

Pollution and the Coastal Environment: A Symposium

Franco-American Symposium on the Inputs, Fates
and Effects of Urban Wastes in Marine Waters

University of Maryland
College Park, Maryland, U.S.A.

A Proceedings with Abstracts in English and French



A Maryland Sea Grant Publication
University of Maryland
College Park

Publication Number
UM-SG-TS-87-01

Copies of this publication are available from:

Maryland Sea Grant College
1224 H.J. Patterson Hall
University of Maryland
College Park, Maryland 20742 U.S.A.

This publication is made possible in part by a grant from the National Oceanic and Atmospheric Administration, Department of Commerce, through the National Sea Grant College Program, grant number NA86AA-D-SG-006, projects M-3 and M-4.

The University of Maryland is an equal opportunity employer.

TABLE OF CONTENTS/TABLE DES MATIERES**ENGLISH**

- 1 **Introduction**
- Microbial Contaminants**
- 3 R.R. Colwell
- Nonrecoverability of Fecal Coliforms: Its
 Effect on Coliform Indices
- 7 M. Pommepuy, M. Cormier, M. Breton and
 E. Dupray
- Study of the Bacterial Flora in a Tidal
 Estuary: Elorn, Brest Roadstead
- 10 G.E. Rodrick
- The Uptake, Elimination and Retention of
 Vibriosis in Shellfish
- 12 M. Cormier, J. Minet, F. Le Guyader,
 C. Desmonts, E. Korn, M. Ghoul, M.
 Pommepuy and E. Dupray
- Various Aspects of the Behavior of
 Bacteria of Enteric Origin in the Marine
 Environment
- 16 M.D. Sobsey, V.A. Rullman and A.L. Davis
- Influence of Temperature, Salinity and
 Availability of Food Supply on the
 Elimination of Hepatitis-A Virus and
 Poliovirus Type 1 from the Eastern

Oyster, Crassostrea virginica, under
Depuration Conditions

Toxic Contaminants

- 19 M. C. Ernst
NOAA's National Status and Trends
Program for Marine Environmental Quality
- 22 R. A. Murchelano
Hepatocarcinoma in Winter Flounder,
Pseudopleuronectes americanus, from
Boston Harbor, Massachusetts
- 24 M. Marchand
Organic Pollutants in Urban Effluents and
their Contaminating Contribution to the
Marine Environment
- 27 J. Sanders
Biological Modification of Trace Element
Transport and Reactivity in Estuarine and
Coastal Marine Systems
- 30 G. Barbier
Detrimental Effects of TBT on Oyster
Culture in France: Evolution since
Antifouling Paint Regulations
- 35 R. B. Laughlin
Contemporary Environmental Issues
in the United States Resulting
from Organotin Use

47 J.M. Capuzzo et al.

Bioaccumulation and Biological Effects of
PCBs on Marine Bivalve Molluscs in New
Bedford Harbor, Massachusetts

Estuarine Process and Urban Wastes

50 D. Basta

Strategic Assessment of the Use and
Health of the Nation's Estuaries

52 J.F. Guillaud

Study Program on the Discharge of Urban
Wastes into the Sea

57 S. Nixon

The Utilization of Mesocosms to the Effect
of Nutrients on Marine Coastal Ecosystems

59 L.A. Romana

Behaviors of Major French Estuaries
Subjected to Additions of Urban Waste

65 T.C. Malone

Nutrient Loading and Seasonal Anoxia in
Chesapeake Bay

67 D.F. Boesch

Eutrophication of Shelf Waters in the
Northern Gulf of Mexico: Influence of
Nutrient Additions from the Mississippi
River

- 70 A. Aminot and R. Kerouel
 Impact of Urban Waste on Un-Ionised
 Ammonia Concentrations in Estuarine and
 Coastal Environments
- 76 R. Biggs, M. Carter and B. Beasley
 Susceptibility of United States Estuaries
 to Man-Induced Stress
- 77 D.W. Stanley and R.R. Christian
 Mechanisms Promoting the Development of
 Blue-Green Algal Blooms in the Neuse
 River, North Carolina
- 81 **Summary**

LE FRANCAIS

- 87 **Introduction**
- Les Contaminants Microbiennes**
- 89 R.R. Colwell
 La Nature Irrécupérable des Coliformes
 Faecales et L'Effet sur les Indices de
 Coliforme
- 94 M. Pommepuy, M. Cormier, M. Breton and
 E. Dupray
 Etude de la Flore Bactérienne d'un
 Estuaire a Marées : Cas de L'Elorn, Rade
 de Brest

-
- 97 G.E. Rodrick
Apport, Elimination et Rétension de
Vibrios dans les Mollusques
- 99 M. Cormier, J. Minet, F. Le Guyader,
C. Desmonts, E. Korn, M. Ghoul, M.
Pommepeuy and E. Dupray
Differents Aspects du Comportement de
Bactéries D'Origine Entérique en Milieu
Marin
- 103 M.D. Sobsey, V.A. Rullman and A.L. Davis
Influence de Température, Salinité et
Disponibilité D'Approvisionnement
Alimentaire sur L'Elimination du Virus
Hépatite-A et du Virus Polio Type 1 de
L'Huître de L'Est, Crassostrea virginica,
sous des Conditions de Dépuration

Les Contaminants Toxiques

- 106 M.C. Ernst
Programme National "Etat et Tendances"
de la NOAA pour la Qualité du Milieu
Marin
- 109 R.A. Murchelano
Hépatocarcinome dans les Flets D'Hiver,
Pseudopleuronectes americanus, du Port
de Boston, Massachusetts
- 111 M. Marchand
Polluants Organiques dans les Effluents
Urbains et Apports Contaminants vers le
Milieu Marin

- 114 J. Sanders
Modification Biologique du Transport
D'Elément de Trace et de Réactivité dans
les Systèmes Estuariens et Côtiers
- 117 G. Barbier
Effets Nuisibles du TBT sur L'Ostréicul-
ture en France : Evolution depuis les
Réglementations Antisalissures sur la
Peinture
- 122 R.B. Laughlin
Problèmes de L'Environnement Actuels
Concernant L'Utilisation des Organo-Etains
aux Etats-Unis
- 135 J.M. Capuzzo et al.
Bioaccumulation et Effets Biologiques des
PCB sur les Mollusques Bivalves Marins
dans le Port de New Bedford Harbor,
Massachusetts

Les Dynamiques Estuariennes et les Rejets Urbains

- 138 D. Basta
Evaluation Stratégique de L'Usage et la
Santé des Estuaires aux Etats-Unis
- 140 J.F. Guillaud
Programme D'Etude sur les Rejets Urbains
en Mer

-
- 146 S. Nixon
L'Utilisation des Mésocosmes pour Etudier
L'Effet des Nutriants sur les Ecosystèmes
Marins Côtiers
- 148 L.A. Romana
Comportement des Grands Estuaires
Français Soumis à des Apports D'Origine
Urbaine
- 154 T.C. Malone
Enrichissement en Eléments Nutritifs et
Anoxies dans la Baie de Chesapeake
- 156 D.F. Boesch
Eutrophication des Eaux de Récif au Nord
du Golfe de Mexique : Influence des
Acroissements de Nutriants Venant du
Fleuve le Mississippi
- 159 A. Aminot et R. Kerouel
Impact des Rejets Urbains sur les
Concentrations en Ammoniac non Ionisé en
Milieux Estuariens et Côtiers
- 165 R. Biggs, M. Carter et B. Beasley
La Susceptibilité des Estuaires aux Etats-
Unis à L'Agitation Induite par L'Homme
- 167 D.W. Stanley et R.R. Christian
Mécanismes qui Favorisent la Proliféra-
tion d'Algues Bleu-Vertes dans la Rivière
Neuse, Caroline du Nord
- 171 **Résumé**

INTRODUCTION

The marine and coastal environments of many countries receive pollutants from various sources, including discharges of urban wastes. These wastes--the effluents of sewage treatment facilities, industrial discharges and stormwater runoff--often result in nutrient overenrichment or microbial and toxic contamination of the environment. Human health risks develop through the accumulation of these toxicants and pathogens in fish and shellfish.

Researchers in both France and the United States have been investigating the input, fates and effects of these wastes in coastal and estuarine environments. This report summarizes the presentations and discussions at a joint U.S./French symposium on the discharge of urban wastes in marine and coastal waters, held in September 1985 at the University of Maryland, College Park. The symposium was held under the auspices of the Marine Environmental Research Section of the Bilateral Intergovernmental Agreement between France and the United States for Cooperation in Oceanography, and was hosted by the Maryland Sea Grant College.

The Marine Environmental Research Section has as its objective the exchange of information related to marine environmental problems of mutual concern to France and the United States and the development of comparative assessments of contaminants in the environment. The idea for the symposium grew out of discussion between Dr. Andrew Robertson of NOAA's National Marine Pollution Program Office and both Dr. Rita Colwell of the University of Maryland and Dr. M.

Chaussepiéd of IFREMER's Centre Oceanologique de Bretagne. The symposium was supported by a grant from the National Oceanic Atmospheric Administration.

The objectives of the symposium were threefold:

1. To discuss and compare completed and ongoing research activities associated with urban waste inputs to coastal and estuarine environments;
2. To prepare a summary of research activities discussed;
3. To identify research areas with potential for future coordination or collaboration.

Areas of mutual concern to French and American participants included the evaluation of environmental status and trends, the fate and effects of microbial and toxic contaminants, estuarine processes and the effect of waste discharges on those processes, and biological responses to urban pollution. The workshop brought together leading investigators from both countries and stimulated considerable discussion about recent research findings as well as future opportunities for collaborative efforts.

The symposium was intended as the first in a series of cooperative French and American activities to advance the goals of the Marine Environmental Research Section. It is hoped that the contacts made will continue to bear fruit for many years. It is further hoped that the papers presented in this summary report will stimulate continued discussion and interaction among the participants, as well as other investigators in this important area of marine environmental science.

NONRECOVERABILITY OF FECAL COLIFORMS: ITS EFFECT ON COLIFORM INDICES

Rita R. Colwell
Department of Microbiology
University of Maryland
College Park, Maryland 20742

The use of indicator organisms, particularly fecal coliforms, for detection of bacterial contamination depends on bacteriological counts and types of organisms present. These indicators have been in use for around 100 years. Although these indicators can still provide useful information, new techniques for detection and enumeration of human enteric pathogens are needed. In addition, many important pathogens, e.g. Vibrio species, are part of the natural marine flora and cannot be eliminated. They are also not enumerated by the usual techniques used to detect coliform bacteria. Recent outbreaks of cholera in Louisiana, including about 16 incidents in 1986, emphasize the importance of this problem.

The distribution of Vibrio species in the Chesapeake Bay is governed by various environmental conditions within the estuary; for example, V. cholerae is found in the upper Bay down to about 17 ppt salinity. In contrast, the distribution of coliforms in the Bay is not clearly related to salinity; high coliform counts can usually be traced to point or nonpoint-source runoff. Vibrio species are also limited by temperature, and cannot be cultured in water samples below 15°C.

The relationship of Vibrio distribution to that of other organisms is also critical. V. parahaemolyticus

abundance is closely related to the cycle of abundance and reproduction of the species of planktonic copepod in the Chesapeake Bay. The bacteria are attracted to the egg case of the gravid female copepod, and Vibrios are also found in the gut of the copepod. On the other hand, Escherichia coli does not show any of these distribution patterns, but is clearly related to patterns of waste discharge. Vibrios, especially V. parahaemolyticus, are found in the hemolymph of the blue crab, and the hind gut of this species is readily colonized by V. cholerae. E. coli is found only in highly polluted waters. We are thus dealing with normal members of the estuarine community, which play major roles in the functioning of the system.

