

NUMERATION ET APPROCHE QUALITATIVE DES POPULATIONS  
BACTERIENNES DES LAGUNES AMENAGEES DE CERTES (ARCACHON).

II. BACTERIES SULFO-OXYDANTES PHOTOSYNTHETIQUES.

par

B. BALEUX, P. CAUMETTE, M. TROUSSELLIER.  
Laboratoire d'Hydrobiologie Marine, U.S.T.L. place E. BATAILLON,  
34060 MONTPELLIER cedex.

R E S U M E

Des prélèvements effectués dans les sédiments des lagunes aménagées de Certes ont mis en évidence la présence permanente de *Chromatiaceae* et plus précisément des genres *Thiocapsa* (dominant à 80 %), *Chromatium* et *Ectothiorhodospira*.

Des mois d'août à octobre 1977, l'analyse physico-chimique et bactériologique d'une zone d'"eau rouge", dans les lagunes, met en évidence la prolifération de *Chromatiaceae* et la présence d'hydrogène sulfuré dans l'eau. En octobre 1977, une étude réalisée sur une eau blanche voisine de la zone rouge, montre l'absence de bactéries sulfo-oxydantes et la présence d'hydrogène sulfuré, de gaz carbonique et de carbonates.

La comparaison entre ces deux eaux permet de mettre en évidence le rôle important des bactéries phototrophes dans l'équilibre du cycle du soufre dans les milieux eutrophes. La comparaison entre l'étang du Prévost (méditerranéenne) et les lagunes de Certes, fait apparaître une similitude quantitative et qualitative entre les bactéries phototrophes isolées des sédiments, mais par contre, une différence dans l'ampleur des phénomènes d'"eaux rouges".

A B S T R A C T

*Chromatiaceae* are unceasing present in the sediment of Certes's lagoons. The genera isolated are: *Thiocapsa* (80%), *Chromatium* and *Ectothiorhodospira*.

From august to october 1977, physical-chemical and bacteriological analysis, in red water present in lagoons, show the *Chromatiaceae* proliferation and presence of hydrogen sulfide. In october 1977, a study of white water development display the absence of sulphurbacteria and the presence of hydrogen sulfide, carbon dioxide and carbonate. The important role of phototrophic bacteria in the sulphur cycle are demonstrated by comparison between these waters.

M O T S - C L E S : Bactéries phototrophes, eaux rouges, eaux blanches, lagunes

K E Y W O R D S : Phototrophic bacteria, red water, white water, lagoons.

## INTRODUCTION

Les lagunes aménagées de Certes se présentent comme des milieux eutrophes où les productions sont importantes. Par suite de leur superficie relativement modeste, de la faible profondeur de l'eau et d'une grande quantité de sédiments vaseux, réduits et putrescibles, le milieu confiné est propice à des proliférations considérables d'espèces végétales et animales qui peuvent saturer l'écosystème. Cette saturation peut amener l'apparition de crises dystrophiques qui se visualisent par la mort des organismes aérobies vivant dans ce milieu.

La présence d'un taux très élevé de sulfates dans les eaux, comme dans la plus part des milieux saumâtres, permet de penser que lors des crises dystrophiques, le cycle du soufre subira une perturbation par déplacement de l'équilibre vers la production de sulfures et l'anaérobiose.

LABOURG (1975) a observé dans le même site, lors de crises dystrophiques, des "eaux blanches" liées à la présence d'hydrogène sulfuré avec anoxie entraînant l'anéantissement de la faune et de la flore. Ce phénomène semble identique dans ses effets à celui des "eaux rouges" observé dans l'étang du Prévost (Méditerranée) par AMANIEU et coll. (1975). CAUMETTE et BALEUX (1978) ont montré que ces "eaux rouges" sont dues à la prolifération de bactéries photosynthétiques appartenant à la famille des *Chromatiaceae* (*Thiocapsa*, *Chromatium* et *Thiocystis*).

Antérieurement, CVIIC (1960) dans les lagunes yougoslaves, GENOVESE (1963) dans le lac de Faro (Sicile), DEVEZE et FAUVEL (1966) dans l'étang de l'Ingril (Hérault) et plus récemment COHEN et coll. (1977) en Israël ont observé ces mêmes phénomènes d'eau rouges. TRÜPER et GENOVESE (1968) ont isolé des eaux rouges du lac Faro des bactéries phototrophes appartenant aux genres *Thiopolycoccus*, *Chromatium*, *Chlorobium* et *Thiocystis*.

Cependant les bactéries photosynthétiques ne sont pas l'apanage des crises dystrophiques; elles se trouvent d'une manière constante dans les sédiments riches en hydrogène sulfuré et exposés à une intensité lumineuse suffisante. Ces bactéries phototrophes sulfo-oxydantes ont été isolées de l'environnement aqueux par différents auteurs tels que KUZNETSOV (1959), SCHLEGEL et PFENNIG (1961) et KAISER (1966) dans des lacs d'eau douce et par JORGENSEN et FENCHEL (1974), FUJITA et ZENITANI (1975), MATHERON (1976) et HERBERT et TANIER (1977) dans des sédiments marins.

