

ETUDE MICROBIOLOGIQUE DES MORTALITÉS D'HUITRES PLATES, *OSTREA EDULIS* L., DE LA RIVIÈRE BELON

par Paul GRAS

Au cours de l'année 1967, dans les élevages d'huitres plates de la rivière Belon (Morbihan), d'importantes mortalités estivales se manifestèrent dans des conditions analogues à celles des années 1961, 1962 et 1966.

Plusieurs hypothèses pouvaient être envisagées pour expliquer ces soudaines mortalités. Ainsi, parallèlement aux examens microscopiques du plancton local (PAULMIER, 1971) et des tissus des mollusques (HERRBACH, 1971), une étude microbiologique des sols des parcs et des eaux de la rivière a été entreprise.

Il semble en effet, que les caractéristiques topographiques, climatiques et hydrologiques de la rivière sont telles que peuvent s'établir, en son sein, de « véritables périodes de crises » analogues à celles décrites au cours de phénomènes bactériens d'eaux rouges (DEVÈZE et FAUVEL, 1966). C'est ainsi que VATOVA (1963), qui a étudié les conditions hydrographiques de la Mar Grande et de la Mar Piccolo de Tarente, signale des « déficits effrayants d'oxygène », pouvant atteindre 100 % dans les eaux du fond de la Mar Grande, créant ainsi des conditions de milieu anaérobie encore aggravées par la production d'hydrogène sulfuré. Des conditions analogues ont provoqué les « remarquables mortalités » constatées en 1962 dans les élevages de moules de la Mar Piccolo. AUBERT (1970) signale que la libération de l'hydrogène sulfuré peut être « particulièrement lourde de conséquences sur la fertilité du milieu marin » si l'on envisage les conditions abiotiques qu'elle peut provoquer. De même, les mortalités saisonnières observées dans l'étang du Canet sont, pour SENEZ, effectivement liées à la libération d'hydrogène sulfuré par les bactéries sulfato-réductrices. C'est donc sur l'étude des associations microbiennes, qui se développent avant et pendant ces périodes de dystrophies, que notre travail a essentiellement porté.

I. - Quelques données biochimiques sur la formation de l'hydrogène sulfuré.

a) *Le cycle biologique du soufre.*

Le soufre est un des composants principaux de la matière vivante et en particulier des protéines. Il est en outre indispensable, à tous les organismes, comme constituant de plusieurs vitamines et coenzymes.

Le cycle biologique du soufre peut être schématiquement représenté par la figure 1.

L'oxydation des sulfures est réalisée par les bactéries sulfureuses incolores et par les bactéries photosynthétiques ; elle aboutit à la formation de sulfate.

b) *La formation de l'hydrogène sulfuré.*

Les sulfures, et en particulier l'hydrogène sulfuré, peuvent provenir soit de la réduction du soufre oxydé (sulfato-réduction), c'est la voie 2 de la figure 1, soit par minéralisation anaérobie du soufre organique (voie 1).

Dans les conditions écologiques normales, le soufre, sous forme de sulfures provenant de la décomposition de la matière organique, est oxydé en sulfate par les nombreuses bactéries sulfo-oxydantes comme les bactéries sulfureuses vertes et pourpréses ou les bactéries chimiotrophes telles que celles des genres *Beggiatoa*, *Thiospirillopsis*, *Thioploca* et *Thiotrix*. L'activité des bactéries

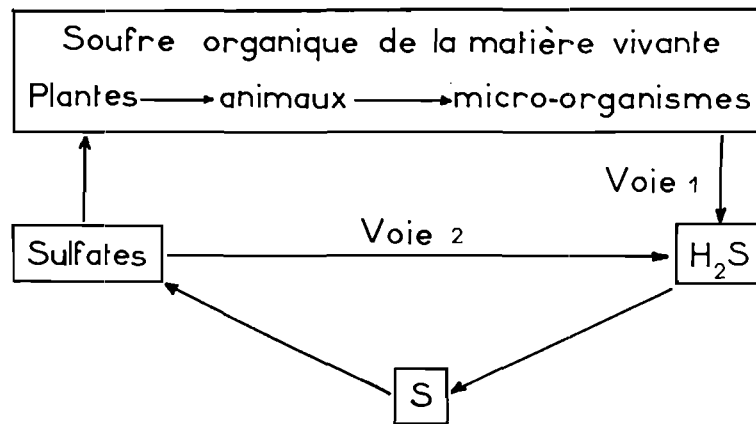


FIG. 1. — Cycle biologique du soufre; (voie 1) décomposition de la matière organique par les micro-organismes, (voie 2) action des bactéries sulfato-réductrices.

sulfo-oxydantes est normalement contre-balancée, comme l'indique la figure 1, par celles des bactéries sulfato-réductrices; mais il peut arriver que, par suite de conditions écologiques particulières, l'hydrogène sulfuré s'accumule déterminant des conditions anaérobies toxiques pour la plupart des êtres vivants.

