacs semi-perméables contenant ces germes en suspension dans une certaine quantité d'eau de mer soit filtrée, soit non filtrée.

— Zobell en 1936 constate des faits analogues sur des bactéries issues d'eaux d'égout en présence d'eau de mer naturelle, d'eau de mer autoclavées, d'eau de mer filtrée, et d'une solution test-contrôle. Les germes disparaissent plus rapidement en présence d'eau de mer fraîche.

Ces résultats ont ensuite été confirmés par de nombreux auteurs. Nous citerons pour mémoire, les expériences de Vaccaro, Briggs, Carey et Ketchum (étude comparative de la survie d'*Escherichia coli* dans l'eau de mer bouillie, fraîche, auto-clavée, vieillie pendant une période d'un an) de Carlucci, Pramer et Scarpino (étude comparative de la survie d'*Escherichia coli* dans l'eau de mer fraîche, filtrée ou autoclavée) et en France, celles de Heim de Balzac, Bertozzi et Goudin (étude comparative de la survie des coliformes en eau de mer et en eau douce),



de Buttiaux et Leurs (survie des Salmonelles dans l'eau de mer et dans l'eau douce) et enfin l'expérimentation faite en Méditerranée par M. Aubert, H. Lebout et J. Aubert sur l'étude de la survie des germes entériques aérobies dans l'eau de mer fraîche et dans l'eau de mer stérilisée.

Ces résultats nous amènent aux conclusions suivantes :

L'activité antibactérienne de l'eau de mer s'effectue sur les bactéries pathogènes d'origine entérique des égouts ; elle diminue si l'eau de mer est filtrée ; elle disparaît si l'eau de mer est autoclavée ; elle est pratiquement nulle si l'eau de mer est vieillie.

Ils confirment donc la présence d'un facteur antibactérien dans l'eau de mer naturelle, thermolabile et sensible au vieillissement.

Il est à noter que ce pouvoir auto-épurateur varie dans le temps et dans l'espace et que son intensité d'action n'est constante. Elle dépend des phénomènes biologiques qui les conditionnent.

De très nombreux travaux se sont attachés à étudier les causes de cette

destruction : sans vouloir entrer dans un détail fastidieux, on peut d'emblée considérer que le milieu marin est loin de représenter un milieu favorable aux micro-organismes terrigènes.

C'est un milieu de température basse, auquel il manque un taux de matières organiques suffisant pour le développement microbien, encore que, près des égouts, l'apport en substances azotées ne soit pas négligeable. Certains auteurs ont pensé que des facteurs comme la salinité ou les taux de métaux lourds dissous (Cu, Zn, Co, Ni, Pb, Hg) avaient une influence entravante pour la multiplication des agents bactériens. En réalité, les quantités de métaux dissous dans l'eau de mer sont bien au-dessous des seuils limitants et la salinité ne joue pas un rôle important, car on connaît beaucoup de bactéries qui peuvent être cultivées dans des milieux infiniment plus salés que l'eau de mer, ces espèces halophiles ou halotolérantes ayant par ailleurs des temps de survie particulièrement courts en eau de mer fraîche (*Staphylococcus aureus*, par exemple).