Dans cette publication, sont décrites la présence, la place et l'importance de ces bactéries dans un écosystème lagunaire sous influence océanique ( Certes ).

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Lieu d'étude

Les lagunes aménagées de Certes ont été fractionnées en stations d'étude qui sont présentées dans un travail précédent (Numération et approche qualitative des populations bactériennes des lagunes aménagées de Certes I.). Dans cette étude, 2 stations ont été étudiées; il s'agit des stations LTE située dans le bassin d'Arcachon, près d'une écluse de communication, et BB, située à l'intérieur des lagunes aménagées.

### 1.2. Techniques de prélèvement

Les échantillons ont été prélevés stérilement dans des flacons bouchés à vis, 10 cm en dessous de la surface de l'eau, et par carottage manuel dans le 1<sup>er</sup> cm du sédiment.

### 1.3. Technique d'étude des bactéries phototrophes sulfo-oxydantes

#### - Milieu de culture

Milieu de Pfennig adapté aux milieux marins et saumâtres:

$\text{KH}_2\text{PO}_4$	1	g	Acétate de Na	0,5	g
$\text{NH}_4\text{Cl}$	0,5	g	NaCl	15 à 20	g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1,4	g	O.Elément $\text{SL}_4$	10	ml
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,05	g	Eau Distillée	950	ml
$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{M}$	1,5	ml			

Le milieu ainsi préparé est autoclavé pendant 30 mn à 120°, dans un erlenmeyer de 2 l. Quand le milieu est froid, ajouter les solutions suivantes:

$\text{NaHCO}_3$ à 5%	40	ml
$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ à 5%	12	ml
Vit. $\text{B}_{12}$ (2 mg/100 ml)	1	ml (stérilisée par filtrarion)

Le pH est ajusté à 6,8 pour les bactéries photosynthétiques vertes et à 7,2 pour les bactéries pourpres, par addition de  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{M}$  ou  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{M}$  stériles.

#### - Technique d'ensemencement

Après avoir pratiqué des dilutions sur les échantillons prélevés, 1 ml de chaque dilution et de la solution mère sont ensemencés dans le milieu

de Pfennig, solidifié en tubes: chaque tube contenant un culot de 3 ml d'Agar à 3%, est chauffé jusqu'à liquéfaction et additionné de 7 ml de milieu de Pfennig liquide. Les ensemencements sont pratiqués à 38°, très rapidement. Les tubes refroidis sont recouverts d'un mélange de paraffine et d'huile de paraffine (2/3, 1/3), afin d'assurer une meilleure anaérobiose. Les tubes sont incubés à 22°C, à une intensité lumineuse de 800 à 1000 lux.

Après une incubation de 8 à 15 jours, les bactéries phototrophes sulfo-oxydantes contenues dans l'échantillon sont énumérées par comptage des colonies sur les milieux ensemencés.

En vue de l'étude qualitative et de l'identification, les colonies isolées sont repiquées plusieurs fois et, après culture, les souches pures sont conservées sur le même milieu liquide à 4°C. Une identification rapide a été effectuée à partir des paramètres morphologiques et morphométriques, de la mobilité et de la couleur de la suspension bactérienne.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Etude quantitative et qualitative des bactéries phototrophes sulfo-oxydantes dans les eaux et les sédiments pendant un cycle annuel.

Les résultats portent sur l'étude des échantillons d'eau et de sédiment prélevés chaque mois à 2 stations (LTE et BB). Ils sont reportés dans le tableau 1. Ce tableau montre la présence en quantité assez importante de bactéries photosynthétiques sulfo-oxydantes dans les sédiments lagunaires et dans ceux du bassin d'Arcachon, quelle que soit la saison.

Le nombre de bactéries phototrophes fluctue autour de  $1,1 \cdot 10^4$  bactéries/g. dans les sédiments de la station LTE (Bassin d'Arcachon) et de  $1,6 \cdot 10^5$  bactéries/g. dans ceux de la station BB (station lagunaire). Au sein de ces fluctuations les valeurs moyennes saisonnières sont plus élevées au printemps. Par contre il n'a jamais été isolé de bactéries phototrophes sulfo-oxydantes dans les eaux.

Lors de l'analyse qualitative des bactéries phototrophes isolées des sédiments lagunaires et du bassin d'Arcachon, 3 genres appartenant à la famille des *Chromatiaceae*, ont été identifiés.

Selon la classification proposée par PFENNIG et TRUPER (dans le BERGEY'S Manual 8° ed.) il s'agit des genres *Thiocapsa*, *Chromatium* et *Ectothiorhodospira*. (tableau 2).

Ces 3 genres sont présents dans les sédiments des 2 stations étudiées, indépendamment de la saison, avec une dominance pour le genre *Thiocapsa* (80% de la population). Le genre *Chromatium* (15% de la population) est représenté par l'espèce *C. vinosum*, et le genre *Ectothiorhodospira* (5% de la population) par l'espèce *E. mobilis*.

## 2.2. Etude physico-chimique et microbiologique des eaux et des sédiments lors d'une crise dystrophique.

Pendant le mois d'août 1977, des zones d'eaux blanches et plus ponctuellement d'eaux rouges ont été observées dans des régions beaucoup plus stagnantes que celles où sont implantées les stations LTE et BB, étudiées pendant le cycle annuel.