Microorganisms have developed mechanisms to respond to variable estuarine conditions. They enter a state similar to spore formation, called the "somni-cellular" state, where they cannot be cultured in routine laboratory media, although they can be counted directly. If cultures of Vibrio or E. coli are exposed to low temperatures ($< 10^{\circ}\text{C}$), and aliquots are plated on the usual culture media each day, the total plate counts gradually decline to zero. But if the original culture flask is examined under a microscope, the cell counts are nearly the same as at the beginning of the experiment. Fluorescence microscopy, using acridine orange stain, shows very enlarged cells if naladixic acid and yeast extract are added to the water sample and the sample is then incubated for six to eight hours at ambient temperatures (Xu et al. 1983).

A similar response was shown by E. coli, when cultures were placed in membrane chambers and exposed to full ambient sea water. The number of

culturable cells constantly declined, although total cell numbers in the chambers remained the same. E. coli exposed to a combination of low temperature and sea water for ten days could not be cultured, but when injected into rabbit iliac loop, displayed pathogenicity. Recovered cells could then be cultured on the usual media. V. cholerae, Shigella and other pathogens behave in the same manner.

The "viable but non-culturable" phenomenon is a very important point for environmental microbiology and for microbiological indices of pollution. It has been demonstrated that a large outbreak of Campylobacter jejuni infections in England could be traced to chickens which had been given water from a well which showed no bacterial contamination by the usual plating techniques. However, direct counts demonstrated the presence of Campylobacter jejuni. Infectivity was directly related to the contaminated well water by comparing chickens given the well water and chickens of a control group given the same water after it had been autoclaved. It was hypothesized that the source of the contamination was a nearby river, via groundwater.

Therefore, we cannot rely on the traditional plating techniques to enumerate or detect pathogens. New methods which combine fluorescent antibody and cell-sorting techniques to detect pathogens are needed.

Bacteria, including certain pathogenic species, are naturally occurring members of the estuarine flora. They play major roles in the decomposition and recycling of organic material and have recently been shown to be necessary to the successful setting of

planktonic larvae such as those of oysters.

Other concerns

There is an increasing incidence of multiple drug-resistant plasmids in estuarine bacteria; this is especially true of waste-contaminated areas. They do occur in remote sites, but as the amount of effluent increases, the incidence and antibiotic resistance of these plasmids also increases. In such cases resistance to metals also increases, which is not surprising given the fact that the genes furnishing the codes for resistance to metals and antibiotics can be carried on the same plasmids.

Summary

- The coliform count has served well as a gross measure of water quality, but as we refine our model of estuaries, we cannot rely on these counts to determine potential hazards to human health.
- The presence and role of naturally occurring pathogens must be recognized, and methods developed and employed to detect them.

Reference

- Xu, H.-S., N. Roberts, F.L. Singleton, R.W. Attwell, D.J. Grimes and R.R. Colwell. 1983. Survival and viability of non-culturable Escherichia coli and Vibrio cholerae in the estuarine and marine environment. Microbial Ecology 8:313-323.

STUDY OF THE BACTERIAL FLORA IN A TIDAL ESTUARY: ELORN, BREST ROADSTEAD

M. Pommeputy*, M. Cormier,** M. Breton,*
E. Dupray*

*IFREMER, Centre de Brest, B.P. 337,
29273 BREST CEDEX

**Laboratoire de Bactériologie Pharmaceutique,
Faculté de Pharmacie, avenue du Professeur Léon
Bernard, 35043 RENNES CEDEX

Because of their morphology and the numerous activities which occur around them, estuaries are subject to a variety of contaminating influences. These may be direct (rivers, waste treatment plant), or indirect (sediment, runoff, etc.). The purpose of our work is to look for a method that may be used to study the trends in time and space of bacterial flora in the estuary.

Various culture media are used to do this, in particular Drigalski's medium, a medium used in clinical bacteriology in France for isolation of gram negative bacilli. The medium was modified by varying incubation temperatures (42°C, 37°C, 25°C) and salt content. For instance, on this fresh water medium incubated at 42°C, the majority of the bacteria isolated are of enteric origin; using the same medium with salt added, incubated at 25°C, bacteria from the environment and halotolerant bacteria may be isolated. In addition, supplementary media are also used to demonstrate total marine flora, total fresh water flora, anaerobic bacteria, etc.

This method has been used in various estuaries in Bretagne. The results reported here concern the Elorn (Brest roadstead), and their interpretation, especially by the statistical method of correspondence analysis, shows that in this macrotidal estuary (7 meters at spring tides), the bacterial flora come from three sources: two permanent direct sources with variable contaminant level (the river and particularly the waste treatment plant) and one discontinuous and indirect source (sediment).

In periods of low turbulence or deposition (at neap tides or when the river flow is low), the sediment is not resuspended; the two main sources which contaminate the estuary are the waste treatment plant and the river itself. In the upstream part of the estuary, there is at that time very likely a period favorable to the deposition of contaminated particles onto the riverbed sediments. In this ecosystem, exogenous flora will be altered through competition with endogenous species that are well suited to the medium; the presence of organic matter in the sediments close to the outflow from the waste treatment plant should play an important role, especially if, as observations using a scanning microscope show, the bacteria coming from this discharge are usually concentrated in the organic matter, which protects them and provides the nutrients necessary to their survival. The counts found in the sediment during this deposition period may be 10 to 100 times greater than those found in the water.

In the water, the bacterial flora decrease in number from the upstream to the downstream section, and contaminating flora are progressively replaced by marine bacteria; this modification is related to the

increase in salinity. It would seem that in the upstream part of the estuary, the bacterial mortality phenomena are low or compensated for by bacteria coming from the turbidity maximum, and a remarkably conservative dilution of coliforms is noted during their transport. Finally, the halotolerant nature of the isolated strains is very marked.

During periods of high turbulence or erosion (in spring tides or during flooding of the Elorn), a third source of contamination--sediment brought back into suspension--is added to the previous system. This contribution is far from being negligible and may even be very substantial with regard to exogenous contaminating flora. Erosion of the riverbed is then observed causing, first, reduction in bacterial concentrations in surface sediments and, second, modifications of the bacterial flora in the water, which then ally themselves with those in the sediment.

Finally, a seasonal trend in bacterial flora is observed during the year, which could be partially explained by variations in salinity or temperature in the estuary.

In conclusion, taking into account many bacterial parameters such as counts on various culture media makes possible identification of several flora characteristic of various sources and assessment of their respective impacts on the quality of a coastal area.

THE UPTAKE, ELIMINATION AND RETENTION OF VIBRIOS IN SHELLFISH

G. E. Rodrick
University of South Florida
College of Public Health
Department of Environmental/Occupational Health
Tampa, Florida 33612

Shellfish such as oysters and clams are filter-feeding organisms that can accumulate potentially pathogenic bacteria at concentrations greater than those found in their ambient seawater environment. If such shellfish are consumed raw or improperly cooked they may represent a risk for bacterial infection. One potential group of pathogens, the Vibrios, were studied in relationship to their uptake, elimination and retention in shellfish.

Clams and oysters were exposed to known quantities of algae and bacteria (Escherichia coli, Vibrio cholerae, V. vulnificus) and V. parahaemolyticus.) and allowed to accumulate or concentrate the bacteria. Specifically, the highest numbers of bacteria were obtained inside the oyster and clam at four and six hours respectively. The distribution of the bacteria in selected tissues (digestive gland, gonadal area, mantle and gill) of the clam and oyster was determined. The highest concentration of bacteria was found in the digestive gland, while the hemolymph contained the least.

The effects of ultraviolet assisted depuration of clams and oysters were analyzed. A 99.9 percent reduction in Vibrios occurred after four hours of

ultraviolet exposure in laboratory contaminated seawater in clams and oysters. In contrast, only a 50 percent reduction of Vibrios occurred after 48 hours of ultraviolet depuration of naturally infected oysters.

In conclusion, results reported are consistent in that low levels of bacteria are rapidly removed by the clam and oyster during depuration. In addition, the bacteria are killed rapidly in high numbers in recirculating ultraviolet treated seawater. In laboratory infected clams and oysters high numbers of bacteria can be significantly reduced. However, naturally infected clams and oysters are much more difficult to depurate. Reasons for these differences remain unclear and are currently being investigated.

(Supported by Florida Sea Grant & NOAA.)

**VARIOUS ASPECTS OF THE BEHAVIOR OF BACTERIA
OF ENTERIC ORIGIN IN THE MARINE ENVIRONMENT**

M. Cormier*, J. Minet*, F. Le Guyader*,
C. Desmonts*, E. Korn*, M. Ghoul*, M. Pommeputy**,
and E. Dupray**

*Laboratoire de bactériologie pharmaceutique, Faculté
de Pharmacie, avenue Prof. Léon Bernard,
35043 Rennes Cedex

**IFREMER, Centre de Brest, B.P.337, 29273 Brest
Cedex

Escherichia coli is widely used as a control on
the contamination of freshwater and marine
environments. The behavior of Escherichia coli in the
marine environment establishes the validity of
techniques for evaluating contamination by bacteria
counts and may be used as a model for studying the
survival of pathogenic bacteria of human origin in the
coastal environment.

Fluorescence or immunofluorescence techniques
are at the present time recognized as being able to
demonstrate bacterial flora as a whole, whether they
are culturable or not. We used the indirect immuno-
fluorescence technique for counting Salmonella in
sediments from the Morlaix River.

The adhesion of bacteria to suspended organic
matter plays a considerable part in the survival of
bacteria introduced into a hostile environment.
Counts after differential filtration show that the
bacteria in the wastes are most often associated with
organic colloids. Our studies in the Brest roadstead

showed the part played by sedimentation in the purification of the marine environment. We studied the penetration and survival of contaminating bacteria in the sediment.

1. Halotolerance of Escherichia coli

This study related to strains isolated from the marine environment and strains of hospital origin. The growth capacity of Escherichia coli in the presence of various concentrations of NaCl was evaluated in a minimum medium + glucose + glycine-betaine and in a complex medium (trypticase-soya broth). The halotolerance of the two populations of Escherichia coli increased with the accumulation of glycine-betaine and amino acids. However, the selection pressure of the marine environment on Escherichia coli appeared in the minimum medium: while 90 percent, 40 percent and 30 percent of the marine strains developed on media containing 30 g, 40 g, and 60 g of NaCl per liter, only 22 percent, 28 percent and 3 percent of the hospital strains were apt to do this.

In addition, we never observed any glycine-betaine synthesis in Escherichia coli but only an accumulation of exogenous glycine-betaine. It would thus appear that the sensitivity of Escherichia coli to salt is low in a medium that is rich in assimilable proteins, a situation that may be encountered in coastal marine sediments.

2. Experimental contamination of sediment and water

This study was carried out in the laboratory.

Two systems were used: sterile + natural sea water and natural sediment + sterile sea water. The experiments were performed at a temperature of 20°C. We counted the total heterotrophic flora and the heterotrophic gram negative bacilli by dilution and spreading over solid media.

Contamination of the sediment by the bacteria present in the water is fast (24 hours), probably due to infiltration. We also observed growth, since at equilibrium the counts in the sediment were 10 to 100 times greater than those obtained in the water. Survival in the sediment was longer than in water. Differential filtration demonstrated that contamination of the water by the sediment is the result not of isolated bacteria but of bacteria adhering to the particle matter. These experiments confirm the dual role of coastal marine sediment: a trap and source of bacterial contamination.

3. Immunofluorescence

Culture techniques with or without revivification are the subject of a number of criticisms: the stressed bacteria may be incapable of growing on a synthetic medium. Indirect immunofluorescence techniques have the advantage of revealing the presence of bacterial bodies. However, two problems must be solved: the specificity of the antisera used (cross-reactions are numerous between enterobacteria), and the sensitivity of the method, which becomes more limited as the sample becomes richer in suspended material.