Ce sont donc surtout des phénomènes d'ordre biologique qui interviennent

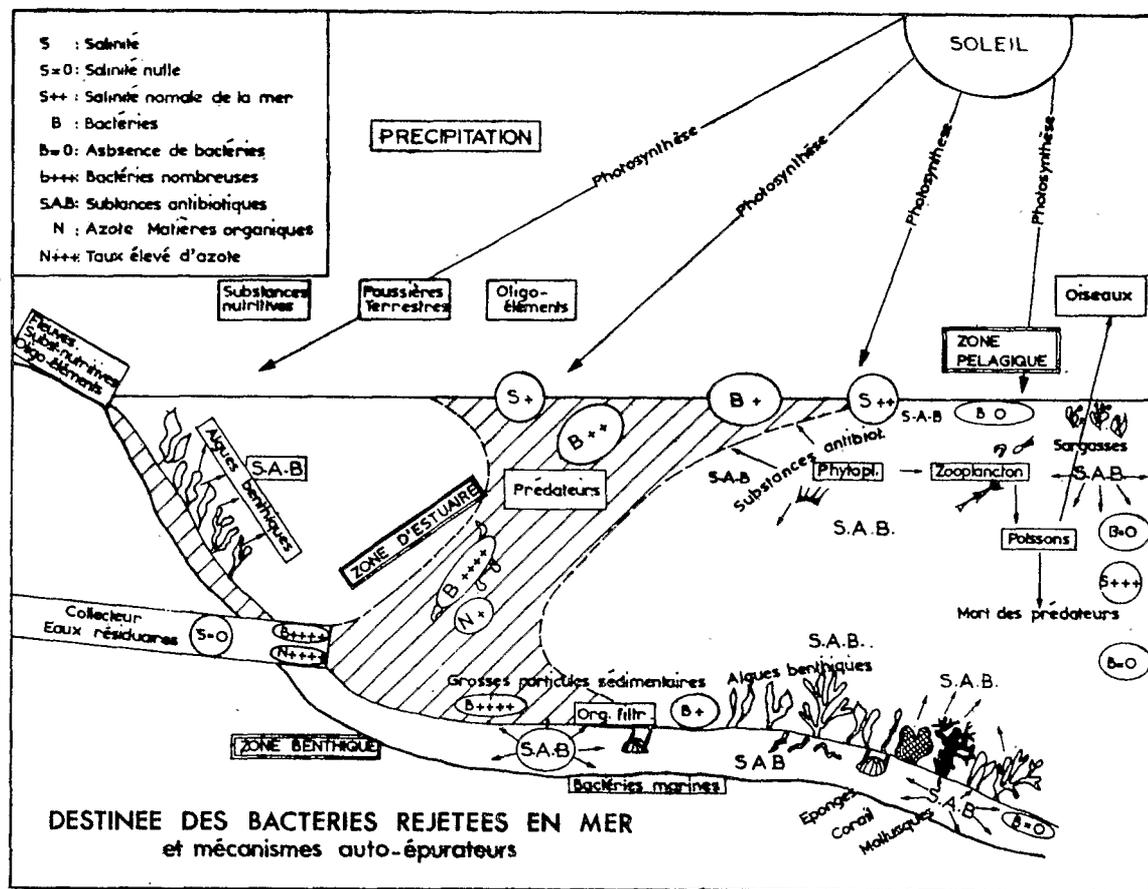
dans cette auto-épuration, et non pas des phénomènes simplement chimiques.

Ces phénomènes biologiques, quels sont-ils ? Leur étude constitue l'un des chapitres les plus intéressants de la biologie marine. Elle aboutit en effet à la détermination des phénomènes qui sont à la base de l'équilibre biologique du milieu marin. Nous avons personnellement contribué à leur mise en évidence. Par la suite, en évaluant leur importance et en regroupant leurs actions, nous avons présenté une « théorie générale de l'auto-épuration de la mer » qui, dans l'état actuel des connaissances, rend compte en grande partie des phénomènes observés. En effet, à côté des phénomènes de défense passive (caractère nettement hostile du milieu) dont on a parlé, il existe des phénomènes actifs, intervenant directement contre les bactéries rejetées dans la mer. Ils ont ceci de particulier d'être différents selon l'endroit où se produisent ces attaques contre les bactéries rejetées. Pour simplifier le problème, nous devons considérer trois zones : d'abord, la zone même du rejet du fleuve ou de l'égout que nous appellerons schéma-

tiquement la zone d'estuaire. Puis nous considérerons la zone du fond marin où ont été englouties les bactéries rattachées aux particules qui ont sédimenté, ce sera la zone benthique. Enfin, nous regarderons la zone qui s'étend vers la pleine mer où vont dériver les eaux superficielles, ce qui constitue la zone pélagique.