Dans la "zone rouge" et dès août 1977, on note une forte décomposition végétale et l'aspect rougeâtre est donné par la prolifération de bactéries phototrophes sulfo-oxydantes du genre *Thiocapsa* qui forment une pellicule à la superficie des thalles. Cette prolifération s'est maintenue jusqu'au mois d'octobre. A cette période (11 octobre 1977), l'aspect rougeâtre s'est étendu à l'eau environnante dans laquelle on note alors la présence de *Thiocapsa*. Ce phénomène est de caractère transitoire car dès le 25 octobre, la coloration des eaux redevient normale et les cultures à partir de l'eau sont négatives.

Parallèlement à l'apparition de l'eau rouge, l'étude physico-chimique montre (tableau 3) un pH moyen qui devient élevé le 11 octobre (pH 8), la présence d'hydrogène sulfuré dans l'eau de fond (1 ppm) et la numération bactérienne montre une augmentation du nombre de bactéries phototrophes jusqu'à  $2 \cdot 10^6$  bactéries/ml dans l'eau interfaciale et  $7 \cdot 10^8$  bactéries/g dans le sédiment. Dès la disparition de la coloration de l'eau, le nombre de bactéries phototrophes passe à  $4 \cdot 10^3$  bactéries par g. dans le sédiment et devient nul dans l'eau.

A la même date (11 octobre 1977), une "eau blanche" se développe dans le voisinage immédiat de la "zone rouge" précédemment décrite. Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons prélevés simultanément dans ces 2 eaux colorées montrent des différences importantes (tableau 4). Le pH est beaucoup plus bas dans l'eau blanche, de même que le taux d'oxygène dissous (1,4 ppm). Les taux de nitrates et de nitrites sont comparables dans les 2 eaux. Les taux d'hydrogène sulfuré, de phosphate, de carbonate et de gaz carbonique sont beaucoup plus élevés dans l'eau blanche que dans l'eau rouge. Du point de vue microbiologique, il n'a jamais été mis en évidence de bactéries phototrophes dans les "eaux blanches" de même qu'il n'a jamais été mis en évidence d'autres bactéries sulfo-oxydantes telles que les *Beggiatoa*.

A la même date, l'ouverture des écluses dont le but est le renouvellement des eaux a apporté des changements très importants dans les caractères physico-chimiques des eaux étudiées (tableau 5). C'est ainsi que l'oxygène dissous passe en quelques heures de 1,4 ppm à 9 ppm dans l'eau blanche mais cette oxygénation est fugace car dès le lendemain ce taux retombe à 3 ppm. L'apport extérieur d'eau fait disparaître rapidement et presque totalement l'hydrogène sulfuré aussi bien dans l'eau rouge que dans l'eau blanche, mais il réapparaît rapidement dans l'eau blanche alors qu'il reste pratiquement nul dans l'eau rouge.

### 3. DISCUSSION

Bien que les phénomènes dystrophiques n'atteignent pas l'ampleur de ceux constatés dans les lagunes méditerranéennes (malaigues), les concentrations en bactéries photosynthétiques relevées dans les sédiments du bassin d'Arcachon d'une part ( $1,1 \cdot 10^4$  bactéries/g.) et dans ceux de l'intérieur de la lagune de Certes d'autre part ( $1,6 \cdot 10^5$  bactéries/g.) sont peu différentes de celles trouvées dans une lagune méditerranéenne (étang du Prévost): zone sous influence marine ( $9 \cdot 10^3$  bactéries/g.) et zone plus typiquement lagunaire ( $8 \cdot 10^5$  bactéries/g.). Ces valeurs sont comparables à celles trouvées par KUZNETSOV (1959) dans le lac Belovod, FUJITA et ZENITANI (1975) dans les sédiments de la baie de Omura et MATHERON (1976) dans les sédiments de la baie de Marseille.

L'absence des bactéries phototrophes dans les eaux du bassin d'Arcachon et de la lagune aménagée correspond au fait que leurs exigences métaboliques ne peuvent être réalisées que dans des milieux réduits où le taux de sulfures est suffisamment élevé (PFENNIG 1975), ce qui n'est pas le cas des eaux étudiées. La rencontre potentielle et accidentelle de ces bactéries dans l'eau ne pourrait correspondre qu'à une remise en suspension du sédiment sans que ce transit dans une zone oxydée ne puisse porter atteinte à la survie de ces bactéries (CAUMETTE et BALEUX 1978).

Les seules fois où ces bactéries ont été rencontrées en grande quantité dans des zones rouges correspondent à des conditions physico-chimiques particulières et notamment à l'absence de teneur en oxygène dissous et à la présence d'hydrogène sulfuré d'origine sédimentaire (GENOVESE 1963, AMANIEU et coll. 1975, JORGENSEN 1977 et CAUMETTE et BALEUX 1978).