II. - Matériel et méthodes d'étude.

1° - Prélèvements destinés à l'inoculation des milieux de culture.

Eau de mer. Ils ont été faits en surface à l'aide de bouteille en verre stérile dans deux zones différentes dont les caractéristiques sont les suivantes :

a) Une zone, appelée zone A, située dans le chenal de la rivière à la hauteur des parcs du Gorgen. C'est une zone où la richesse en germes hétérotrophes est faible et varie pendant l'année dans les limites de 4 500 à 450 000 germes au millilitre.

b) Une zone, appelée zone B, située sur les parcs du Gorgen. Les prélèvements sont faits dans les vingt centimètres d'eau qui recouvrent les parcs à la fin du jusant. La richesse en germes hétérotrophes varie au cours de l'année dans les limites de 25 000 à 4 500 000 germes au millilitre.

Sols. Ils ont été faits dans 3 sols différents dont les caractéristiques ont été définies par ailleurs (MARIN, 1971) :

- a) « sol nylon » du Gorgen.
- b) « sol naturel » du Gorgen.
- c) « sol naturel » de Saint-Léger considéré comme sol témoin.

Les prélèvements ont été faits avec le maximum d'asepsie et d'homogénéité, dans les quatre premiers centimètres de sol.

2° - Ensemencements.

Les échantillons de vases ou d'eaux sont ramenés au laboratoire en évitant le plus possible l'oxygénation; les flacons sont remplis jusqu'au col et bouchés hermétiquement.

L'ensemencement a toujours eu lieu quelques heures après le prélèvement car une conservation dépassant 48 h peut, comme l'a montré LAURENT (1964), modifier fortement la microflore des échantillons.

La préparation des suspensions-dilutions a été réalisée de la manière suivante :

1 ml d'eau ou 1 g de sédiment humide est mélangé à 9 ml d'eau de mer stérile et constitue ainsi la dilution 10^{-1} . Celle-ci est ensuite homogénéisée par agitation vigoureuse car le point crucial dans la préparation indispensable à la libération des germes dans le liquide ambiant. La suspension 10^{-1} est ensuite diluée de 10 en 10 dans de l'eau de mer stérile. Les dilutions facilitent la lecture des résultats en diminuant le nombre de germes par tubes à essais à mesure que la dilution est plus forte ; la gamme de dilution utilisée s'étend de 10^{-1} à 10^{-10} .

Les ensemencements sont réalisés en introduisant, à l'aide d'une pipette stérile, un millilitre de chacune des suspensions préparées, dans un tube de milieu de culture. Trois tubes sont ensemencés par dilution.

3° - Milieux de culture.

Trois milieux ont été utilisés. L'un permet la détermination du nombre total de germes et les deux autres, qui sont des milieux électifs, la détermination du nombre de germes susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré.

Milieu I. Il permet la détermination du nombre total de germes. Sa composition est la suivante :

eau de mer vieillie et filtrée	750 ml
eau distillée	250 ml
extrait de levures « Difco »	10 g

Il est réparti en tubes de 16 à raison de 7 ml par tube. L'incubation des cultures a lieu à la température du laboratoire.

Milieu II (principe de ABD-EL-MALEK et RIZK, 1958).

Un milieu liquide contenant un sulfate, de l'azote minéral et un donateur d'hydrogène convenable est ensemencé en anaérobiose. La présence de fer métallique sous la forme d'un clou assure l'état réduit du milieu et révèle la formation de sulfure d'hydrogène.

Source d'azote : chlorure d'ammonium et peptones ;

source de carbone : lactate ;

principe électif : sulfates, anaérobie et fer.

Il permet la détermination du nombre de germes susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré par réduction du soufre oxydé (sulfato-réduction).

Composition :

chlorure d'ammonium	1 g
phosphate bipotassique	0,5 g
sulfate de magnésium	2 g
sulfate de sodium	0,5 g
chlorure de calcium	0,1 g
lactate de sodium, en solution à 60 %	6 ml
eau de mer	1 000 ml

Il est réparti en tubes de 16 à raison de 10 ml par tube. Un clou stérilisé à la flamme est ajouté à chaque tube au moment de l'ensemencement. L'incubation a lieu à 28 °C.

Milieu III. Il permet la détermination du nombre de germes susceptibles de libérer l' H_2S par minéralisation anaérobie du soufre organique.

Principe : un milieu liquide contenant un acide aminé soufré et du citrate de fer ammoniacal et ensemencé en anaérobiose.