A chacune de ces zones correspondent des mécanismes spécifiques où l'auto-épuration s'élabore d'une manière particulière (Graphique n° 2).

a) Dans la zone d'estuaire, proche de l'arrivée des eaux d'égouts, le taux bactérien est élevé : une ville de 300 000 habitants rejette environ un mètre cube et demi d'eaux résiduaires par seconde, dont chaque centimètre cube contient en moyenne 2 à 3 millions de germes bactériens. Dans cette zone d'estuaire, divers mécanismes auto-épurateurs apparaissent, relevant de l'action de microprédateurs tels que les bactériophages ou les *Bdellovibrio bacteriovorus*, et y jouent un rôle principal. Des études très poussées ont été faites sur l'action des *Bdellovibrio bacteriovorus*.

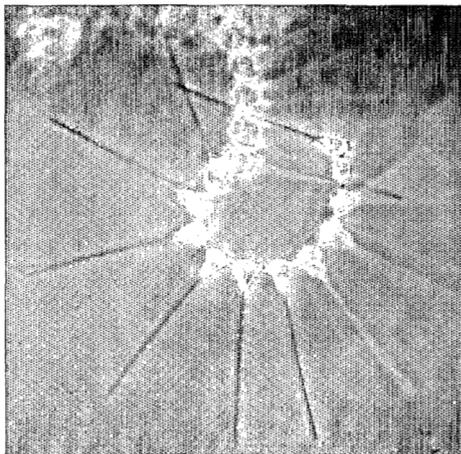


GRAPHIQUE N° 2 : Les bactéries qui sont rejetées dans la mer se trouvent en milieu hostile et soumises à des actions antagonistes. Indépendamment d'actions d'ordre général qui s'exercent sur la totalité des masses océaniques, existe une spécificité d'actions, chacune liée au milieu où elle s'exerce : milieu d'estuaires, milieu benthique, milieu pélagique. Dans le milieu d'estuaires, s'exercent surtout des actions dues aux macro et microprédateurs. En milieu benthique, les phénomènes épurateurs sont dus surtout aux bactéries spécifiquement marines et aux algues, alors qu'en milieu pélagique, il faut surtout noter l'importance des phénomènes d'antibiose dus à la libération par le phytoplancton de substances antibiotiques. Ainsi, par des processus multiples, se réalise « l'équilibre biologique des mers » (M. AUBERT, 1965).

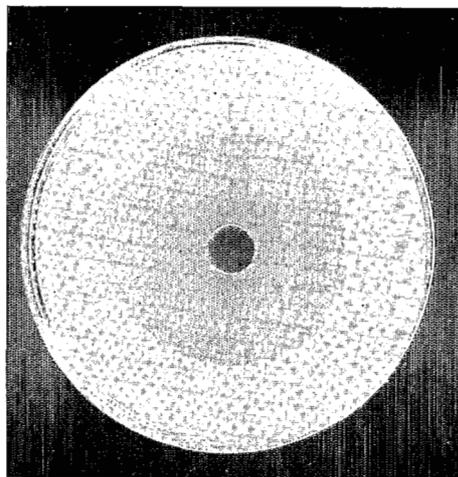
Elles ont montré que ces bactéries de très faibles dimensions parasitent les germes entériques (germes intestinaux rejetés avec les matières fécales) habituels dans l'eau d'égout et les font éclater. Ces phénomènes sont très actifs et importants dans la zone d'estuaire. Ils ne sont pas les seuls : il existe également des macroprédateurs, des animaux pluricellulaires, qui se nourrissent directement des bactéries rejetées.