Dans les lagunes de Certes, bien que les caractères physico-chimiques, lors de l'apparition de crises dystrophiques, soient réunis et bien que le nombre de bactéries présent dans le sédiment soit de  $10^4$  à  $10^5$  bactéries/g., la prolifération des bactéries sulfuraires pourpres dans l'eau n'a jamais atteint l'ampleur de celles observées par les auteurs cités précédemment.

Qualitativement, les genres bactériens rencontrés s'apparentent à ceux décrits par CAUMETTE et BALEUX dans l'étang du Prévost (1978) et MATHERON (1976) dans la baie de Marseille. A Certes le genre *Thiocapsa* domine nettement au sein des populations (80%), pourcentage à peu près identique à celui trouvé dans les régions méditerranéennes. Le reste de la population est représenté par les genres *Chromatium* et *Ectothiorhodospira*. Ce dernier genre est exceptionnellement isolé dans l'étang du Prévost. Par contre les genres de la famille des *Chlorobiaceae*, assez constamment isolés en méditerranée n'ont pas été mis en évidence dans les lagunes de Certes.

La dominance du genre *Thiocapsa* dans les sédiments aussi bien des lagunes méditerranéennes qu'océaniques, permet de formuler l'hypothèse que, à Certes, la présence des bactéries phototrophes n'est pas suffisante pour la création d'une "eau rouge"; il faut des conditions physico-chimiques et topographiques bien précises.

Sur une étude annuelle la population dans les sédiments semble stable, et les espèces isolées sont en petit nombre (population à faible diversité). Lors du phénomène "d'eau rouge", sans qu'il soit possible de constater des proliférations de bactéries photosynthétiques dans la totalité de l'eau, nous avons pu examiner des proliférations localisées conférant une couleur rouge à la surface des sédiments et à l'eau immédiatement supérieures (interface sédiment/eau). A côté des phénomènes de prolifération de *Chromatiaceae*, nous avons pu constater en 1977, l'apparition d'"eaux blanches". Ces "eaux blanches" paraissent comme des crises dystrophiques qui se caractérisent essentiellement par la création de zones anoxiques chargées en hydrogène sulfuré où la mortalité des espèces animales est élevée. LABOURG (1975) arrive aux mêmes conclusions.

L'"eau blanche" survenue dans une zone contiguë à la zone rouge présente des taux de sulfures et de carbonates très élevés. Il semble que ce soient ces composés en suspension qui confèrent à l'eau sa couleur blanche car aucune prolifération d'espèce bactérienne n'a été mise en évidence pour créer une opacité aussi importante. Le pH enregistré dans l'"eau blanche" est beaucoup plus bas, cette acidification relative, vraisemblablement due à la grande quantité de sulfures, peut permettre d'expliquer la précipitation des composés carbonatés sous forme de suspension blanchâtre. En fait, les deux phénomènes sont liés : production de sulfures et de soufre colloïdal et précipitation de carbonates.

Cependant, une question se pose, pourquoi les bactéries photosynthétiques n'ont-elles pas proliféré dans les eaux de la zone blanche ? Il est à noter que, en 1977, les zones d'apparition d'"eaux blanches" se sont situées dans des lieux où l'intensité lumineuse est assez faible : en bordure de terrain, sous couvert végétal (tamaris). L'insuffisance de luminosité pourrait alors expliquer le non développement des bactéries photosynthétiques sulfo-oxydantes. De plus, les *Chromatiaceae* se développent mal dans les milieux où le pH est inférieur à pH 7. Enfin, le taux d'hydrogène sulfuré mesuré dans les "eaux blanches" est nettement plus élevé que celui mesuré dans les "eaux rouges". D'après PFENNIG (1975) les bactéries de la famille des *Chromatiaceae* nécessitent des concentrations d'hydrogène sulfuré assez faibles pour leur développement. Un taux trop élevé serait un facteur bloquant pour leur multiplication. Par contre, un pH compris entre 7 et 8, un taux d'hydrogène sulfuré de 1 ppm et une bonne exposition à la lumière font souvent apparaître des "eaux rouges" dues à la prolifération intense des bactéries phototrophes pourpres, et ce, aussi bien à Certes que dans les lagunes méditerranéennes, avec, cependant, un décalage dans le temps. En effet, alors que les "eaux rouges" apparaissent plutôt en juillet dans l'étang du Prévost, les zones d'"eaux rouges" apparaissent plus tard (début octobre) à Certes. Si l'on veut relier les apparitions d'"eaux rouges" avec les périodes maximales d'ensoleillement, on note, pour l'année 1977, que l'ensoleillement a été maximum en juin-juillet sur les lagunes méditerranéennes alors que ce maximum est en septembre à Certes. En plus du décalage dans le temps, il existe une différence notable dans l'ampleur du phénomène d'"eau rouge". Généralisée à la presque totalité de l'étang du Prévost, l'"eau rouge" n'est que ponctuelle à Certes. Pendant les périodes de crises dystrophiques, le pH peu différent de 7,5, l'absence d'oxygène dissous, la présence d'hydrogène sulfuré à un taux voisin de 1 ppm dans les eaux du Prévost permettent une prolifération intense et généralisée alors que dans les eaux de la lagune de Certes, un pH beaucoup plus bas, des traces d'oxy-

gène dissous, un moins bon ensoleillement ne sont pas les meilleures conditions à la généralisation de la prolifération ponctuelle.