We performed Salmonella counts in sediment from the Morlaix River. The polyvalent antisera used were

absorbed on suspensions of enterobacteria other than Salmonella and on certain species of Pseudomonas, Aeromonas and Vibrio. The sediments were diluted in distilled water plus 0.25 percent of Tween 80 and shaken. After sedimentation, the water was filtered on Nucleopore. This technique enabled us to observe the presence of Salmonella 3 km from the source, a water treatment station in the upstream area of the estuary where water renewal is at its lowest.

These experiments enabled us to find a number of explanations for the survival of potentially pathogenic bacteria in the Brittany coastal environment which is characterized by the frequency of deep, highly sedimentary estuaries. The indirect immunofluorescence technique seems to us to be, when the experimental conditions are clearly defined, a palliative to bacterial culture methods.

**INFLUENCE OF TEMPERATURE, SALINITY AND
AVAILABILITY OF FOOD SUPPLY ON THE
ELIMINATION OF HEPATITIS-A VIRUS AND
POLIOVIRUS TYPE 1 FROM THE EASTERN OYSTER,
CRASSOSTREA VIRGINICA, UNDER DEPURATION
CONDITIONS**

Mark D. Sobsey, Valerie A. Rullman
and A. Lee Davis
Department of Environmental Sciences and Engineering
School of Public Health, University of North Carolina
Chapel Hill, North Carolina 27514

Edible bivalve molluscs such as oysters and clams living in near-shore estuarine and marine waters receiving urban wastes and other human waste discharges can become contaminated with enteric microbial pathogens by accumulating them from the surrounding water during normal filter feeding activities. There have been documented outbreaks of hepatitis-A and other viral diseases due to consumption of raw and partially cooked shellfish which have become contaminated in this way. Currently, there is considerable concern that the bacterial indicators (total and fecal coliforms) used to determine the sanitary quality of shellfish may be inadequate to predict the presence of hepatitis-A and other enteric viruses in shellfish.

It is well known that coliform bacteria and some enteric viruses, such as poliovirus, are rapidly eliminated from contaminated shellfish placed in tanks of clean, flowing seawater under controlled conditions. This process, known as depuration, is widely used to cleanse fecally contaminated shellfish so that they can

be marketed for human consumption. However, nothing is known about the persistence in shellfish of other enteric viruses, such as hepatitis-A virus (HAV), under depuration conditions.

In this study the elimination of HAV and poliovirus type 1 by the Eastern oyster, Crassostrea virginica, was determined in a laboratory-scale depuration system. The variables studied for their influence on depuration rates were water temperature, salinity and the availability of a food supply (the alga Isochrysis galbana, Tahitian strain) in the depuration water.

At all three water temperatures studied (24°, 18° and 12°C) and a salinity of 18 PPT, poliovirus was eliminated rapidly by oysters in the first two to three days of depuration, although low levels of poliovirus persisted in some samples after five days. In contrast, elimination of HAV by depurating oysters was not nearly as rapid or extensive as it was for poliovirus. Poliovirus reduction in depurating oysters was due to both active elimination and physical inactivation. In contrast, there appeared to be little active elimination of HAV.

At all three salinities studied (8, 18, and 28 PPT) and a temperature of 25°C, poliovirus was eliminated rapidly by oysters in the first two to three days of depuration, typically achieving a 2.5 log₁₀ reduction by five days. In contrast, HAV reduction was considerably less extensive, with an approximate reduction of only 1 log₁₀ after five days of depuration. Similar results were obtained for each virus when oysters were depurated in water containing 1.5 x 10⁴ cells of Isochrysis galbana per ml, indicating

that the availability of food supply had little influence on depuration rates.

The results of this study indicate that depuration may not be an effective method for reducing the level of HAV and possibly other enteric viruses in contaminated oysters. At the present time, it may be better to protect molluscan shellfish from viral contamination by preventing such contamination from entering shellfish habitats, that is, preventing the contamination at its source.

NOAA'S NATIONAL STATUS AND TRENDS PROGRAM FOR MARINE ENVIRONMENTAL QUALITY


Marjorie C. Ernst
NOAA Ocean Assessments Division
Coastal and Estuarine Assessment Branch
Rockville, Maryland 20852

NOAA's National Status and Trends (NS&T) Program is a monitoring and assessment program that utilizes a uniform strategy to obtain sediment, bivalve mollusc and benthic fish samples from sites around the coastline of the United States. Uniform analytical methodologies have been employed to detect and quantify a set of toxic chemicals in these samples. Additionally, visible and histological evidence of fish disorders are being determined.

In the future, we expect to incorporate a number of bioeffects bioassays into the sampling scheme. Ultimately, we hope to answer the following questions: (1) What is the quality of the U.S. marine and estuarine environment? (2) Is this environmental quality improving or worsening? (3) Are valued resources threatened? NOAA conducts the NS&T Program to help answer the first two questions and to provide relevant information for the third. The approach chosen for this program is to provide a uniform basis for comparing one geographic area with another and for detecting change in each area over time. We expect that answers to the questions posed above will help to determine the utility of existing or proposed regulatory and management actions.

The program consists of two major field sampling projects, the Benthic Surveillance Project and the Mussel Watch Project. Under the Benthic Surveillance Project, bottom-feeding fish and sediments are collected from 50 sites around the United States during the spring and summer of each year; the third cycle of collection will be completed in October, 1986. The first of a series of yearly collections of bivalve molluscs and sediments at 150 sites was completed in April, 1986 as part of the Mussel Watch Project.

A number of objectives have been established for the early years of the program. The first objective, creating a nationally uniform data base, requires that proven methods and rigorous quality assurance steps be employed by all participants. The present program consists mainly of measures of potentially toxic chemical contaminants in sediments and biota for which proven and generally available methods exist. These chemicals include certain trace elements, PAHs, PCBs and chlorinated pesticides. Several other parameters are also measured in order to normalize the contaminant data and remove some of the expected variability. The second objective is to demonstrate the value of the data by establishing a statistical basis for detecting spatial and temporal changes in marine environmental quality. As a result, selected areas may be identified for more intensive study. The third objective is to locate and validate additional measurement techniques on a trial basis. For example, because PAH's are rapidly metabolized in fish livers, rather than looking for the parent compounds in the liver, we are measuring PAH metabolites in fish bile rather than looking for the parent compounds in the liver. We will emphasize the potential measure-



ments that are able to indicate a biologic response to the presence of contaminants.

The fourth objective is to initiate and maintain a specimen archive containing environmental samples collected and preserved with techniques that will permit reliable retrospective analyses over time.

Selected data were presented from the 1984 Benthic Surveillance Project. These results demonstrate the potential of these data for discerning regional differences in environmental quality. However, further study will be necessary to document within-site variability to allow us to generalize beyond the characterization of the immediate sampling site.

**HEPATOCARCINOMA IN WINTER FLOUNDER,
PSEUDOPLEURONECTES AMERICANUS, FROM BOSTON
HARBOR, MASSACHUSETTS**

Robert A. Murchelano
United States Department of Commerce
National Oceanic and Atmospheric Administration
National Marine Fisheries Service
Northeast Fisheries Center
Woods Hole, Massachusetts 02543

Boston Harbor provides a habitat for several commercially and recreationally important marine fish and shellfish resource species. The harbor receives fresh water inputs and a variety of point- and nonpoint-source pollutants, including substantial quantities of domestic sewage and industrial wastes. Two major sewage treatment plants, located at Deer Island and Nut Island, serve northern and southern municipalities bordering the harbor respectively. The combined outputs of these two treatment plants introduce approximately 500 million gallons per day to the harbor. The Deer Island treatment plant discharges into President Roads, the main deep shipping channel in the northern part of the harbor, and the Nut Island plant into Nantasket Roads, the main channel in the southern part of the harbor.

Boston Harbor contains abundant soft clams (Mya arenaria), lobster (Homarus americanus), and winter flounder (Pseudopleuronectes americanus). Recently, pollution-associated diseases have been shown to be numerically prevalent in these three economically important resources. Soft clams have a hemoproliferative disease with morphological and bio-

logical characteristics of neoplasia. The disease resembles mammalian leukemia and has been noted in clams throughout the harbor. Lobsters have exoskeletal erosion and fouling. Winter flounder have a variety of hepatotoxic lesions, the most significant of which are neoplastic. Hepatocarcinoma is epizootic in Boston Harbor winter flounder.

Winter flounder were collected from Boston Harbor during fall, winter and spring in 1984 and 1985. Fish obtained by otter trawl were necropsied and liver tissue was excised for routine histopathological evaluation. Altogether, 325 fish livers were examined microscopically, revealing a variety of degenerative inflammatory, necrotic and neoplastic lesions. Inflammatory lesions included focal and multifocal hepatitis, pericholangitis, hyperplasia of melanin-macrophage center and vasculitis. Necrotic lesions consisted principally of a unique form of parenchymal cell necrosis (apoptosis). Putative preneoplastic lesions consisted of foci of cellular alteration (basophilic). Neoplasms included hepatocellular adenoma, cholangiocarcinoma and anaplastic adenocarcinoma. Of the 325 winter flounder examined, 22.1 percent had either preneoplastic or neoplastic hepatic lesions.

**ORGANIC POLLUTANTS IN URBAN EFFLUENTS AND
THEIR CONTAMINATING CONTRIBUTION TO THE
MARINE ENVIRONMENT**

Michel Marchand
IFREMER, Centre de Brest, P.O. Box 337,
29273 Brest Cedex

Human, urban, industrial and agricultural activity result in wastes of various types and origins getting into the marine environment. Among these, urban wastes--sometimes untreated--are an obvious and chronic pollution source for the coastal marine environment, either directly or indirectly via rivers.

In the United States, Gosset et al. (1983) researched organic pollutants in the urban wastes of the city of Los Angeles. They identified 101 compounds, 36 of which were on the list of pollutants considered to be priority as defined by the EPA.

Similarly, we researched several groups of organic pollutants in various French urban effluents:

- hydrocarbons,
- halogenated hydrocarbons with high molecular weights (PCB, chlorinated insecticides),
- volatile halogenated hydrocarbons: chlorinated solvents (CCl_4 , $\text{CCl}_3 - \text{CH}_3$, $\text{CHCl} = \text{CCl}_2 = \text{CCl}_2$) and trihalomethanes formed by water chlorination (CHCl_3 , CHBrCl_2 , CHBr_2Cl , CHBr_3),

-
- chlorophenols, and
 - anionic detergents.

Several objectives were established in the framework of this study:

- to identify organic pollutants in urban wastes;
- to evaluate, on input to the station, the flows of pollutants determined on the raw, nonpurified effluent and expressed in terms of inhabitant/equivalent;
- to determine the reduction rates of organic pollutants by the different purification processes in water-treatment stations;
- to evaluate the quantities of pollutants discharged annually into the sea.

The main body of the results was obtained in the Toulon East purification station on the Mediterranean coast which receives urban effluent corresponding to 61,000 inhabitant equivalents, based on a daily mean flow of $16,000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. The physical and chemical treatment process enables elimination of 65 percent to 70 percent of the organic and chemical pollution. The incoming and outgoing flows of organic pollutants identified in this purification station are summarized in the table below.

Reference

Gosset et al. Mar. Poll. Bull., 1983, 14 (10):387-392.