La présence de sulfure de fer est révélée par un précipité noir (technique de DE BARJAC et POCHON, 1955).

Composition :

chlorure d'ammonium	1 g
phosphate bipotassique	0,5 g
chlorure de calcium	0,1 g
lactate de sodium à 60 %	5 ml
d-1-méthionine	1 g
citrate de fer ammoniacal	0,5 g
extrait de terre	20 ml
eau de mer	1 000 ml

Il est réparti en tubes de 16 à raison de 10 ml par tube. L'incubation a lieu sous vide à 28 °C.

4° - Lecture des résultats et interprétation.

a) Lecture des résultats.

Milieu I : les tubes sont observés tangentiellement à la lumière ou devant une lampe, sur fond noir. On note le nombre de tubes positifs c'est-à-dire ceux ayant donné lieu à une culture appréciée par ses diverses manifestations (trouble, dépôt, voile).

Milieu II : après trois semaines, tous les tubes sont observés et on note ceux où le clou s'est entouré d'un enduit noir de sulfure de fer.

Milieu III : on note après trois semaines tous les tubes où s'est formé un précipité noir.

Dates	Température de l'eau	pH	Salinité ‰	O ₂ dissous mg/l	O ₂ dissous % de saturation	Microflore bactérienne totale germe/ml
Année 1968						
10-7	20°6	7,9	31,1	8,82	110	4 500
9-8	16°8	7,6	33,1	8,74	105	4 500
27-8	19°	7,7	33,7	7,55	97	95 000
25-9	18°	7,7	32,4	7,4	93	95 000
23-10	15°7	7,6	31,4	8,14	96,5	95 000
20-11	11°3	7,7	29,4	8,63	92	45 000
Période estivale année 1969						
1-7	19°	8,1	23,2	8,3	99	250 000
29-7	18°	7,6	34	7,2	91	450 000
28-8	14°2	7,8	33,8	6,2	73	450 000
25-9	17°	8,2	33,8	6,65	82,5	25 000

TABL. 1. — Quelques caractéristiques physico-chimiques et microflore bactérienne totale de la zone A pendant les périodes considérées.

b) Interprétation.

Après avoir compté le nombre de tubes positifs à chaque dilution, on calcule le « chiffre caractéristique » et on détermine d'après les tables de Mac Crady le nombre le plus probable de germes par gramme de terre ou par millilitre d'eau de mer.

Résultats et discussion.

Notre étude s'est poursuivie durant l'année 1968 et pendant la période estivale de 1969. Nous avons suivi l'évolution du nombre total de germes et du nombre de germes susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré dans les eaux et les sols des diverses stations. Pour chaque prélèvement, nous avons noté quelques caractéristiques physico-chimiques de la station : température, salinité, pH (mesuré colorimétriquement à l'aide de papier Oxyphen) et oxygène dissous (méthode de Winkler).

Microflore bactérienne totale.

1° - Dans les eaux.

a) *Zone A* : la densité de germes y est relativement peu importante (le maximum est de 95 000 germes au ml) et ses variations sont faibles au cours de l'année 1968 comme l'indiquent les résultats consignés dans le tableau 1. Par contre, la micro-population est nettement plus élevée pendant la période estivale de 1969 (tabl. 1) et atteint même 450 000 germes au millilitre.

b) *Zone B* : elle suit sensiblement les mêmes variations que celles de la zone A pendant l'année 1968. C'est ainsi qu'on note un maximum de micro-organismes, au prélèvement du 27-8, correspondant à un début de décomposition des végétaux accentué par une température saisonnière élevée

Dates	Température de l'eau	pH	Salinité ‰	O ₂ dissous mg/l	O ₂ dissous ‰ de saturation	Microflore bactérienne totale germe/g
Année 1968						
10-7	20°5	7,9	31,1	8,2	95,5	25 000
9-8	16°6	7,6	33,7	7,92	97	25 000
27-8	23°	8,1	34,3	7	96,5	250 000
25-9	18°8	7,7	33,7	6,9	85,5	250 000
23-10	15°4	7,4	33	6,1	72,5	250 000
20-11	12°3	7,7	30,6	7,5	83,5	250 000
Période estivale année 1969						
1-7	22°4	8,2	32,8	15,6	209	450 000
29-7	18°6	7,5	33,6	6,70	85	4 500 000
28-8	15°2	7,6	34,2	7,90	95	950 000
25-9	16°9	8,0	34,2	7,15	88	95 000

TABLE. 2. — Quelques caractéristiques physico-chimiques et microflore bactérienne totale de la zone B pendant les périodes considérées.

des eaux. Les résultats font l'objet du tableau 2 (année 1968 et période estivale de l'année 1969). Pendant cette dernière, un maximum bactérien est atteint à la fin du mois de juillet. Cette explosion qui s'annonçait dès les prélèvements du 1^{er} juillet, c'est-à-dire avant la mortalité des huîtres, a encore été aggravée par l'important matériel organique qui s'est trouvé dans la rivière après la mort des mollusques.