De plus, les "eaux rouges" de l'étang du Prévost apparaissent après un bloom algal intense (*Ulva lactuca*) et il n'a jamais été noté dans cette lagune d'herbiers à phanérogames telles que les *Ruppia* ou les *Zoostera*. Par contre, dans les lagunes de Certes, la présence d'herbiers à *Ruppia* permet de formuler l'hypothèse que ces végétaux éliminent du milieu des composés essentiels à la prolifération des *Chromatiaceae* ou bien qu'ils fournissent de l'oxygène au milieu (analysé lors des crises dystrophiques) empêchant l'anaérobiose de se généraliser à toute l'eau de la lagune. CAHET (1975) a observé le même phénomène dans l'étang de Bages-Sigean où les herbiers à *Zoostera* ne permettent que la formation ponctuelle de "taches rouges" très localisées.

Dans les eaux de Certes, il est possible de penser que, du fait que les bactéries phototrophes sulfo-oxydantes ne peuvent pas proliférer intensément et donc oxyder la grande quantité de sulfures présents, l'eau blanche caractérisée par les taux élevés de sulfures et de carbonates et par l'absence de bactéries phototrophes, est plus fréquemment rencontrée que l'"eau rouge". Le fait qu'une zone rouge soit juxtaposée à une zone blanche et que l'"eau rouge" ne contienne plus de sulfures, de carbonates, de gaz carbonique et de phosphates contrairement à l'eau blanche, prouve que les sulfuraires en se développant permettent une épuration du milieu anoxique.

Les bactéries photosynthétiques sulfo-oxydantes ont oxydé l'hydrogène sulfuré, provenant du sédiment, en sulfates, et par leur métabolisme bien particulier, elles ont consommé une grande partie de carbonates et de gaz carbonique (photosynthèse bactérienne) et de phosphates (source d'énergie).

Des dosages de carbone organique total sur l'"eau rouge" montrent que la quantité de ce composé est beaucoup plus élevée (16 mg/l) que dans l'eau blanche voisine (11 mg/l). Cette dernière concentration se rapproche de la concentration trouvée dans une eau lagunaire normale (10 mg/l).

Si nous considérons que, dans l'"eau rouge", la population bactérienne est essentiellement composée de *Thiocapsa* (80 à 90 %) dont le volume cellulaire moyen peut être évalué à  $17 \mu^3$  (3,2  $\mu$  de diamètre en moyenne), et dont la densité est voisine de 1, la biomasse en carbone organique sera de l'ordre de  $3,5 \cdot 10^{-12}g.$ , la teneur en carbone organique a été évaluée à 20 %.

Le nombre de bactéries photosynthétiques dans la couche interfaciale eau-sédiment étant de  $2 \cdot 10^6$  bactéries/ml, pendant l'"eau rouge", la quantité de carbone organique représentée par ces bactéries est de l'ordre de 7 mg/l.

Aux erreurs d'extrapolation près, ce chiffre représente la différence de carbone organique relevée entre une "eau rouge" et une "eau blanche". (6 mg/l). Dès que les teneurs en hydrogène sulfuré sont à nouveau nulles, les bactéries phototrophes disparaissent des eaux et leur population diminue considérablement dans les sédiments pour se retrouver à des valeurs moyennes semblables aux valeurs enregistrées dans des sédiments prélevés à d'autres stations.

## CONCLUSION

Les bactéries phototrophes sont présentes en permanence dans les sédiments des milieux lagunaires aussi bien méditerranéens qu'océaniques (Certes). Dans ces derniers le nombre de ces bactéries est maximum au printemps et en automne.

Ces milieux lagunaires présentent des crises dystrophiques où les bactéries photosynthétiques sulfo-oxydantes peuvent proliférer en formant des "eaux rouges". (*Thiocapsa*).

Cependant, durant l'année 1977, ces proliférations n'ont pas eu le même déroulement ni la même ampleur dans les deux milieux lagunaires : généralisées et estivales dans les lagunes méditerranéennes, ponctuelles et automnales dans les lagunes aménagées de Certes.

La présence concomitante d'"eau blanche" principalement à Certes serait due à des paramètres physico-chimiques et topographiques bien particulier : taux de sulfures et de carbonates élevés, ensoleillement plus faible, présence d'herbiers de phanérogames à *Ruppia*. Ces eaux blanches sont en général, de plus longue durée que les eaux rouges, et toxiques pour la faune et la flore ; elles sont la cause de dégâts importants.

Dans les eaux rouges, la prolifération des bactéries photosynthétiques a permis d'oxyder les composés réduits du soufre. Elles ont consommé l'hydrogène sulfuré et le gaz carbonique, ainsi que les phosphates et les carbonates qui sont toujours présents dans l'eau blanche où, semble-t-il, toute possibilité de transformation métabolique est bloquée.