Table 1.

| | Incoming flow flow per inhab. (mg/day) | Outgoing flow quantities discharged into the sea annually (kg/year) |
|--|--|--|
| Suspended matter | 66 10^3 | 360 10^3 |
| Total organic extract | 16 10^3 | 85 10^3 |
| Anionic detergents | 6 10^3 | 72 10^3 |
| Total hydrocarbons | 1.5 10^3 | 7.9 10^3 |
| Aromatic hydrocarbons (e.g. chrysene, SFUV) | 12 | 113 |
| Phthalate (DEHP) | 14 | 57 |
| Chlorinated solvents | 1.5 - 5.0 | 14 - 42 |
| Pentachlorophenol | 0.11 | 2.4 |
| Chlorinated insecti- cides (DDT, lindane) | (50-58) 10^3 | 0.8 - 1.0 |
| PCBs | 32 10^{-3} | 0.4 |

BIOLOGICAL MODIFICATION OF TRACE ELEMENT TRANSPORT AND REACTIVITY IN ESTUARINE AND COASTAL MARINE SYSTEMS

James G. Sanders
The Academy of Natural Sciences
Benedict Estuarine Research Laboratory
Benedict, MD 20612

A number of metals and metalloids present in trace quantities in the water column are biologically active, participating in the oxidative and reductive reactions that are common to cellular metabolism and function. Active participation in biological processes can lead to changes in partitioning of the element between dissolved and particulate phases or to transformation of the chemical form of the metal or metalloid, resulting in a compound that differs greatly from the original. If these transformed chemical species have biological affinities or thermodynamic stabilities that differ from the original compound, such transformation can alter the element's reactivity and its transport through a coastal ecosystem. If the element is toxic, biological uptake and transformation may enhance or impede its toxicity to organisms, increasing or minimizing the potential for harm.

Changes in partitioning between dissolved and particulate phases occur as an element is exposed to the changing chemical milieu of the estuary; for example, the flocculation and precipitation of oxyhydroxides at low salinities will sequester a number of cations. In addition, biological activity can lead to reduction of an element, which can also alter that element's affinity for particles: reduction of chromium

from Cr(VI) to Cr(III) causes a shift from a predominantly dissolved form to a particulate one. Such reactions not only change the reactivity, transport and eventual fate of an element through the coastal zone, but also greatly affect the toxicity of the element to biota. In the case of chromium, reduction of Cr(VI) to Cr(III) effectively relieves its potential toxicity for organisms living in the water column. However, the affinity of Cr(III) for particles predicts that greater quantities of chromium may enter the sediment of estuaries, thus bringing greater risk to benthic species.

Biological uptake can also lead to transformation of elements into quite different chemical forms. For example, arsenic in the inorganic form, arsenate, is taken up by phytoplankton, reduced to arsenite, or can be methylated. The methyl forms are quite stable, and are transported through the estuary and coastal zone more rapidly than inorganic species. However, they are more toxic to invertebrates than are the inorganic arsenic forms, so their production can also alter potential toxicity within the ecosystem.

Further study of the biological processes important in controlling trace ion form, transport, and transformation in estuaries is necessary. It is crucial that we understand how several processes--physico-chemical controls of trace ion speciation; biological incorporation, transformation and release; and trace ion control of community structure--are coupled in productive estuaries before we can predict with confidence the impact of toxic compounds within affected estuaries and coastal oceans. In some instances (e.g., As, Se, Sn, Hg, Pb), the important result of biological mediation may be the production of toxic,

methylated compounds, because of their persistence, stability, and toxicity to organisms within the ecosystem. In other cases (e.g., Cr, Cu), biological mediation may reduce the toxicity of elements by transforming them into less toxic forms. In both instances, however, the modifications are of significance to the estuary and coastal ocean and must be considered when assessments or predictions of impact of waste discharge are to be made.

**DETRIMENTAL EFFECTS OF TBT ON OYSTER
CULTURE IN FRANCE: EVOLUTION SINCE
ANTIFOULING PAINT REGULATIONS**

Georges Barbier
IFREMER Headquarters, B.P. 10716,
75783 Paris Cedex

(From a paper presented at OCEANS '86 Organotin Symposium by Claude Alzieu, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Rue de l'Île d'Yeu, B.P. 1049, 44037 Nantes Cedex 01 - France)

Since 1980 the use of antifouling paints containing tributyltin (TBT) has been strongly suspected of having an adverse effect on the culture of Pacific oysters (Crassostrea gigas) in France. In fact, decreases in growth and production rates have been detected in certain oyster culture areas of the Atlantic coast since 1975. The most affected area is that of Arcachon Bay, where 10 percent of national oyster production was carried out in the vicinity of a large fleet of pleasure craft. Since 1977 the number of spat collected had decreased, with the resulting larvae showing anomalies in their development during the early pelagic stages. These anomalies contributed to a serious reduction in survival rates which could not be attributed to hydroclimatic conditions, since in the neighboring basin of Marennes-Oléron oyster reproduction was satisfactory during the same period. In addition, calciferous malformations of the shell, which had been observed only occasionally since the introduction of this species in 1968, became more prevalent after 1974, affecting from 80 to 100 percent of the oyster population.

Because these conditions were observed to be most acute near mooring areas, research efforts were directed towards evaluation of the toxicity of the antifouling paints used on pleasure craft. The objectives of the IFREMER study, begun in 1979, were fourfold:

- to evaluate the extent of the toxicity linked to the use of antifouling paints in zones of oyster culture;
- to determine the levels of tin contamination in molluscs in culture areas near ports;
- to determine the relative toxicity of copper and TBT on larval development; and
- to carry out both laboratory and field studies on the effects of TBT on the mechanisms of calcification of the oyster, C. gigas

In 1979 a survey of shipyards, marine equipment suppliers and boat owners showed that the majority of paints used were copper oxide (Cu_2O) or TBT based. Further studies showed constant levels of copper year-round, high levels of TBT during the pleasure boating season (which coincides with the oyster spawning season) and very low levels of TBT in areas where there was little pleasure boating.

A 1981 study found significant variations in levels of contamination of Crassostrea gigas and Ostrea edulis depending on the nearness of sampling locations to mooring areas, with the lowest levels being found in the center of the bay and the highest levels closest to the mooring areas. Researchers

therefore concluded that the organotins released by antifouling paints resulted in an increase of tin concentrations in oysters.

Researchers studying oysters in Arcachon Bay and Marennes-Oléron Bay made several significant observations:

- A large spawning resulted in only a small number of well-developed veligers despite favorable natural conditions; samples of these veligers developed normally under laboratory conditions when placed in seawater taken elsewhere.
- Abnormal shell development, with thickened shells containing numerous chambers filled with a gelatinous protein, has been prevalent since 1979. Researchers have concluded that this abnormal process results in the perturbation of molecular genetic mechanisms.
- In the most acute malformations, found only in Arcachon Bay, the thickening of the shell was more rapid than its lengthwise growth, resulting in a characteristic ball shape. When affected oysters were moved to noncontaminated areas, their shells began growing in a normal fashion.

Due to these observations, it was suggested that the TBT released by paints can influence the calcification of oysters. A study carried out in 1981 tested this hypothesis by placing a batch of oysters with no chamber formations in four locations: a marina, a control area known not to produce anomalies, control tanks filled with water from the control

area, and test tanks containing panels of PCV painted with TBT-based paints. Anomalies developed simultaneously in the oysters in the marina and the TBT-contaminated test tanks, while normal development occurred in the oysters in the control area and control tanks. This study was repeated by paint manufacturers with the same results, showing abnormal shell development even with very low levels of contamination.

Similar studies in the U.K. showed conclusively that the shell thickening effect is not attributable to silt loading, as previously thought, but is associated with boating activity in the vicinity of oyster beds, and that TBT is a main cause, but not necessarily the only cause.

As a result of these findings the Ministry of the Environment placed a ban on the use of paints containing more than 3 percent of organotin compounds on boats of less than 25 tons. Since the implementation of this ban in 1982, monitoring has revealed a slow decrease in levels of total tin and organotin in the waters of Arcachon Bay. This decrease has led to a considerable improvement in oyster culture in the area: spatfall was satisfactory in 1982 and superabundant in subsequent years, and the anomalies in calcification dropped drastically.

Laboratory and field experiments carried out to determine the role of TBT in antifouling paints on oyster reproduction and calcification have confirmed the chronic toxicity of TBT on aquatic molluscs, even at very low concentrations. The example of Arcachon Bay shows that the ban on using organotin-based paints has had a favorable effect on oyster culture in

■

this area. Copper paints have replaced the tin-based antifouling paints; however, although these have apparently not produced any noticeable increase in the existing levels of copper in oysters, it is necessary to try to find paints whose mechanism does not lead to the introduction of toxic substances into the marine environment.

CONTEMPORARY ENVIRONMENTAL ISSUES IN THE UNITED STATES RESULTING FROM ORGANOTIN USE

Roy B. Laughlin, Jr.
Harbor Branch Institution of Oceanography
Division of Applied Biology
5600 Old Dixie Highway
Fort Pierce, Florida 33450

Organotin chemicals have established a relatively small but economically and technologically significant niche in contemporary reliance on anthropogenic chemicals. Increasingly, however, public scrutiny of these novel compounds is narrowing on their environmental effects. This attention follows by approximately 30 years their introduction as biocides (van der Kerk and Luijten, 1954) and antioxidants in plastics, primarily hard polyvinyl chlorides (PVC) (Zuckerman et al., 1978). Thus the emergence of organotins illustrates another situation where applications and markets became established before environmental consequences were even dimly perceived.

The marine environment has become a focus of special attention since triorganotins, particularly tributyltins (TBT), are rapidly becoming the dominant antifouling agent in marine antifouling coatings (Evans, 1971; Evans and Smith, 1975). Recent work, first by French (Alzieu et al., 1980) and then by British (Waldock and Thane, 1983) investigators showed a causal link between TBT exposure and shell deformations as well as reduced survival of the Japanese oyster, Crassostrea gigas in Europe. The effect on C. gigas of TBT released from antifouling

coatings is the only documented case of a stereospecific toxicological effect on a sensitive nontarget marine organism caused by a specific anthropogenic chemical input into the marine environment. In the United States, recognition of the potential for adverse effects has led to action by many federal and state agencies concerned. Responses include both research initiatives to document potential for harm and legal remedies to protect the environmental behavior of organotins and resulting attempts to manage adverse impacts.

Scientific research

In the United States, the Navy (Office of Naval Research and Naval Systems Commands) has funded and will likely continue to fund the majority of research on the environmental effects of organotins. Navy laboratories, universities and independent research contractors are expected to continue to be the primary recipients of this funding, provided to assess the effects of fleetwide implementation of tributyltin antifouling coatings (U.S. Navy, 1985). Thus, tributyltin (TBT) compounds will likely remain the model compounds upon which generalizations about other organotins will be based. Much smaller programs or investigator-initiated projects have been performed in U.S. Environmental Protection Agency (Walsh et al., 1985, 1986) and National Marine Fisheries Service laboratories (Short and Thrower, 1986). Several states, including California, Virginia and Maryland, have initiated modest monitoring programs. Private industry has funded a small amount of research subsequently described in peer-review publications (Ward et al., 1981). It is likely that the Data

Call-In now underway by the EPA (Federal Register, 1986) will require private industry to obtain more data about the environmental effects of organotins. Such data could become a valuable addition to knowledge about organotins in the environment. In total, I estimate as much as \$2-3 million may be spent by all involved during each of the next three years on environmental research pertaining to organotins.

American efforts in environmental studies of organotins have focused simultaneously on three main subjects:

- a. development and validation of chemical analysis protocols;
- b. studies of the environmental fate of organotins;
- c. biological effects studies.

The following paragraphs detail recent advances in these domains.