La sursaturation anormale (209 %) enregistrée au début du mois de juillet 1969, est une conséquence de l'intense activité photosynthétique pendant les heures d'éclairement, des organismes présents dans les eaux, la teneur en oxygène étant essentiellement fonction de leur densité. Ce sont des pourcentages semblables qui ont été trouvés par CONNELL et CROSS (1950) lors de leurs études sur les zones d'eaux rouges dans un « bayou » du golfe du Mexique et par nous-même (1968 - travaux non publiés) dans un aber breton affecté par un phénomène d'eau rouge à *Gonyaulax*.

2° - Dans les sols.

Elle a été étudiée dans trois sols : « sol naturel », « sol nylon » du Gorgen et « sol naturel » de Saint-Léger, ce dernier se trouvant en amont de la rivière dans une zone où l'on n'a jamais observé de mortalités anormales parmi les populations d'huîtres les années précédentes. Les prélèvements dans la station de Saint-Léger n'ont pu être effectués, faute de temps, que pendant l'année 1968.

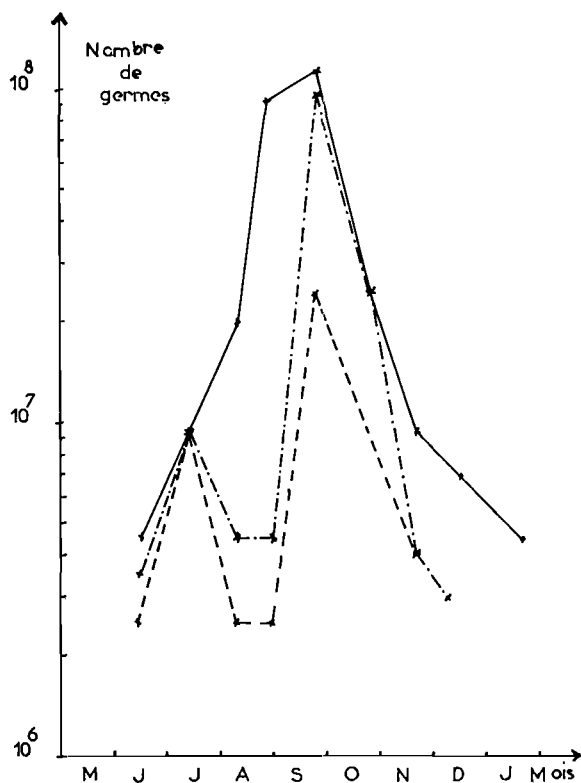


FIG. 2. — Evolution de la microflores bactérienne totale dans la couche superficielle des sols « naturel » et « nylon » du Gorgen et « naturel » de Saint-Léger pendant l'année 1968. Sol naturel du Gorgen (trait plein), sol nylon du Gorgen (point-tiret), sol naturel de Saint-Léger (pointillé).

Les résultats font l'objet de la figure 2 et du tableau 3.

a) « Sol naturel » du Gorgen. Le nombre total des germes dans la couche superficielle de ce sol pendant l'année 1968 (fig. 2) passe, en août et septembre, par un maximum qui correspond à une accumulation de débris organiques pour la plupart d'origine végétale. Pour un sédiment donné, la présence d'une quantité importante de matières organiques est le facteur principal du développement bactérien. Lorsque cette condition est réalisée, les variations des autres facteurs physico-chimiques ne provoquent que des fluctuations de détails, peu accentués, de la densité des bactéries. Nous relevons d'ailleurs des maxima semblables pendant la période estivale de 1969.

b) « Sol nylon » du Gorgen. La microflores totale y est toujours moins élevée que dans le sol précédent (fig. 2). Ceci est dû essentiellement à la granulométrie et à la teneur en eau qui, pour ce sol particulier, défini ci-dessus par MARIN, sont les deux facteurs les plus importants.

À ressources alimentaires égales, un sédiment fin sera le siège d'un plus grand développement bactérien qu'un sédiment grossier.