Chronologiquement, les eaux blanches peuvent précéder les eaux rouges et si des conditions favorables sont présentes, les bactéries phototrophes peuvent alors se développer et épurer le biotope. Ces bactéries ont un rôle très important dans la pollution excessive des milieux aqueux dans lesquels elles métabolisent les composés toxiques créés par les anaérobies primaires lors de la fermentation de la matière organique et de la sulfat-réduction. Dans un milieu réduit chargé en hydrogène sulfuré elles sont les seuls organismes capables de rééquilibrer le cycle du soufre par oxydation des sulfures, en anaérobiose, à l'aide de l'énergie lumineuse.

## BIBLIOGRAPHIE

- AMANIEU M., BALEUX B., GUELORGET O., MICHEL P. -1975- Etude biologique et hydrologique des étangs littoraux méditerranéens en vue de définir les circonstances d'apparition des crises dystrophiques. Vie et Milieu, XXV, 2-B, p. 175-204.
- CANET G.-1965- Contribution à l'étude des eaux et des sédiments de l'étang de Bages-Sigean (Aude).III, Réduction des composés soufrés. Vie et Milieu, XVI, 2-B, p. 917-981.

- CAUMETTE P. et BALEUX B.-1978- Etude des eaux rouges dues à la prolifération des bactéries photosynthétiques sulfo-oxydantes, dans l'étang du Prévost, lagune saumâtre méditerranéenne (Montpellier, France). Marine Biology, sous presse.
- COHEN Y., KRUMBEIN W.E. et SHILO M.-1977- Solar lake (Sinai) 2. Distribution of photosynthetic microorganisms and primary production. Limnology and oceanography, 22 (4), p. 609-620.
- CVIIC V.-1960- Apparition d'eau rouge dans le Veliko Jezero. Rapport P.V. Reunion C.I.E.S. Medit., 15, 3, p. 79-81.
- DEVEZE L. et FAUVEL Y.-1966- Un phénomène bactérien d'eau rouge dans l'étang de l'Ingril (Hérault). Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 30, p. 365-374.
- FUJITA Y. et ZENITANI B.-1975- Distribution of phototrophic bacteria in Omura bay during the summer with special reference to brown *Chlorobium*. J. Oceanogr. Soc. Jap., 31, 3, p. 124-130.
- GENOVESE S.-1963- The distribution of H<sub>2</sub>S in the lake Faro (Messina) with particular regard to presence of red water. Symp. Marine Microbiol. Oppenheimer Springfield, Ill. U.S.A., p. 194-204.
- HERBERT R.A. et TANIER A.C.-1977- The isolation and some characteristics of photosynthetic bacteria (*Chromatiaceae* and *Chlorobiaceae*) from antarctic marine sediments. J. of Applied Bacteriology, 43, p. 437-445.
- JORGENSEN B.B. et FENCHEL T. -1974- The sulphur cycle of a marine sediment model system. Marine Biology, 24, p. 189-201.
- JORGENSEN B.B. -1977- Solar lake. The sulphur cycle of the benthic cyanobacterial mats. Limnology and Oceanography, 22,4, p. 651-666.
- KAISER P. -1966- Ecologie des bactéries photosynthétiques. Rev. Ecologie et Biologie du Sol, 3, p. 409-472.
- KUZNETSOV S.I. -1959- Die rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Seen. VEB, Deutsch. Verlag der Mikroorganismen, Wissenschaften, Berlin, 309p.
- LABOURG P.J. -1975- Contribution à l'hydrologie des étangs saumâtres de la région d'Arcachon: description des phénomènes d'eaux blanches. Bull. de la Soc. Linnéenne de Bordeaux, V, 1-3, p. 1-8.
- MATHERON R. et BAULAIGUE R. -1976- Sur l'écologie des *Chromatiaceae* et des *Chlorobiaceae* marines. Ann. Microb. Inst. Pasteur, 127 A, p. 515-520.
- PFENNIG N. -1975- The phototrophic bacteria and their role in the sulphur cycle. Plant and Soil, 43, 1, p. 1-16.
- PFENNIG N. et TRUPER H. -1974- The phototrophic bacteria. Bergey's Manual of determinative Bacteriology, 8 ed. Williams and Wilkins, p. 24-64.
- SCHLEGEL H.G. et PFENNIG N. -1961- Die Anreicherungskultur einiger Schwefelpurpurbakterien. Arch. f. Mikrob., 38, p. 1-39.
- TRUPER H. et GENOVESE S. -1968- Characterization of photosynthetic sulphur bacteria causing red water in lake Faro (Sicily). Limnology and Oceanography, 13, p. 225-232.

	Station LTE			Station BB		
	eau	sédiment	moyenne saisonnière	eau	sédiment	moyenne saisonnière
Décembre	0	$3 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	0	$6 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$
Janvier	0	$1 \cdot 10^4$		0	$1 \cdot 10^4$	
Février	0	$7 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	0	$8 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^5$
Mars	0	$2 \cdot 10^4$		0	$1 \cdot 10^5$	
Avril	-	-		-	-	
Mai	-	-	$4 \cdot 10^3$	-	-	$5 \cdot 10^4$
Juin	0	$1 \cdot 10^4$		0	$1 \cdot 10^5$	
Juillet	0	$9 \cdot 10^2$		0	$1 \cdot 10^4$	
Août	0	$4 \cdot 10^3$		0	$5 \cdot 10^4$	
Septembre	0	$5 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	0	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$
Octobre	0	$3 \cdot 10^4$		0	$1 \cdot 10^6$	
Novembre	0	$2 \cdot 10^4$		0	$9 \cdot 10^4$	
Moyenne annuelle			$1,1 \cdot 10^4$			$1,6 \cdot 10^5$

Tableau 1. Distribution annuelle des bactéries phototrophes sulfo-oxydantes dans les eaux et les sédiments des lagunes de Certes (st. LTE BB). Les résultats sont exprimés en nombre de bactéries/g. de sédiment.