The first priority has been to develop sensitive analytical methods for determination and quantification of organotins in water, sediment and tissue. Considerable progress has occurred using two variations on a similar theme: derivatization of the organotins in the sample to form a nonpolar product which can be separated by chromatographic methods, followed by identification and quantification of organotins based upon the presence of the tin atom in the molecule. In one method, a Grignard reagent is employed to form the derivative. Separation is by gas-liquid chromatography and detection is by tin-specific flame

photometry or mass spectrometry (Maguire, 1982; Unger et al., 1986). Another method, the one most widely used because it is simpler and requires less sample, is hybridization using borohydride, separation by chromatography, followed again by tin-specific detection (Hodge et al., 1979; Bramin and Tompkins, 1979; Jackson et al., 1986). Improvement in methods has been incremental, but it is presently possible to routinely determine levels as low as 1 ng L^{-1} in seawater samples. Considerable progress is being made in analysis of sediment and tissue samples as well.

The priority of analysis methods development has been application to field monitoring to determine origins, patterns and degree of organotin contamination of the environment. To date, the Chesapeake Bay and San Diego Bay, California have been the two most extensively studied sites. Levels of butyltins vary from undetectable ($< 1 \text{ ng L}^{-1}$ TBT) to as high as $2 \mu\text{g L}^{-1}$ TBT in yacht harbors where the probable input is released from antifouling paints (Jackson et al., 1982; Unger et al., 1986; Mattis et al., Valkirs et al., 1986). This phenomenon is identical to that found in France and England (Alzieu et al., 1980; Waldock and Thane, 1983). Frequently, significant dibutyltin concentrations ($100\text{-}500 \text{ ng L}^{-1}$) have been determined in environmental samples, but there is only a weak correlation between these compounds and TBT, suggesting independent origins for dibutyltins exist.

The second area of research has been an attempt to describe qualitatively and quantitatively the environmental behavior of organotins in general. Environmental methylation of tin received a great deal

of attention because of the possibility the products would be more toxic than inorganic tin, and would, due to bioaccumulation in seafood, pose special risks to humans. It appears that methylation of tin in the marine environment, although significant, is not extensive, and is not necessarily enzymatically mediated (Guard et al., 1981; Hallas et al., 1982; Thayer et al., 1985; Rapsomanlkis and Weber, 1985). In addition, chemical speciation of organotins has been of some interest (Tobias, 1978; Laughlin et al., 1986). Studies of the flux of organotins through environmental compartments is an emerging area of successful study. Degradation rates of TBT in estuaries are now being determined. Frequent identifications of methyl, methylbutyltins and, more recently, tetrabutyltins (Mattias et al., 1986), in environmental samples suggests that numerous potential reaction pathways may operate under natural conditions to influence both the kinetics and direction of movement through environmental compartments, e.g., water, sediment or tissue.

Biological effects studies of organotins commenced later in the United States than in Europe, but during the last five years American contributions to the peer reviewed scientific literature have been extensive. These are too numerous to mention individually here, but a recent review by Hall and Pickney (1985) includes much of the contemporary American work. The conclusions of acute and chronic toxicity studies can be summarized as follows: tributyltin compounds, in particular, are slow acting toxins active at concentrations less than $1 \mu\text{g L}^{-1}$ for some non-target organisms. Toxicity of other organotins will vary as a function of their partitioning

behavior from water into the organism. Partitioning is related to molecular size. Larger molecular weight compounds, up to a point, will display greater toxicity relative to exposure concentration (Laughlin et al., 1985).

Because French and British investigators have found that Crassostrea gigas is a particularly sensitive species, bivalve species of commercial importance in the U.S., e.g., oysters, Crassostrea virginica and clams Mercenaria mercenaria, have been identified as species of special concern. Studies of acute and chronic toxicity of TBT to early life history stages are presently in progress.

Bioaccumulation studies have appeared with increasing frequency in the scientific literature during the last two to three years, prompted by the development of sensitive analysis protocols for the use of radiolabelled compounds. These studies have shown accumulation of TBT, the most frequently studied compound from water or food in crabs, bivalves and fish (Ward et al., 1981; Evans and Laughlin, 1984; Waldock et al., 1983; Laughlin et al., 1986; Short and Thrower, 1986). Apparent bioconcentration factors (BCF) for macroorganisms range between 1,700 and 5,000 depending upon the tissue examined. ("Apparent" is used here because the values were not necessarily determined at steady state. Uptake continued for the duration of multi-week exposure.) Some bacteria (Laughlin et al., 1986) and phytoplankton (Maguire et al., 1985) have demonstrated BCF levels as high as 3×10^3 , suggesting that mechanisms other than partitioning may be significantly involved in bioaccumulation processes.

These studies all imply the potential for unacceptable human exposure to TBT by consumption of seafood taken from grossly contaminated habitats.

Bioaccumulation studies presently in progress also seek to establish a predictive relationship between exposure and dose causing biological effects. In the future, it may become more desirable to monitor organotin burdens in organisms rather than water or sediment for evidence of significant contamination. A validated predictive relationship between tissue concentrations and probable biological impact could then be used as a basis for remedial action.

A third subject of special focus in American research is description and quantification of degradation rates of TBT and other organotins in natural waters. In one case, half-lives in estuarine waters appear to be as high as 11 %/day, perhaps because microbial communities in impacted areas develop enhanced degradation capacities (Seligman et al., 1986). It is not known if this results from induction of transformation capacities in some or most microbial species, or if changes occur in community composition by selection for tolerance based upon ability to biotransform TBT.

Studies of specific species to determine extent and mechanisms of their ability to degrade TBT have just begun to appear in scientific publications. The phytoplankton Ankistrodesmus falcatus has been shown to degrade TBT to di- and monobutyltin (Maguire et al., 1984). Crabs and fish utilize the mixed function oxygenase system (MFO) to metabolize TBT. Products include both dealkylation products

and polar alkylhydroxylated organotins. The latter may be intermediates leading to the dealkylation products (Lee, 1985, 1986). Not surprisingly, oysters, Crassostrea virginica, have been shown to lack extensive MFO ability and to be unable to significantly biotransform TBT. The general lack of MFO activity in bivalves may be the cause of their increased sensitivity to TBT.

Biotransformation and degradation studies will probably continue to form a significant component of American research efforts since if TBT and other organotins can be shown to be sufficiently non-persistent within both organisms and ecosystems acceptance of their appropriate uses will be easier to justify.

Legislative and administrative actions

In the United States, responsibility for environmental regulation of chemicals resides with the Environmental Protection Agency. One law, the Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act (FIFRA) requires all pesticide products to be registered with the Office of Pesticide Programs. Several triorganotins have been registered under this act and TBT, in particular, has been registered in controlled-release antifouling formulations. In 1985, the EPA Office of Pesticides, under provisions of FIFRA, initiated a special review of tributyltin, in part because of actions taken in France and England to restrict use of the compound in antifouling coatings. During the first stage of the process, EPA staff identified formulations which fall into the category of interest by

their registrations, and initiated a Data Call-In from the manufacturers (Federal Register, 1986). There are 300 to 400 products produced by 65 manufacturers which are affected by this notice. During the first part of the program, the EPA will ask the producers and manufacturers to provide information including that about production and use patterns. Additionally, measurements of TBT release rates, obtained using a stipulated standard protocol, will be required. Ultimately, these data will be useful to determine if organometallic polymer (OMP) coatings do, in fact, constitute a distinct, low release group whose use would be preferable to the free association formulations. In latter stages of the review, bioassays of TBT coating leachates may be required. Results of the special review will probably be released within the next five years. Manufacturers may avoid these requirements by voluntarily withdrawing their products from registration.

Approximately six years ago, the use of organotin chemicals not used as biocides (e.g., organotin antioxidants) was reviewed by the U.S. EPA Office of Toxic Substances under provisions of the Toxic Substances Control Act (TSCA). This process includes a review of the literature as well as public meetings with industry representatives. No regulatory action resulted.

Because organotin chemicals are being utilized in an increasing number of industrial processes and consumer products, other federal agencies may become involved. Federal non-regulatory agencies may also be expected to exercise their roles to supply advice to the regulatory agencies. At the present time,

however, the Department of the Navy and the U.S. EPA are the primary Federal agencies faced with developing regulations or standards pertaining to any organotin compounds.


Congressional action has controlled use of tributyltin paints by the Navy: Congress prohibits the Navy from implementing tributyltin coatings until the EPA makes a determination that their use would not pose an unacceptable risk to the marine environment. This determination is in progress.

Most states depend upon the Federal government to regulate environmental contaminants unless there is compelling self-interest to do otherwise. Two states have taken independent action: North Carolina has set limits of 2 and 8 ng L⁻¹ in fresh and salt waters, respectively (State of North Carolina, 1985). This regulation was made to curtail release of TBT in effluents from textile plants where it was used as a biocide in fiber and textile processing vats. At the time of this regulation's passage, the concentration action levels were below detection limits of any useful detection scheme. Several years ago, California negotiated an informal agreement with rice growers to restrict the use of triphenyltin as a fungicide on rice. As mentioned above, the state has begun a monitoring program to determine if TBT levels in coastal waters of the state warrant legislative or administrative action to control its release from antifouling coatings. It should be noted that in the U.S. states may establish laws and rules stricter than Federal regulations, but if they are less so, then Federal regulations usually take precedence.

In the United States, relationships between government regulators and industry are significantly more adversarial than in most other countries. With respect to tributyltin, however, the Navy will become a major (but by no means majority) consumer of antifouling coatings in the near future. Navy officials have publicly stated their intention to comply with or exceed all generally applicable policies and procedures intended to protect the environment from adverse consequences of TBT use. Thus, organotin manufacturers and formulators have substantial self-interest in cooperating with users to provide products which provide adequate antifouling protection without undue environmental harm.

Conclusion

The compelling force behind research on the environmental effects of organotin compounds in the U.S. has been the Navy's plan to use TBT antifouling coatings on military vessels. There is, however, a need to broaden scientific investigation to study other organotin compounds, such as the antioxidants, and to consider broader aspects of behavior of organotins in the environment, such as chemical modification and flux through environmental compartments. There will likely be some restrictions on the use of TBT in antifouling coatings, but hopefully they will be made with the aid of accurate cost-benefit analysis, and mindful of the fact that all antifouling coatings contain and release toxicants. There should be little confidence that restricting the use of organotins in antifouling coatings will prevent the substitution of another toxicant as bad or perhaps worse than TBT. Many may



consider the controversy about organotin chemicals a perfect opportunity for single issue heroes. In the broadest perspective, however, findings about the environmental behavior of these novel compounds form a foundation upon which to construct testable hypotheses about the environmental behavior of other organometallic compounds.

**BIOACCUMULATION AND BIOLOGICAL EFFECTS OF
PCBS ON MARINE BIVALVE MOLLUSCS IN NEW
BEDFORD HARBOR, MASSACHUSETTS**

Judith M. Capuzzo, et al.
Woods Hole Oceanographic Institution
Woods Hole, Massachusetts 02543

Nan Hai Fisheries Institute
Guangzhou, People's Republic of China

Uptake and bioaccumulation of organic contaminants by marine bivalves are dependent on the bioavailability of specific compounds, the duration of exposure, and the physiological condition of populations. During the past year, we have conducted an extensive field and laboratory program directed at identifying the bioaccumulation and biological effects of chlorobiphenyls (PCBs) on the mussel Mytilus edulis. These efforts have been directed at determining whether or not PCB uptake and accumulation results in any deleterious effects on energy metabolism and reproduction.

An extensive series of chemical analyses for PCBs and physiological measurements has been conducted on Mytilus edulis transplants at two stations in Buzzards Bay and one station in Nantucket Sound (both in Massachusetts). For chemical analyses, duplicate samples of pooled individuals were collected on a biweekly basis from November 1984 through November 1985 and analyzed for PCBs and PAHs by glass capillary gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry, after alkaline digestion and column chromatographic isolation of specific

classes of compounds. During the same time period, physiological measurements (respiration rates, feeding rates, scope for growth and condition indices) were also conducted.