b) Dans la zone benthique, qui comprend la couche sédimentaire et la strate aqueuse qui la recouvre, on voit jouer un double phénomène : l'action antagoniste des bactéries spécifiquement marines et l'activité antiseptique des sécrétions algacées. Les bactéries marines sont en effet très nombreuses dans la couche sédimentaire benthique, où elles atteignent couramment des concentrations de  $10^8$  à  $10^9$  cellules par gramme de boue. Elles y trouvent une richesse en matières organiques qui favorise leur développement ; elles y jouent le rôle que les bactéries du sol jouent au niveau des terres émergées et sont à l'origine des cycles de la matière tels qu'on les trouve dans tous les sols. D'après les premiers travaux, effectués par ZoBell aux U.S.A. et par Krassil'Nikova en U.R.S.S., on sait que ces phénomènes d'antibiose existent. Les travaux réalisés en France au C.E.R.B.O.M. nous ont permis de déterminer certains mécanismes biologiques qui sont à la base de cette action antagoniste. Ils nous ont conduits à considérer que la destruction des antagonismes interspécifiques existant au sein des populations indigènes et qui s'exercent d'une manière particulièrement intense vis-à-vis des germes terrestres « étrangers », dont la compétitivité est très faible par rapport à celle des micro-organismes adaptés au milieu marin. De tels antagonismes s'exercent en fait par l'intermédiaire de substances chimiques antibiotiques ou enzymatiques. D'autre part, dans cette zone benthique, existent des algues qui tapissent le fond de la mer ; or, comme l'école américaine l'a montré, en particulier par les travaux de Sieburth, ces végétaux rejettent dans le milieu environnant des substances qui ont une action fortement antibactérienne : ce sont en particulier des phénols, des tanins, divers dérivés terpénoïdes et certaines substances de dégradation des chlorophylles. Ainsi donc, dans cette zone benthique, on trouve d'une part un mécanisme de type antibiotique dû aux bactéries spécifiquement marines et d'autre part un mécanisme de type antiseptique dû aux algues.

c) Au niveau de l'immense domaine pélagique, où est rejetée la majeure partie des bactéries entraînées dans les couches d'eaux superficielles et véhiculées par les courants, les mécanismes d'auto-épuration sont vraisemblablement plus complexes. On retrouve, bien sûr, les actions prédatrices dues aux petits crustacés planctoniques, mais c'est par ailleurs dans cette zone pélagique que se trouve la plus grande partie de la



PHOTOGRAPHIE N° 1 : Le phytoplancton, ou partie végétale du plancton marin, comprend de très nombreuses espèces d'algues unicellulaires — ou agrégées en colonies. Parmi elles, certaines sont entourées d'une « coque » siliceuse : les Diatomées. Environ 25 % de ces Diatomées produisent et libèrent des substances possédant une activité inhibitrice vis-à-vis des bactéries terrestres. Sur la photographie : l'une de ces espèces actives, *Asterionella japonica* (Cleve) (Cl. C.E.R.B.O.M.).



PHOTOGRAPHIE N° 2 : Une méthode, l'antibiogramme, permet de mettre en évidence que certaines espèces du phytoplancton libèrent des substances qui possèdent une action antibiotique. Lorsqu'une culture bactérienne est mise en présence de ces substances, elle ne se développe plus et on obtient un antibiogramme qui montre la zone d'inhibition du développement de la bactérie à l'endroit où l'on avait déposé la substance supposée antibactérienne. La photo représente l'antibiogramme obtenu par un extrait de Diatomée (espèce planctonique) sur une culture bactérienne (*Staphylococcus aureus*) (Cl. C.E.R.B.O.M.).