ZO BELL (1946) nous donne une idée de l'importance de la granulométrie et de la teneur en eau dans la répartition des bactéries ; il dénombrerait en effet :

1 510 000 bactéries par gramme de colloïdes de 1 μ de diamètre dont la teneur en eau était de 98 % ;

78 000 bactéries par gramme de vase dont le diamètre des particules variait de 5 à 50 μ et la teneur en eau était de 56 % ;

22 000 bactéries par gramme de sable humide dont le diamètre des particules variait de 50 à 1 000 μ et la teneur en eau était de 33 %.

c) « Sol naturel » de Saint-Léger. Ses variations sont comparables à celles du « sol nylon » du Gorgen mais avec cependant comme le montre la figure 2, des maxima et des minima plus faibles (25 000 000 de germes au gramme de sol humide contre 95 000 000 et 2 500 000 contre 4 500 000).

Bactéries susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré.

Elles sont ubiquitaires et presque toujours présentes en nombre plus ou moins élevé dans les sédiments marins. Si elles trouvent des conditions écologiques favorables, elles peuvent produire des quantités considérables d'hydrogène sulfuré dont elles tolèrent elles-mêmes des concentrations très élevées. Selon SENEZ (1963) les bactéries sulfato-réductrices supporteraient des concentrations

d'hydrogène sulfuré de plusieurs grammes par litre, concentrations toxiques pour la plupart des autres organismes.

Dates	Température de l'eau	pH	Salinité ‰	O ₂ dissous mg/l	O ₂ dissous % de saturation	Microflore bactérienne totale germe/g
« Sol naturel » du Gorgen						
1-7	29°3	8,2	30,8	1,3	18	9 500 000
29-7	18°4	7,4	34,9	0,1	1,5	9 500 000
28-8	14°8	6,5	34,8	2,4	28,5	95 000 000
25-9	17°	7,9	34,5	1,9	23	11 500 000
« Sol nylon » du Gorgen						
1-7	20°	8,2	33,8	2,2	28,5	9 500 000
29-7	19°6	7,9	35,4	3,4	51,5	9 500 000
28-8	15°0	6,8	35,2	5,5	66,4	45 000 000
25-9	17°	8,3	34,4	6,8	84,5	2 500 000

TABL. 3. — Quelques caractéristiques physico-chimiques et microflore bactérienne totale pendant la période estivale de 1969 dans les sols considérés.

C'est dans certaines régions riches en matières organiques ou « enrichies » en sels minéraux et caractérisées par une faible circulation d'eau, que la densité et l'activité de ces germes revêt une importance souvent considérable pendant les périodes estivales.

Dates	Sulfato-réduction	Minéralisation anaérobie du soufre organique
Année 1968		
10-7	0	4
9-8	0	4
27-8	95	25
25-9	25	25
23-10	9	9
20-11	3	0
Année 1969		
21-1	0	0
19-2	0	0
21-3	0	0
1-7	115	45
29-7	950	150
28-8	115	25
25-9	95	9

TABL. 4. — Variations de la densité des bactéries susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré dans la zone B, par ml d'eau (année 1968, début de l'année 1969 et période estivale).

1° - Dans les eaux.

a) *Zone A* : nous n'en avons presque pas rencontré dans nos prélèvements de 1968, même pendant la période estivale, par contre, nous trouvons 45 bactéries sulfato-réductrices et 25 minéralisatrices au millilitre le 29 juillet 1969.

b) *Zone B* : si l'on compare les résultats des prélèvements faits en 1968 et ceux de l'été 1969, on constate que le nombre de bactéries susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré par sulfato-réduction comme par minéralisation est nettement plus élevé en 1969 comme l'indique le tableau 4. Cette densité accrue traduit les conditions anormales de milieu qui régnaient au niveau des parcs pendant cette période.

2° - Dans les sols.

Il est bien évident que les bactéries susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré sont plus actives dans les sols où l'oxygénation est plus faible que dans les eaux.

a) « sol naturel » du Gorgen : les résultats sont mentionnés dans le tableau 5.

On constate, en 1968, que le maximum bactérien se situe en août et septembre aussi bien pour

les bactéries sulfato-réductrices que pour les minéralisatrices. Mais si au début de 1969, la densité de ces microorganismes est faible, 150 germes au gramme pour les vibrions sulfato-réducteurs et 95 germes au gramme pour les minéralisateurs, dès les premiers prélèvements estivaux, on assiste au début d'une « véritable explosion » bactérienne. Le nombre de sulfato-réducteurs qui était de 150 le 10 juillet 1968 est de 45 000 le 1^{er} juillet 1969 et 95 000 à la fin du mois ; la même remarque est valable pour les germes minéralisateurs, 95 germes le 10 juillet 1968, 25 000 le 1^{er} juillet 1969 et 45 000 à la fin de ce même mois.

Cette intense activité bactérienne se traduit, comme le montre MARIN, par une augmentation de la quantité des sulfures dans le sol, 40 mg par kilogramme de sédiment humide le 1^{er} juillet 1968 et 76 mg par kilogramme le 29 juillet 1969.