Souches	Morphologie	Dimensions	Globules de soufre	Mobilité	Couleur de la suspension	Nom d'espèce
ARC 001	Cellules rondes	3 à 5 $\mu$ de $\phi$	intracel.	-	rose	<i>Thiocapsa roseopersicina</i>
ARC 002	Cellules spiralées	3 à 5 $\mu$ de long 0,5 à 1 $\mu$ de large	extracel.	+	rouge brun	<i>E. mobilis</i>
ARC 009	Cellules ovoïdes	4,5 $\mu$ de long 2 $\mu$ de large	intracel.	+	rouge brun	<i>C. vinosum</i>

Tableau 2. Détermination des caractéristiques des bactéries phototrophes isolées des sédiments des lagunes de Certes.

Dates	pH	T°	H <sub>2</sub> S	O <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>≡</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>2</sub>	Nbre
11.08	7,5	25°	1,5	0	-	-	-	-	-	-	8.10 <sup>2</sup>
19.08	6,5	18°	0	9	-	-	-	-	-	0	2.10 <sup>4</sup>
30.09	-	18°	0	8,5	-	-	-	-	-	0	3.10 <sup>4</sup>
11.10	8,4	18°	1	8	1120	0,03	0,4	0,09	90	0	2.10 <sup>6</sup>
19.10	8	16°	0	11	-	-	-	-	-	-	-
25.10	7,2	16°	0	9,6	-	0,02	0,7	0,06	-	0	4.10 <sup>3</sup>

Tableau 3. Etude de l'évolution d'une zone d'eau rouge d'août à octobre 1977. Les échantillons sont prélevés à l'interface eau/sédiment, le nombre de bactéries phototrophes est exprimé par millilitre d'eau.

	pH	T°	H <sub>2</sub> S	O <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>≡</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>2</sub>	C.O.T.
eau rouge	8,4	18°	1	8	1120	0,03	0,4	0,09	90	0	16 mg/l
eau blanche	6,8	15°	> 5	1,4	1200	0,03	0,3	0,16	200	380	11 mg/l

Tableau 4. Etude physico-chimique comparative entre une eau rouge et une eau blanche contiguës, le 11 octobre 1977. C.O.T. = carbone organique total.

		pH		O <sub>2</sub> ppm		T°		H <sub>2</sub> S ppm	
		R	B	R	B	R	B	R	B
11.10	16 H	8,4	6,8	8	1,4	18	15	1	> 5
11.10	18 H	8	7,4	11	9	18	16	0,1	0,1
12.10	12 H	7,9	7,2	9	3	17	14	0,3	2

Tableau 5. Influence de l'ouverture d'une écluse sur les phénomènes d'eau rouge et d'eau blanche. R = eau rouge ; B = eau blanche. L'écluse a été ouverte le 11 octobre entre 16 et 18 heures.