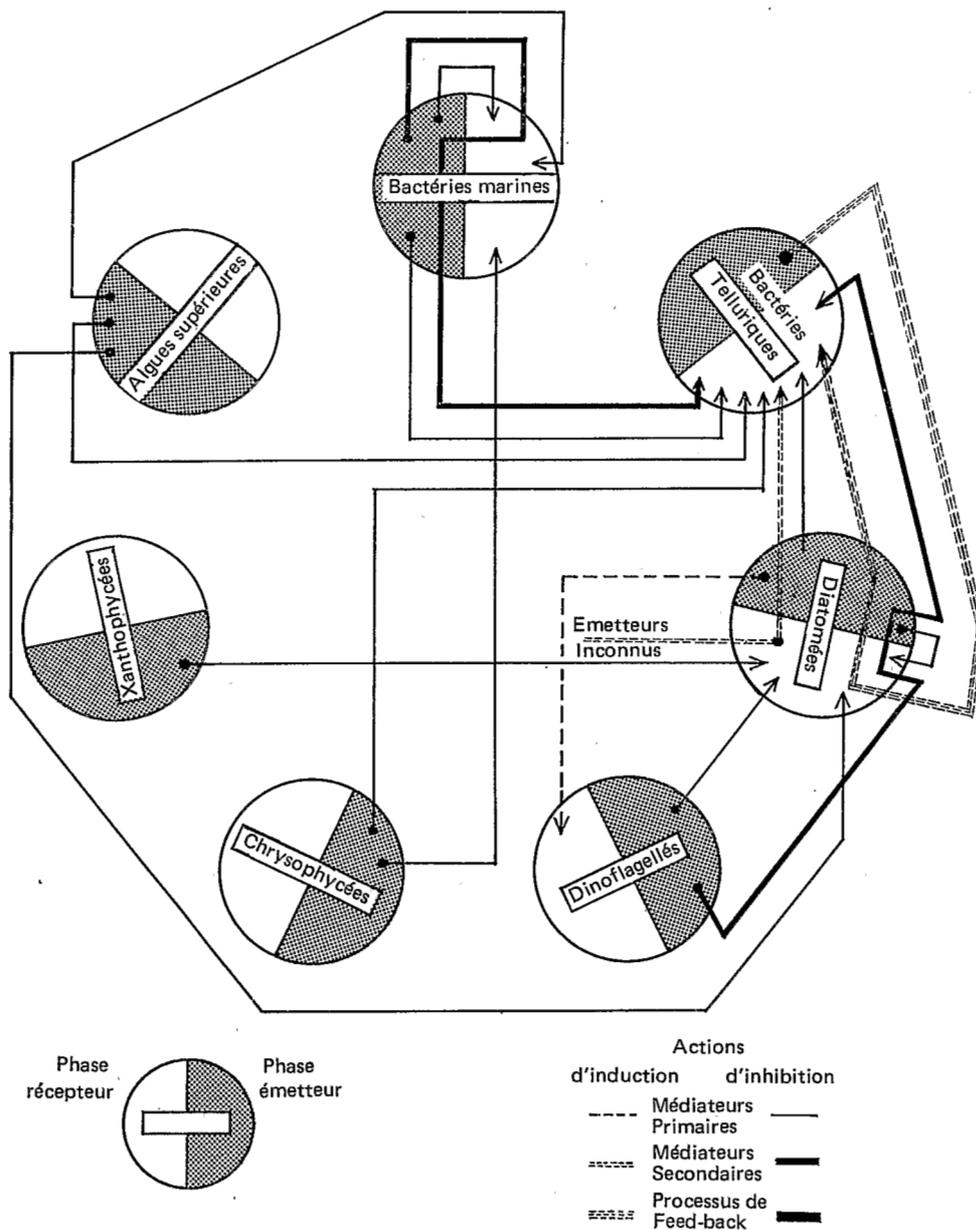
biomasse phytoplanctonique. Nos travaux sur ce sujet ainsi que ceux, plus récents, de l'école américaine ont montré de manière indiscutable que le phytoplancton, ou du moins certaines espèces, libèrent dans l'eau de mer des substances qui ont une action antibactérienne et qui achèvent de détruire la plus grande partie des bactéries qui diffusent dans ces zones pélagiques. Il s'agit là surtout de micro-algues appartenant essentiellement à la classe des Diatomées et à celle des chrysophycées. La nature chimique de certaines de ces substances a pu être déterminée : il s'agit d'un acide gras en  $C_{20}$  et d'un arabinosyl-nucléoside (Aubert et Pesando) dans le cas d'une Diatomée très abondante, *Asterionella japonica* (photographies n° 1 et 2), et de l'acide acrylique naissant chez une Chrysophycée commune dans les eaux froides polaires, *Phaeocystis pouchettii* (Sieburth).

Mais cette analyse des phénomènes d'antibiose d'origine planctonique peut être poussée plus loin.