Dates	Sulfato-réduction	Minéralisation anaérobie du soufre organique
Année 1968		
10-7	150	95
9-8	250	250
27-8	25 000	25 000
25-9	20 000	25 000
23-10	15 000	4 500
20-11	9 500	450
Année 1969		
21-1	150	95
19-2	950	250
21-3	2 500	150
1-7	45 000	25 000
29-7	95 000	45 000
28-8	95 000	4 500
25-9	9 500	950
10-12	750	250

TABL. 5. — Variations de la densité des bactéries susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré dans le « sol naturel » du Gorgen, par gramme de sédiment humide.

Dates	Sulfato-réduction	Minéralisation anaérobie du soufre organique
Année 1968		
10-7	950	95
9-8	450	450
27-8	45 000	45 000
25-9	25 000	25 000
23-10	9 500	950
20-11	4 500	250
Année 1969		
21-1	450	95
19-2	45	95
21-3	250	75
1-7	1 500	2 500
29-7	7 500	9 500
28-8	95 000	9 500
25-9	9 500	950
10-12	450	950

TABL. 6. — Variations de la densité des bactéries susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré dans le « sol nylon » du Gorgen, par gramme de sédiment humide.

b) « sol nylon » du Gorgen. Les résultats sont mentionnés dans le tableau 6. Pour l'année 1968, ils sont comparables à ceux du sol naturel. Les maxima bactériens ont lieu aussi à la fin du mois d'août.

Par contre, si le début de l'activité de ces microorganismes est aussi constaté le 1^{er} juillet 1968, leur densité est plus faible que pour le sol naturel : 1 500 germes sulfato-réducteurs par gramme de sédiment contre 45 000 et 2 500 germes minéralisateurs contre 25 000. Cette diminution du nombre des vibrions sulfato-réducteurs et des bactéries minéralisatrices anaérobies se traduisait par une production moindre des sulfures dans ce sol par rapport au sol naturel, elle était respectivement de 79,6 mg et 40,0 mg par kilogramme de sédiment.

c) « sol naturel » de Saint-Léger. Les résultats ont fait l'objet du tableau 7. Ils sont, dans l'ensemble, semblables à ceux mentionnés pour le « sol nylon » de la station du Gorgen. C'est ce que laissent d'ailleurs supposer les travaux de MARIN sur la granulométrie et par conséquent, de la teneur en eau, voisine et élevée, de ces deux sols (42,7 % au Gorgen et 52,7 % à Saint-Léger).

Le maximum bactérien estival est cependant beaucoup plus faible à cette station où nous ne dénombriamo 9 500 sulfato-réducteurs et 400 minéralisateurs. Ces résultats s'expliquent par des

conditions écologiques très différentes de celles des parcs du Gorgen qui se trouvent dans une zone plus calme où peuvent s'accumuler des dépôts d'origines très diverses, végétales, animales, planctoniques, etc.

Discussion générale.

L'examen de nos résultats appelle différentes remarques susceptibles de démontrer les conditions anormales de milieu qui régnaient dans la partie aval, puis dans la presque totalité de la rivière, avant le 10 juillet 1969.

Dates	Sulfato-réduction	Minéralisation anaérobie du soufre organique
10-7	250	45
9-8	250	95
27-8	9 500	400
25-9	4 500	250
23-10	2 500	200
20-11	1 150	150

TABLE 7. — Variations de la densité des bactéries susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré dans le sol naturel de Saint-Léger en 1968, par gramme de sédiment humide.

de libérer l'hydrogène sulfuré par sulfato-réduction était de 45 000 au gramme le 1^{er} juillet 1969 contre 950 à la même époque en 1968 pour le « sol naturel » et 1 500 germes au gramme contre 950 pour le « sol nylon ».

Pour les germes susceptibles de libérer l'hydrogène sulfuré par minéralisation anaérobie du soufre organique, l'explosion était encore plus accusée tant pour le sol naturel (25 000 germes au gramme le 1^{er} juillet 1969 contre 95 à la même époque l'année précédente) que pour le « sol nylon » (2 500 contre 95).

De plus à cette même époque, on notait, dans les 20 cm d'eau qui recouvraient les parcs, la présence de bactéries sulfato-réductrices (115/ml) et minéralisatrices (45/ml) alors que nous n'en avions pas dénombré l'année précédente.