Mussel transplants in the harbor, positioned at the Hurricane Barrier, show considerable uptake initially and then a gradual stabilization of all individual chlorobiphenyls measured. Concentrations are exceedingly high (10^{-9} g g⁻¹ dry weight range), and there appears to be some fluctuation in concentration of some of the chlorobiphenyls during the late spring and summer with a marked decline during autumn, correlated with gametogenesis and spawning activity. Condition indices of mussel transplants at this station are always lower than at other stations, indicative of a reduction in physiological condition; fluctuations in chlorobiphenyl content correlate with these changes in condition index. Rapid uptake followed by stabilization of chlorobiphenyl concentrations was evident in mussels transplanted at both Cleveland Ledge and Nantucket Sound; concentrations at the two stations are similar (maximum concentration = 100×10^{-9} g g⁻¹ dry weight). Condition indices of mussels at Cleveland Ledge were lower than at Nantucket Sound during the first few months of the study but equal during the period of gametogenesis and declined after spawning. In all instances, with the exception of the post-spawning period, condition indices of mussels at these two stations were considerably higher than at New Bedford Harbor. Fluctuations in concentrations related to gametogenesis and spawning were also observed at these stations. Other physiological measurements support the trends in condition indices observed among mussels from the three stations.

The composition of the chlorobiphenyl mixture at the New Bedford site is markedly different from that observed at the other sites. For example, chlorobiphenyl IUPAC 28 and IUPAC 95 are present in greater relative abundance than other chlorobiphenyls measured in animals transplanted to New Bedford Harbor, while these two chlorobiphenyls are at intermediate concentrations in mussels from the other two sites. Chlorobiphenyl No. 28 is a trichlorobiphenyl and has a lower K_{ow} (5.69) than several of the other chlorobiphenyls, e.g., No. 95 (6.55), No. 153 (7.75). At first inspection, we would not expect No. 28 to be present in such high concentrations relative to No. 153 because of the direct relationship shown by increasing bioconcentration factor with increasing K_{ow} . If we take into account, however, the high concentrations of chlorobiphenyl No. 28 relative to chlorobiphenyl No. 153 in the harbor water, then we conclude that the more important factor controlling concentration in mussels is the relative concentrations of individual chlorobiphenyls, modified to some extent by differences in partitioning between organisms and water, as indicated by differences in K_{ow} . The implications of these findings in assessing the management of contaminated shellfish stocks were discussed.

STRATEGIC ASSESSMENT OF THE USE AND HEALTH OF THE NATION'S ESTUARIES

Daniel J. Basta
Ocean Assessments Division
Office of Oceanography and Marine Assessment
National Ocean Service
National Oceanic and Atmospheric Administration
11400 Rockville Pike
Rockville, Maryland 20852

In spite of their high value, intense use and frequent overuse, estuaries have not been widely recognized as a unique or important depleted resource base of national significance. Unlike our forests, farmlands, parks and wildlife refuges, no Federal program is dedicated to developing a comprehensive and consistent national policy on the use and management of estuaries. Although several Federal laws have been enacted, including the Clean Water Act, the Coastal Zone Management Act and the Marine Protection, Research and Sanctuaries Act, they only partially or indirectly affect how estuaries are used. Most decisionmakers and scientists continue to address selected estuaries on an individual basis only, with little or no directed, comprehensive national focus. Without a comprehensive national data base, the assessment and comparison of conditions of estuaries and the development of effective national policies is not possible.

To provide decisionmakers and scientists with the nationwide, comprehensive information needed to manage and maintain the health of the nation's estu-

aries, the Ocean Assessments Division has undertaken a series of projects to develop a national estuarine assessment capability. The cornerstone of this effort is the National Estuarine Inventory Data Atlas (SAB, 1985). It is the first of two volumes that, through maps and tables, present information on important physical and hydrologic characteristics for 92 of the nation's estuaries and coastal embayments. Volume II, scheduled for completion this fall, is a compilation of the surrounding land use activities affecting each estuary. These estuaries account for approximately 90 percent of the estuarine water surface area along each of the three coastal regions of the contiguous USA (excluding the Great Lakes) and 90 percent of the freshwater inflow into those areas.

Several major projects have been initiated to add other important information to this evolving framework, including: (1) the National Coastal Wetlands Inventory; (2) the National Coastal Pollutant Discharge Inventory; (3) classified shellfishing areas; (4) distribution of living marine resources; and (5) coastline features. In each of these efforts information is being organized on the 92 estuaries in the atlas. When completed, the inventory will be used to make comparison, ranking, statistical correlations, and other analyses related to resource use, environmental quality, and economic values among estuaries.

STUDY PROGRAM ON THE DISCHARGE OF URBAN WASTES INTO THE SEA

Jean François Guillaud
IFREMER, Centre de Brest, B.P. 337,
29273 Brest Cedex

At the present time, urban waste discharged into the French coastal waters represents more than 20 percent of total urban wastes disposed of over the whole country. The pollution resulting from discharge of wastes into the sea may contribute to the degradation of coastal ecosystems and may conflict with other activities based on biological production (fishing, shellfish production), or on recreation (swimming).

Faced with these problems, the French legislature has proposed bacteriological standards concerning the quality of the marine environment in swimming areas and shellfish production areas and standards concerning the quality of waste discharges for suspended matter and organic matter.

The application of these regulatory texts involves being able to determine, by means of a predictive impact study, pollutant concentrations in coastal areas influenced by a waste discharge in terms of the flows of this discharge.

At the present time, the main fields in which scientific knowledge is least adequate to carry out this predictive impact study in the case of the discharge of urban waste into the sea concern:

-
- dispersion of fine particulate matter coming from waste that can be resuspended; these fine particles are recognized as vectors for numerous pollutants, particularly bacteria;
 - the processes and kinetics of the development in the environment of pollutants coming from urban waste discharge, the majority of which must be considered to have no conservative behavior;
 - the effects of pollutants of urban origin on human health and the marine environment;
 - criteria for choosing purification systems in coastal areas and possible directions for improving these technologies.

Objectives of the program

In order to extend our knowledge in these various fields, the IFREMER decided to undertake a multi-year research program (1985-1989), the main objectives of which are to:

- determine the processes governing the physical transport and chemical or biological transformation in coastal areas of pollutants coming from urban waste discharges;
- assess the effects on the coastal environment and on man of the major pollutants emitted by urban wastes;
- encourage research on the adaptation of purification and discharge technologies to reduce

emission of the main pollutants of urban origin into coastal areas.

Study topics

To arrive at these objectives, the research effort should be aimed at the study topics below:

1. Study of pollution from discharged waste

The qualitative and quantitative variations of the flows of substances coming from purification stations (suspended matter, nutrient salts, organic matter, organic and metallic micropollutants, micro-organisms), must be evaluated, as well as their dissolved or particle form.

2. Study of dissolved transport

The objective of this study is to measure, in nature, and to model the dilution and transport processes of dissolved persistent substances coming from urban waste.

3. Particulate matter transport study

This study aims at determining the deposit and erosion processes of fine particulate matter that is the vector of numerous pollutants, and attempting to model their transport into the discharge area.

4. Study of the fate of organic and nutrient matter

The main objectives here are to assess the degradation kinetics of organic matter discharges on

the basis of environmental factors and to determine the in situ trend of organic and nutrient matter.

5. Study of the fate of microorganisms

The study of microorganisms of interest to health is focused on the determination of relationships between bacteria and particulate matter and on the fate of these bacteria in water and sediment in the discharge areas.

6. Study of the fate of organic and metallic micropollutants

After identifying organic and metallic micropollutants in wastes, an attempt will be made to assess their behavior in the discharge area (adsorption, desorption, accumulation in sediments).

7. Study of the effect of pollutants

For organic matter, we shall attempt to evaluate the anoxia hazards caused by their degradation and risks of eutrophication due to the discharge of nutrient substances. As regards microorganisms, we shall study the kinetics and rates of accumulation of bacteria by filtering molluscs; in addition, an epidemiological approach should determine the risks inherent in the consumption of contaminated shellfish.

For organic and mineral micropollutants, an ecotoxicological study should enable determination of lethal concentrations and doses having no effect. In addition, the overall toxicity of the effluent itself will be determined in vitro; and finally, the kinetics of the accumulation of pollutants will be studied in fil-

tering molluscs placed at fixed locations in the discharge area.

8. Purification technology study

The purpose of this study is to determine, using the results of the preceding work, possible directions for advancing purification technologies specific to coastal environments.

Study sites

Implementation of this study program requires, first, laboratory work to quantify a certain number of processes and, second, work in the field aimed at determining and attempting to model the transport and transformation mechanisms of the pollutants during their dispersion in the environment.

- The first study site is at Toulon on the Mediterranean (a tideless sea with the presence of a thermocline in the summer); subsequent to processing in a physicochemical purification station of 90,000 inhabitant/equivalents, effluents are discharged at a depth of 48 meters by an outfall pipe 1800 meters long.
- The second study site is that of Morlaix on the English Channel (a tidal, shallow sea); after biological treatment in a purification station of 44,000 inhabitant/equivalents, waste is discharged at the head of a small, highly silted-up estuary located upstream from a shellfish growing area.

THE UTILIZATION OF MESOCOSMS TO THE EFFECT OF NUTRIENTS ON MARINE COASTAL ECOSYSTEMS

Scott Nixon
University of Rhode Island

Recent research on estuarine and coastal marine ecosystems has revealed two particularly interesting things about nutrients and productivity. First is the observation that these coastal areas are among the most intensively fertilized environments on earth. Second is the common finding that in spite of such high nutrient input, much of the characteristically high primary productivity of these shallow waters is supported by nutrients recycled by pelagic and benthic microheterotrophs. Since nutrient inputs into coastal areas have probably been increasing and are likely to continue to do so, it is particularly important to understand the relationship between nutrient loading and nutrient cycling and the extent to which their interactions may set the levels of primary and secondary production in coastal systems.

That some direct relationship exists between the input of nutrients and the productivity of higher trophic levels has been a principle of marine ecology since the turn of the century. It is surprisingly difficult, however, to find quantitative evidence showing that estuaries, lagoons, or other coastal waters respond to eutrophication by producing a larger biomass of animals. Part of this difficulty arises because the amount of nitrogen or phosphorus incorporated in animal tissue is a very small term in the total nutrient budget of an estuary, and the accuracy and precision of ecological field measurements may not

be adequate to the task. In addition, the response of natural systems to nutrient enrichment is compounded by changes in climate, hydrography, harvesting effort and technology, and pollution.

Attempts to avoid some of these problems by carrying out controlled nutrient addition experiments in the field or with mesocosms have been much rarer in marine ecology than in limnology. The results that are available from such studies seem to suggest that there is a modest enhancement of primary production with nutrient addition, but that most of this extra organic matter is rapidly consumed, presumably by microheterotrophs. In other words, as nutrient inputs increase, so does the rate of nutrient recycling. Only a small fraction of the added nutrients appears as an increment in the production of higher trophic levels. It seems likely that benthic macrofauna and perhaps their epifaunal and demersal fish predators respond more directly to increased primary production than does zooplankton or sediment meiofauna.

BEHAVIORS OF MAJOR FRENCH ESTUARIES SUBJECTED TO ADDITIONS OF URBAN WASTE

L. A. Romana
IFREMER Centre de Toulon, B.P. 330,
83501 La Seyne Sur Mer

The concept of an estuary concerns only the coast facing the Atlantic Channel because French coasts are subject in these areas to large tidal movements. On the other hand, the Mediterranean rivers form deltas. We shall take the upstream limit of the maximum penetration of the dynamic tide as the upstream boundry of estuaries.

France thus has three large size estuaries wich are, in decreasing order of importance, the Gironde (surface area 625 km²), the Loire (surface area 60 km²), and the Seine (surface area 50 km²) (fig. 1). These estuaries represent a true interface between the continent and the ocean and are the major outlet for the argicultural, industrial and urban activities of France.