Nous donnerons deux exemples pris parmi nos récents travaux en résumant nos dernières publications faites sur ce sujet. A partir d'une série d'expériences faites « in situ » et « in vitro » nous

### EQUILIBRE MICROBIOLOGIQUE OCEANIQUE

Essai de synthèse des actions des télé médiateurs chimiques actuellement connus



L'équilibre biologique de l'Océan est sous la dépendance de Télé médiateurs chimiques dont la définition est la suivante : « Ce sont des substances synthétisées par des espèces marines animales ou végétales, libérées dans le milieu et agissant à distance sur le comportement ou les fonctions biologiques de la même espèce ou d'autres espèces. » (M. AUBERT, 1970.)

avons pu démontrer que la proximité d'une espèce de Péridinien *Prorocentrum micans* et d'une espèce de Diatomée antibiotico-productrice *Asterionella japonica*, arrête la synthèse de la substance antibiotique secrétée par cette Diatomée, ce qui bloque l'action antibactérienne habituellement due à cette espèce phytoplanktonique. Il nous a été possible en collaboration avec notre assistante D. Pesando de préciser la nature du médiateur chimique excrété dans le milieu par le Péridinien et agissant à distance. Par des études spectrographiques, des dosages, et l'action d'enzymes, il nous a été possible de déterminer que ce télé-médiateur était une protéine que nous avons pu retrouver dans les cellules de *Prorocentrum micans* et dans le milieu où il a vécu. Cette action spécifique dont nous avons pu démontrer les divers mécanismes s'effectue ainsi par un processus biologique à trois étages, dont chaque étape a pu être précisée et chimiquement identifiée. Ce processus à trois étages fait donc apparaître l'existence de télé-médiateurs de type secondaire, d'action indirecte.

Si dans cette expérimentation que nous venons de citer nous avons pu démontrer les phases successives du phénomène en retrouvant l'origine de l'émetteur initial, d'autres actions analogues ou inverses peuvent être mises en évidence. Ainsi, au lieu d'un blocage arrêtant la sécrétion d'antibiotique par la Diatomée, nous avons mis en évidence l'action d'un médiateur qui provoque au contraire l'induction de cette synthèse. En effet, nous avons pu remarquer, pour que la synthèse de l'antibiotique soit réalisée par la Diatomée, qu'il est nécessaire que dans l'eau de mer où vivent ces Diatomées existent certaines substances que nous avons pu mettre en évidence par spectrographie et qui nous semblent être des nucléoprotéines, mais dont nous ignorons la structure chimique et la source d'émission.

Ces phénomènes intéressant plancton et bactéries sont assez voisins de ceux qui ont pu être également démontrés dans notre laboratoire par notre collaborateur M. Gauthier, concernant les rapports entre bactéries marines et bactéries telluriques. En effet, il est apparu que les bactéries marines (*Chromobacterium* et *Pseudomonas*) qui produisent des substances antagonistes de certaines bactéries telluriques, peuvent être amenées à arrêter cette sécrétion par la présence d'autres bactéries marines d'espèces différentes (*Achromobacter*, *Flavobacterium*). Cette observation n'a pas encore abouti à mettre en évidence la nature chimique du télé-médiateur intervenant dans cette action de blocage de la synthèse de l'antibiotique mais cette recherche est en cours.

Il nous apparaît donc que, comme pour l'action antibactérienne des Diatomées la présence de phénomènes d'induction de cette sécrétion peut-être réalisée par l'action de télé-médiateurs issus d'autres bactéries marines d'espèces également différentes.

Ainsi, il nous apparaît que cette voie de recherche originale qui, du fait de l'isolement et de la détermination de la nature chimique maintenant réalisées d'un certain nombre de télé-médiateurs, sort de l'état d'hypothèse pour entrer dans le cadre de faits expérimentaux et déboucher vers la connaissance de la régulation de la vie marine, en faisant appel aux conceptions de l'Informatique.

Cette optique nouvelle du phénomène d'auto-épuration de la mer, basée sur la spécificité de mécanismes existants et adaptés à chacun des trois milieux qui en sont les principaux éléments constituants, permet de faire la synthèse de faits observés ou expérimentaux très nombreux, dont aucun ne devient contradictoire, mais au contraire complémentaire.

Ainsi, dans l'ensemble du milieu marin, s'établit un certain nombre de dispositifs qui, par le jeu alterné de différents facteurs antagonistes spécifiques, règlent d'une manière constante la pollution bactérienne d'origine terrestre.

Cette notion d'équilibre biologique constamment rattrapé constitue un des éléments de base les plus importants du milieu marin : sa stabilité.