Cette extraordinaire densité de microorganismes peut s'expliquer par la présence dans les eaux et sur les sols d'un très important matériel particulaire organique en suspension dû :

à une forte population d'huîtres de poids élevé qui crée un milieu riche en substances fermentescibles tant par le mucus qu'elles secrètent, les déchets qu'elles rejettent que par son épifaune ;

à la présence de matières organiques apportées par les déversements d'eaux usées urbaines ou industrielles accrus pendant la période estivale ;

à la destruction de la majeure partie de la biomasse lors de l'arrivée des « eaux froides » riches en sels nutritifs.

Mais si l'activité bactérienne s'accroît considérablement « lorsque le milieu biotique apporte et propose à l'action des microorganismes un matériel organique important » (PÉRÈS et DEVÈZE, 1963), c'est l'apport de sels nutritifs et principalement de phosphore sous forme de phosphate (MARIN, 1971) qui a dû accentuer très fortement le processus et peut-être même le déclencher, rappelant en quelques sorte le phénomène qui s'est produit, en Yougoslavie, dans le Veliko Jezero où avait lieu une véritable entrophisation de l'étang consécutivement à un essai de fertilisation artificielle d'une région voisine par addition de 36 mg de phosphore sous forme de phosphate par tonne d'eau (PÉRÈS et DEVÈZE, 1963).

Les observations faites mettent en relief l'élimination pratiquement complète des organismes animaux dans les eaux, ce qui est fréquent dans les phénomènes bactériens d'eaux rouges ou d'anaérobiose. C'est ainsi que le 10 juillet, comme le signale PAULMIER, le nombre de diatomées était réduit de moitié par rapport au 1^{er} juillet, celui des dinoflagellés chutait de 400 000 à moins de 50 000, tandis que le nombre des espèces diminuait de plus du tiers. Les populations les plus importantes étaient représentées par les bactéries et la microflore bactérienne totale atteignait des densités très fortes. On dénombrait 450 000 germes au millilitre dans les 20 cm d'eaux recouvrant les parcs le 1^{er} juillet contre 25 000 à la même époque l'année précédente. Les associations bactériennes étaient aussi très importantes dans les premiers centimètres des sols : le nombre de germes susceptibles

Il semble que l'on puisse considérer que l'apport de sels nutritifs par des eaux froides à salinité élevée, sous-saturées en oxygène dissous et l'augmentation de matières organiques d'origines diverses pendant la période estivale a préparé ce milieu semi-fermé semblable aux milieux lagunaires méditerranéens à un état de dystrophie favorisant une explosion bactérienne. C'est cette extraordinaire prolifération de microorganismes qui contribua à créer un milieu anaérobie à la fois par consommation accrue d'oxygène et par dégagement d'hydrogène sulfuré.