The historical background of each of these estuaries endows each with unique features.

- The Gironde has a relatively sparsely populated and non-industrialized hydrographic basin, and as a result has retained a natural balance, which is evidenced by a well established geomorphological "climax" and a low pollution level which is in addition reinforced by the large size of the estuary.

-
- The richer and more developed drainage basin of the Loire led to the improvement of both the estuary and its environment. In particular, the main channel had to be deepened to handle large ships, thus causing seawater to progress farther upriver.
 - The Seine estuary is the point where water from a 78,650 km² area drainage basin, containing 30% of the French population, including Paris and its suburbs, and 40% of the nation's economic activity, reaches the sea. Consequently, the estuary has been faced with serious pollution problems for many years. Moreover, its most important role as a route of communication between the French capital and the rest of the world resulted in heavy development which turned it into an entirely dike-bordered estuary.

The hydrodynamic behavior of the estuaries results from the superposition of two types of phenomena: first, the flow of the tributaries, and second, the tide.

The combination of these two phenomena brings about a two-layer circulation of water in French estuaries. This leads to the concept of a nodal point where the upstream currents disappear. This tidal node generally marks the farthest point upriver reached by salt water. It is also at this nodal point that, because of the interaction of currents, a sediment stock called the "turbidity maximum" is formed.

The turbidity maximum moves along a portion of the estuary. The sedimentary mass of the turbidity

maximum varies in substantial proportions, according to the estuary being studied, namely:

- 10,000 to 200,000 tons for the Seine,
- 100,000 to 800,000 tons for the Loire,
- 4,000,000 to 5,000,000 tons for the Gironde.

These turbidity maxima move downstream or upstream depending on the flow of the river and the state of the tide (ebb or flow); the suspended stock increases or decreases according to the "spring tide and neap tide" cycle. This means that the turbidity maximum operates as something of a lung in relation to the sediment.

This stock, where the concentration of sediments may be as high as 300 g per liter of water, currently plays a major role in the deterioration of the environment. This is because:

- the micropollutants absorbed by the sediments concentrate in the turbidity maximum,
- the oxidation of considerable stocks of organic particulate matter contained in the turbidity maximum creates a considerable oxygen deficit,
- the turbidity maximum stores bacteria of human or animal origin,
- the high turbidity limits the penetration of light and thus greatly reduces primary production.

As a result, discharging waste in a French estuary has a dual impact: first at the level of the discharge itself, then at the level of the turbidity maximum afterwards.

Since there are no swimming areas in estuaries in France, the health impact affects only fishery products. The main problem concerns the low content of dissolved oxygen which is found in estuaries, particularly in the summer. One or two dissolved oxygen minima may be found depending on the estuary's physical characteristics.

The Seine Estuary

The greatest amount of urban waste comes from the Paris region with the presence in particular of the water treatment station at Acheres which processes 5,000,000 inhabitant-equivalents. The major part of the organic content is degraded over the 200 km distance up the estuary, which is then faced with nitrification problems leading to very severe drops in the dissolved oxygen level: this is the first oxygen minimum.

In 1976, 60 percent of the estuary was found to be in an anoxic condition. A mathematical model of nitrification has been developed on the Seine estuary; in addition to the nitrogen cycle (organic nitrogen, ammonia, nitrites, nitrates), it makes allowance for the oxidation of organic matter and dissolved oxygen. The model has enabled us to demonstrate that 90 percent of the oxygen deficit was attributable to nitrogen compounds, of which 60 percent was ammonia.

In the Seine, there is a second dissolved oxygen minimum at the mouth, which is directly linked with the presence of the turbidity maximum and the particulate organic material of which it is composed.

Estuaries of the Loire and the Gironde

In spite of their difference in size, these two estuaries have a certain number of characteristics in common in relation to the dissolved oxygen problem:

- the turbidity maximum occupies the major part of the dynamic estuary,
- both have a major town in the center of the estuary: Nantes (265,000 inhabitants) for the Loire and Bordeaux (271,000 inhabitants) for the Gironde,
- upstream of these two estuaries, there are serious eutrophication problems, in particular in the Loire,
- the distribution of dissolved oxygen exhibits only one minimum as regards the turbidity maximum,
- nitrification problems are virtually nonexistent.

The development of mathematical models for dissolved oxygen thus remains dependent on the dissolved or particle form of the BOD (biological oxygen demand). This is the subject of our current studies.

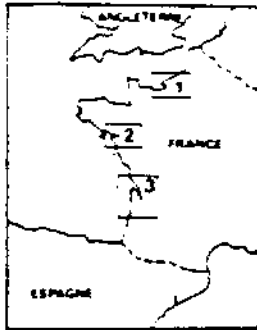
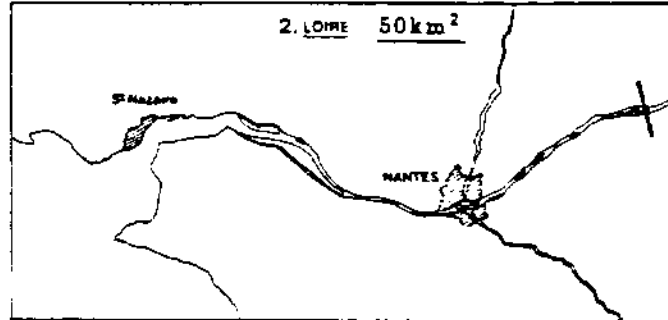
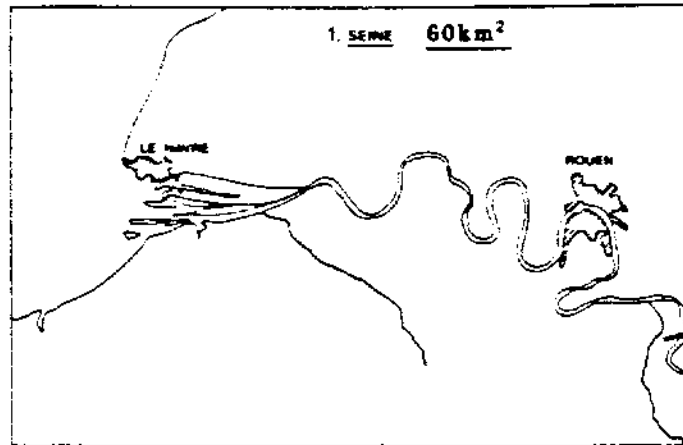
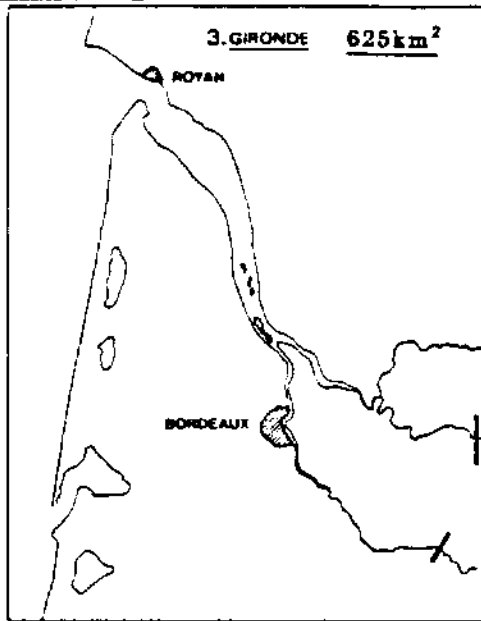


Figure 1. Geographic setting of the main French estuaries. Limit of the dynamic tide. Surface area of the estuaires.

0 10 20 km



NUTRIENT LOADING AND SEASONAL ANOXIA IN CHESAPEAKE BAY

Thomas C. Malone
Horn Point Environmental Laboratories
Center for Environmental and Estuarine Studies
University of Maryland

Anthropogenic nutrient inputs to Chesapeake Bay have increased rapidly over the last four decades. It is generally assumed that this increase has caused a systematic interannual increase in phytoplankton production and, consequently, increases in organic loading and oxygen depletion of bottom water during the spring and summer. However, recent research in the Bay suggests that variations in river flow, vertical mixing and grazing may be more important than anthropogenic nutrients in determining the extent and magnitude of seasonal oxygen depletion. Our observations suggest the following hypotheses:

1. Oxygen depletion during spring occurs as a consequence of increases in both vertical stratification and biological oxygen demand in the bottom layer and benthos. The extent and magnitude of this depletion is determined in part by the amount of phytoplankton biomass which has accumulated in the bottom layer prior to the rapid decline in bottom water oxygen during May.
2. The efficiency of grazing by pelagic and benthic invertebrates during summer governs the supply of organic matter to the bottom layer, which influences oxygen demand and the extent

to which anoxia is maintained during this critical period.

3. Variations in vertical mixing on a time scale of days during summer are more important than the intensity of vertical stratification per se in determining the spatial and temporal extent of anoxia in the Bay.

While our research effort has only just begun, it is clear from these results and those of other researchers that the relationship between nutrient loading and water quality in estuaries is complex and must be evaluated in terms of how the pathways of nutrient flow vary in time and space. The development of predictive water quality models depends on how well these flows can be parameterized in terms of the physical dynamics of the system.

**EUTROPHICATION OF SHELF WATERS IN THE
NORTHERN GULF OF MEXICO: INFLUENCE OF
NUTRIENT ADDITIONS FROM THE MISSISSIPPI RIVER**

Donald F. Boesch
Louisiana Universities Marine Consortium
Chauvin, Louisiana 70344

The occurrence of areas of depleted dissolved oxygen at the seabed on the open continental shelf off Louisiana has been known since at least 1973. Hypoxic or anoxic bottom waters were thought to occur in isolated and somewhat ephemeral pools and were thought to be related to the decomposition of organic matter from the Mississippi and Atchafalaya rivers and coastal marshes. The Mississippi River is the largest river in North America and is the sixth largest in the world in terms of freshwater discharge. The Atchafalaya River distributes 30 percent of the Mississippi's flow (approximating the Columbia and Yukon rivers in the amount of water discharged into the sea), and debouches on to a broad, shallow continental shelf, in comparison to the deeper water discharge of the Mississippi proper.

In 1985 a systematic investigation of shelf hypoxia was begun. This investigation has shown that (1) the oxygen-depleted zones were extensive and continuous (areas exceeding 8,000 km² had bottom dissolved oxygen levels below 2 mg/l during mid-summer in both 1985 and 1986); (2) hypoxic conditions persisted over the entire summer, shifting offshore and onshore in response to wind forcing; (3) oxygen was depleted by decomposition of organic material produced in situ by plankton which is

stimulated by river-borne nutrients; and (4) oxygenation of bottom waters is prevented by strong density stratification, mainly due to the halocline.

In 1985, bottom-water hypoxia was observed during initial sampling in June and persisted into August, when intense mixing of shelf waters due to the passage of hurricanes broke down density stratification. In 1986, hypoxic conditions first appeared in mid-April and appeared to be intensified as a result of phytoplankton blooms associated with diluted plumes of discharged river water. Gradual dissipation of stratification due to decreased freshwater discharge, surface cooling and wind mixing resulted in alleviation of bottom hypoxia in September. The existence of a well-defined coastal boundary layer of warm, lower salinity water seems to contribute to the persistence of hypoxic conditions throughout the summer by maintaining inner shelf stratification and recycling nutrients.

An important question is whether nutrient enrichment due to human activities, particularly in the Mississippi River, has caused eutrophication which has exacerbated oxygen depletion on the shelf in space and time. Evidence was presented that average spring and summer nitrate concentrations in the Mississippi River discharge have doubled over the last 30 years, but that silicate levels have decreased during this period, probably as a result of sediment trapping in upstream reservoirs. Nitrogen concentrations in Mississippi River water have doubled during the last 30 years as a result of increased application of fertilizers and point-source discharges in the Mississippi River drainage basin, which constitutes 40 percent of the United States (excluding Alaska). The

discharge of nitrogen from the Mississippi river system into coastal waters exceeds 1000 metric tons per year, dwarfing such loadings into the Chesapeake and Hudson estuaries and the Southern California Bight, for example.