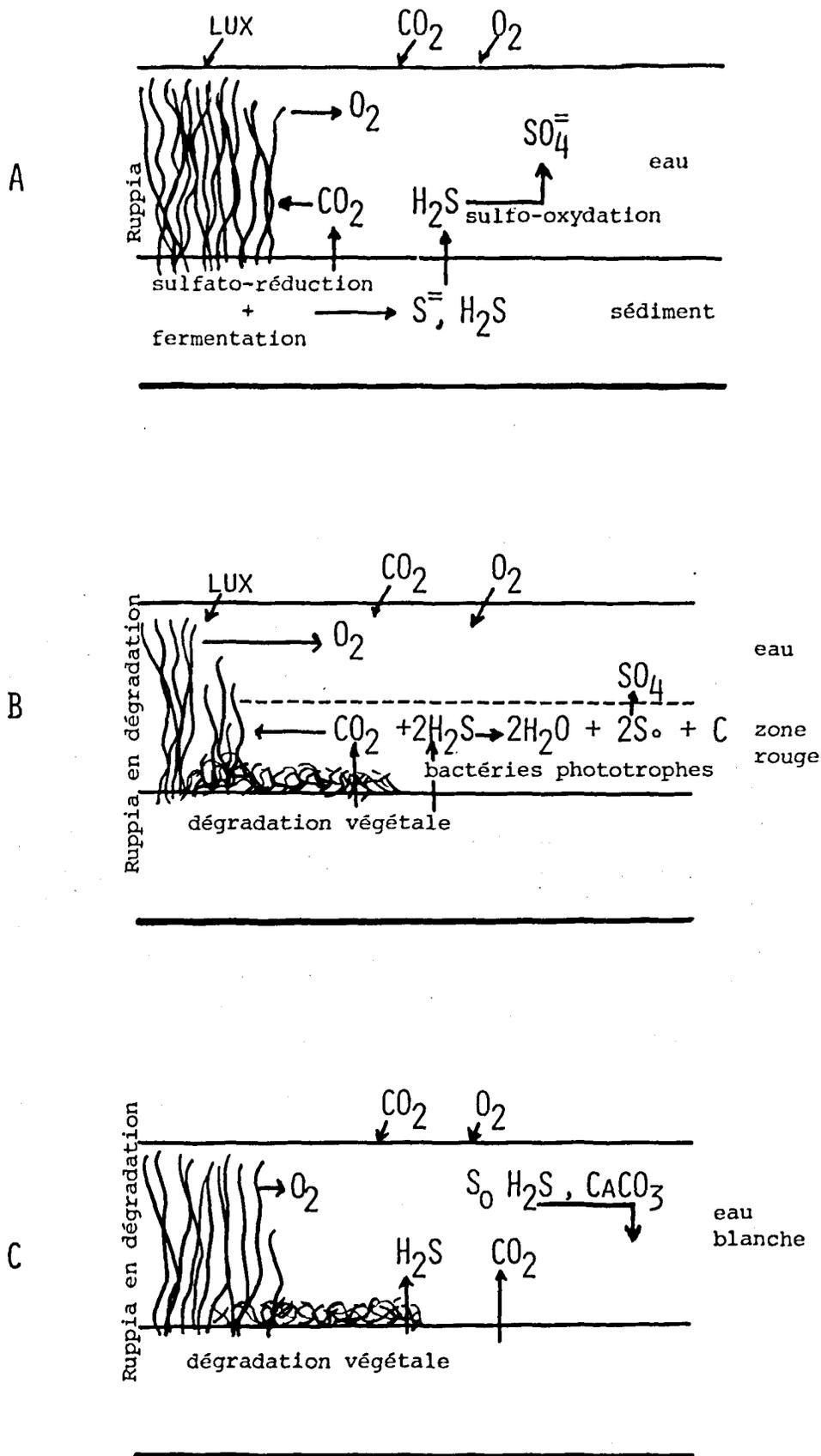


Fig.1. Evolution schématisée d'un milieu lagunaire lors de crises dystrophiques.

- A: état équilibré du cycle du soufre dans la lagune
- B: état de crise avec formation d'une eau rouge
- C: état de crise avec formation d'une eau blanche.

Communication : B. BALEUX, P. CAUMETTE & M. TROUSSELLIER. Numération et approche qualitative des populations bactériennes des lagunes aménagées de Certes.

Q: Mme BIANCHI : Avez-vous déterminé la biomasse des bactéries à partir des comptages sur boîte ?

R: TROUSSELLIER : Oui. Les dénombrements par comptage direct sous microscope seraient sans doute plus représentatifs. Nous devons combiner une étude quantitative et une étude qualitative. Matériellement il nous était impossible de faire des déterminations de biomasses par deux méthodes différentes.

Q: Mme BIANCHI : Comment avez-vous choisi les souches sur les boîtes pour faire les identifications ?

R: TROUSSELLIER : Quand le nombre de souches était très important nous n'avons pas voulu faire d'échantillonnage au hasard. Nous avons essayé de faire des rassemblements morphotypes.

Q: Mr BIANCHI : Les populations naturelles peuvent varier en 24 ou 48 h. Est-ce qu'une périodicité d'échantillonnage de 15 jours vous paraît représentative de l'évolution réelle des peuplements ?

R: TROUSSELLIER : A partir de quelques expériences faites in situ nous n'avons pas observé de différences très importantes dans l'évolution des populations sur 24 h, aussi bien dans l'eau que dans le sédiment.

Q: Mr BIANCHI : Avez-vous constaté des différences de peuplements entre les prélèvements effectués dans l'eau et ceux effectués dans les sédiments ?

R: TROUSSELLIER : Les déterminations sur les prélèvements d'eaux n'ont pas encore été effectuées.

Q: Mr BIANCHI : Dans les phénomènes d'"eaux blanches" n'y aurait-il pas de Thiobacillus oxydant les sulfures de manière aérobie ?

R: CAUMETTE : Je n'ai jamais trouvé de formes bactériennes dans les "eaux blanches" ni formes filamenteuses comme les Beggiatoa, ni bactéries phototrophes.

Q: MARIN : Avez-vous étudié la faune associée aux bactéries responsables d'eaux blanches ou d'eaux rouges ?

R: CAUMETTE : Ces bactéries se développent en anaérobiose, ce qui limite le développement de la faune. Toutefois, j'ai observé, dans des eaux rouges des développements de Protozoaires se nourrissant activement de Thiocapsa.

Q: MARIN : Les bactéries associées au développement d'eaux rouges ne seraient-elles pas toxiques pour les animaux élevés dans de telles conditions ?

R: CAUMETTE : Je ne pense pas car les bactéries épurent le milieu. Les composés chimiques comme l'hydrogène sulfuré sont toxiques pour les animaux; les bactéries disparaissent quand le milieu est épuré.