BIBLIOGRAPHIE

- BIANCHI (A.), 1968. — Aperçu sur la distribution de certains groupements fonctionnels bactériens au niveau de trois stades d'évolution des feuilles de posidonies. — *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, **42** (58), p. 351-356.
- BONDE (G.J.), 1965. — Bactériological examination of surface water and Bottom deposits of a marine environment. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit.*, Poll. mar. micro org. et prod. pétroliers, p. 195-204.
- BRISOU (J.), 1955. — Microbiologie du milieu marin. — Edit. méd., Flammarion, Paris, 272 p.
- BUTTIAUX (R.), BEERENS (H.) et TACQUET (A.), 1963. — Manuel de techniques bactériologiques. — Edit. méd., Flammarion, 505 p.
- CASSAGNE (H.), 1966. — Milieux de culture et leurs applications. — *Coll. Tech. de base*, Edit. de la Tourelle, Paris, 379 p.
- CERUTTI (A.), 1938. — Le condizioni oceanografiche e biologiche del Mar Piccolo di Taranto durante l'ogosto del 1938. — *Bull. Pesca, Piscic. Idrobiol.*, **14**, p. 711-751.
- CVIIC (V.), 1955. — Red water in the lake « Malo Jezero » (Island of Mljet). — *Acta Adriatica*, **6**, p. 1-15.
- 1960. — Apparition d'« eau rouge » dans le Veliko Jezero (île de Mljet). — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.*, **15**, p. 79-81.
- DEVEZE (L.) et FAUVEL (Y.), 1966. — Un phénomène bactérien d'eaux rouges dans l'étang d'Ingril (Hérault). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **30** (4), p. 365-374.
- FJERDINGSTAD (E.), 1965. — An investigation of the sulphur cycle in bottom deposits. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit.*, Poll. mar. par les microorganismes et les produits pétroliers, p. 209-216.
- GENOVESE (S.), 1961. — Sur la présence d'« eau rouge » dans le lac de Faro (Messine). — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.*, **61** (2), p. 255-256.
- 1963. — The distribution of the H₂S in the lake of Faro (Messina) with particular regard to the presence « red water ». — *Symp. mar. microbiol.* Charles Thomas Publ., p. 194-204.
- HATA (Y.), 1960. — Response of Marine sulfate reducing Bacteria to the salinity of culture medium. — *J. Shimonoseki Coll. Fish.*, **9** (3), p. 329-345.
- HATA (Y.), MIYOSHI (H.), KADOTA (H.) et KIMATA (M.), 1959. — Studies on the marine sulfate reducing bacteria. — VII. Relation between the activity of marine sulfate-reducing bacteria and the oxidation-reduction potential of the culture media. — *J. Shimonoseki Coll. Fish.*, **8** (2), p. 135-145.
- HERRBACH (B.), 1971. — Examen microscopique des huîtres plates de l'estuaire du Belon. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **35** (2), p. 213-214.
- KADOTA (H.) et MIYOSHI (H.), 1965. — Heterotrophy of sulfate reducing bacteria in marine and estuarial sediments. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit.*, Poll. mar. par les microorganismes et les produits pétroliers, p. 205-206.
- KAISER (P.), 1966. — Contribution à l'étude de l'écologie des bactéries photosynthétiques. — *Ann. Inst. Pasteur*, **111** (4), p. 773-749, 2 tabl., bibliogr.
- KRISS (A.E.), 1963. — Marine Microbiology. — Oliver et Boyd Ed., 536 p.
- KRISS (A.E.), MISHUSTINA (I.E.), MITSKEVICH (N.) et ZEMTSOVA (E.V.), English translation by SYERS (K.), 1967. — Microbial population of oceans and seas. — E. Arnold Publ. Londres, 287 p.
- LE PETIT (J.), 1962. — Contribution à l'étude microbiologique des sédiments de la région du Brus (Var). — *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, **42** (27), p. 59-91.
- MALEK (Y. Abd-El) et RIZK (S.G.), 1958. — Counting of sulphate-reducing bacteria in mixed bacterial populations. — *Nature, Londres*, **182**, p. 538.
- MARIN (J.), 1971. — Etude physico-chimique de l'estuaire du Belon. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **35** (2), p. 109-156.
- MATHERON (R.) et BAULAIGUE (R.), 1968. — Cycle biologique du soufre en milieu marin. — I. Contribution à l'étude des relations entre les microorganismes producteurs d'hydrogène sulfuré et les Thiorhodobactéries. — *Ann. Inst. Pasteur*, **114** (1), p. 645-657.
- PAULMIER (G.), 1971. — Cycle des matières organiques dissoutes du plancton et du micro-phytobenthos dans l'estuaire du Belon en 1968 et 1969. Leur importance dans l'alimentation des huîtres. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **35** (2), p. 157-200.

- PÉRÈS (J.M.) et DEVÈZE (L.), 1963. — La vie pélagique. — Paris, Presses Univ. France, 511 p.
- POCHON (J.) et TCHAN (Y.T.), 1948. — Précis de microbiologie du sol. — MASSON édit., p. 20 et 27 à 29.
- POCHON (J.) et TARDIEU (P.), 1962. — Techniques d'analyses en microbiologie du sol. — *Coll. Tech. de base*, Paris, Edit. de la Tourelle, 111 p.
- PREVOT (A.R.), 1949. — Anaérobies réducteurs des sulfates et formation des pétroles. — *Ann. Inst. Pasteur*, **77**, p. 400-418.
- 1966. — Techniques pour le diagnostic des bactéries anaérobies. — *Coll. Tech. de base*, Paris, Edit. de la Tourelle, 153 p.
- PREVOT (A.R.), TURPIN (A.) et KAISER (P.), 1967. — Les bactéries anaérobies. — Dunod Edit., p. 1-57 et 1889-2093.
- SENEZ (J.), 1968. — Microbiologie générale. — Doin, Edit., 952 p.
- STIRN (J.), 1968. — The pollution of the Tunis lake. — *Rev. int. Océanogr. méd.*, **9**, p. 99-106.
- VATOVA (A.), 1963. — Conditions hydrographiques de la Mar Grande et de la Mar Piccolo de Tarente. — *Comm. int. Explor. sci. Mer. Médit.*, **17** (3), p. 749-751.
- WINOGRADSKY (S.), 1949. — Microbiologie du sol. — Paris, MASSON édit., 861 p.
- WURTZ (A.), 1956. — Champignons, bactéries et algues des eaux polluées. — *Bull. franç. Pesc.*, p. 1-25.
- 1957. — Champignons et algues des eaux polluées. — *Ibid.*, p. 89-119.
- ZO BELL (C.), 1958. — Ecology of Sulfate reducing bacteria. — *Scripps Inst. Oceanogr. Univ. California, Contrib.*, n° 1005, p. 359-369.
-
-