The effects of oxygen depletion resulting from coastal water eutrophication in the northern Gulf of Mexico on fisheries are potentially substantial. The affected region produces approximately one-fourth of the fishery biomass landed in the United States, including demersal penaeid shrimp, the nation's most valuable fishery.

Discussion of the paper focused on (1) differences in the nutrient dynamics in open shelf areas such as the Louisiana shelf or the New York Bight compared with enclosed estuaries, and (2) the trends of mass loadings compared with concentrations of nutrients. It was explained that neither of these issues has yet been fully assessed.

IMPACT OF URBAN WASTE ON UN-IONISED AMMONIA CONCENTRATIONS IN ESTUARINE AND COASTAL ENVIRONMENTS

Alain Aminot and Roger Kerouel
IFREMER, Centre de Brest, DERO/EL, B.P. 337,
29273 Brest Cedex

Un-ionised ammonia (NH_3) is toxic for aquatic life, a fact which has led official agencies to propose limiting criteria for its concentration in fresh water or sea water:

| | | |
|-------------------|-------------|-------------------------|
| EPA (1972): | fresh water | 1.2 $\mu\text{mol/l}$, |
| | sea water | 0.6 $\mu\text{mol/l}$ |
| FAO-CECPI (1981): | fresh water | 6 $\mu\text{mol/l}$ for |
| | salmonids | |

More recently, Haywood (1983) has suggested limits of 0.12 $\mu\text{mol/l}$ for salmonids (fresh or sea water) and, for the other freshwater or seawater teleosteans, 0.6 $\mu\text{mol/l}$ or 3 $\mu\text{mol/l}$ respectively.

It is therefore important to determine the impact of effluents of urban origin that are rich in ammonia nitrogen on the estuarine and coastal environment inhabited by sensitive species such as the salmonids. To this end, we chose the Brest roadstead, a semi-closed area whose northern basin receives waste from two treatment plants: that of the town of Brest (80,000 inhab-eq) in the marine area and that of the town of Landerneau (40,000 inhab-eq) upstream from the estuary of the Elorn River.

Determination of NH_3

Since direct measurement of NH_3 is not possible at low concentrations in the natural environment, we calculated its concentration based on pH, temperature, salinity and total ammonia measurements. We used the Johansson and Wedborg (1980) relationship, based on experimental measurements of the dissociation constant of ammonia in sea water:

$$\% \text{NH}_3 = 100 / (1 + \text{antilog} (-0.467 + 0.00113 S + 2,887.9 T^{-1} - \text{pH}))$$

where S = salinity (103) and T = thermodynamic temperature (K)

This relationship provides the percentage of NH_3 in total ammonia ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$); the concentrations are then calculated from the measurements of total ammonia.

Percentages of NH_3

Study of NH_3 percentages gives the mean trend as a function of the physical and chemical characteristics that may or may not be conducive to the appearance of the highly toxic form NH_3 , compared with the very slightly toxic form NH_4 . It is for this reason that we have attempted to determine what factor induced variations of the percentage of NH_3 in the environment to such a large extent. These variations are of two types: geographical and seasonal.

Geographical variations have their basic origins in the addition of continental waters and urban waters running into sea water. The effect of salt variations

always remains low compared with the effects of temperature and pH variations. The main factor that induces geographical variations appears to be pH, which is lower in fresh water and normally exhibits a regular upstream-downstream gradient involving an increasing toxic risk as salinity increases.

Seasonal variations are also significant, but in this case it is the temperature which predominately influences the percentage of NH_3 . The annual pH cycle is not very marked, so that in this case this factor has only a secondary role, which does however accentuate the variation induced by temperature.

In the study area, the percentages of NH_3 measured in the sea (northern basin of the Brest roadstead) varied between 2 percent and 2.5 percent in winter and 4.5 to 5 percent in summer. In fresh water (the Elorn River) the values lay between 0.3 percent and 1.2 percent, while in the area affected by Brest's urban effluent, they remain between 1 percent and 1.5 percent.

NH_3 concentrations

The concentrations of NH_3 do not follow the same variations as the percentage of NH_3 ; they undergo the influences of, first, the exogenous additions of ammonia nitrogen by urban effluents and, second, endogenous biological phenomena such as the assimilation of nitrogen or mineralization of organic matter.

Because of the exogenous additions, total ammonia concentrations in rivers are higher than

those in coastal waters, bringing about a reverse gradient from that of pH in the estuary. The result of the combination of these two factors is that the estuary's central area exhibits a maximum concentration of NH_3 . In the area affected by urban effluents discharged into salt water, the total ammonia concentrations are very high (100 to 200 $\mu\text{mol/l}$ in Brest), and the NH_3 concentration is always highest at the surface. In a surface water layer of approximately 2 meters depth, the NH_3 concentration frequently exceeds 1 $\mu\text{mol/l}$.

Seasonal biological factors only have a slight effect in the area affected by an effluent because of the high concentration of total ammonia which masks the natural fluctuations. On the other hand, in the marine environment and in the estuary, when plankton activity is high, i.e., in spring and summer, NH_3 concentrations are at their lowest (whereas the percentage of NH_3 is at its highest). Then, in the autumn, the concentrations rise subsequent to mineralization due to the drop in plankton activity. The amplitude of these seasonal variations, which is very substantial in marine environments, is attenuated in the estuary and in fresh water.

In the northern basin of the Brest roadstead, concentrations are frequently less than 0.05 $\mu\text{mol/l}$ in summer (sometimes less than 0.005 $\mu\text{mol/l}$) and lie between 0.15 and 0.2 $\mu\text{mol/l}$ in winter, while in the river they vary only from 0.03 to 0.07 $\mu\text{mol/l}$. In the estuary, the presence of the maximum figure mentioned indicates concentrations at higher values than in sea water or in fresh water, exceeding 0.10 $\mu\text{mol/l}$ over a large distance, whatever the period of the year.

Harmful effects on the environment

These measurements show that the toxicity criterion set by Haywood for salmonids ($0.12 \mu\text{mol/l}$) is frequently exceeded during the cold season in the sea and the major part of the estuary. Close to an urban waste outfall (a few hundred meters), the water column is permanently contaminated to a level higher than Haywood's criteria over a 2 to 4 m layer.

In the case of the northern basin of the Brest area, where an accumulation of ammonia nitrogen has been demonstrated, it may be feared that an increase in urban discharge raises concentrations above the toxicity criterion for a large part of the year. Under these circumstances, we observe that fish-breeding activities (in particular, salmon) of the Brest roadstead could be adversely affected. It seems that research on the sublethal toxic levels of NH_3 and their consequences for marine fauna should be improved to better understand the risks and guide the management of coastal areas.

References

- EPA (1972). Ecol. Res. Ser., EPA-R3-73-033, March 1973. Washington, D.C.: 594 p.
- FAO-ICPCE, In Coche, A. G. (1981). Stavanger, 29 - 30 May 1980. Tech. Doc. ICPCE, (39): 39 p.
- Haywood, G. P. (1983). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1177: IV + 35 p.

Johansson, O. and M. Wedborg (1980). J. Solution
Chem. 9 (1): 37-44.

SUSCEPTIBILITY OF UNITED STATES ESTUARIES TO MAN-INDUCED STRESS

Robert B. Biggs, Margaret Carter and Betsy Beasley
College of Marine Studies
University of Delaware

Utilizing data primarily from NOAA (1985) and the Department of Commerce (Bureau of Census), both estuaries and watersheds for 79 systems were analyzed. Estuaries fall into groups with low, moderate and high water exchange capacities, reflecting their theoretical ability to purge themselves of pollutants. Watersheds are classified according to area, total population and discrete populations of occupational categories according to Bureau of Census Data. The Vollenweider approach, which compares hydraulic loading to nutrient loading studies of lakes, is adapted to estuaries by including both freshwater and tidal filling. The populations are then analyzed relative to the resultant hydraulic loading data.

By considering total population as a surrogate indicator of nutrients and chemical plus primary metal workers as a surrogate of toxics, we have the means to estimate potential anthropogenic impacts on watersheds. When these surrogates are plotted against hydraulic loading, managers have a tool for first order estimates of which estuaries are likely to be under greatest anthropogenic pressure and which estuaries are least likely to be able to cope with that pressure. We are not claiming that these systems have a problem, but are suggesting that they be examined for the presence of nutrient or toxic stress because they have the greatest potential for pollution.

**MECHANISMS PROMOTING THE DEVELOPMENT OF
BLUE-GREEN ALGAL BLOOMS IN THE NEUSE RIVER,
NORTH CAROLINA**

Donald W. Stanley and Robert R. Christian
Institute for Coastal and Marine Resources and
Biology Department, East Carolina University
Greenville, North Carolina 27858

Extensive blooms of blue-green algae dominated by Microcystis aeruginosa have occurred during some, but not all, recent summers along the lower Neuse River, North Carolina. Several factors have been postulated to contribute to these nuisance algal blooms: (1) excess nutrients (nitrogen and phosphorus), (2) high spring runoff and (3) sustained low flow during the summer. Research has shown that during the past decade nutrients have been present in excess of algal needs year-round in the Neuse, yet blooms do not develop every summer. Also, nutrient concentrations in the Neuse are not significantly higher than in some other nearby river estuaries where blooms have not been observed. It has also been suggested that blooms are more likely in summers that follow unusually wet winter-spring periods, because the high runoff might bring in more particulate nitrogen and phosphorus that subsequently decomposes to release high concentrations of labile nutrients the following summer. However, no quantitative evidence is available to support this hypothesis.

In a recent study we tested the hypothesis that there is a close linkage between bloom formation and the third factor listed above, sustained low river

flow. Specifically, we believe that the blooms result from faster algal growth rates and longer residence times of algae in the river at low flows. Our hypothesis was based on a plot of several years worth of chlorophyll-a data against river flow, which indicates a sharp rise in the algal biomass as flow dropped below a threshold level. To evaluate this hypothesis, we developed a mathematical simulation model for predicting the concentrations of algae in the lower Neuse under various flow conditions, taking into account the effects that flow has on river velocity (and hence time-of-travel) and other variables affecting algal growth, such as light intensity and water depth. Information on the time-of-travel came from a series of dye tracer studies, and we evaluated the regulation of growth of M. aeruginosa by light and temperature in the laboratory. Model predictions were in good agreement with observations of bloom occurrence or non-occurrence over the past decade.

Our results may be useful in the management of (1) low-flow augmentation at a reservoir in the upper Neuse basin, (2) nutrient loading reduction and (3) water use within the Neuse basin, as well as interbasin transfers involving the Neuse. Nevertheless, there are many unanswered questions, some of which are being addressed in ongoing or new research projects by us and by other estuarine ecologists in the region:

1. How susceptible to algal blooms are other nearby coastal rivers with similar watershed uses and apparently similar nutrient loading rates?

-
2. What degree of nutrient loading reduction will be required to offset the effects of low summertime flow?
 3. What impacts do these freshwater blooms have on the ecology of the estuary, either directly (e.g., food-chain interruptions) or indirectly (e.g., decomposition and enhancement of algal productivity in the higher salinity portions of the system)?

SUMMARY

The deliberations of the Franco-American Symposium on the Inputs, Fates and Effects of Urban Wastes in Marine Waters pointed to the commonality of interests of French and American researchers concerned with such wastes. The two countries have similar pollution problems in their coastal waters and can learn a great deal from each other through an exchange of information. The symposium identified the following areas that appear to be especially promising for further cooperative efforts.

1. Status and trends in marine environmental quality

Both France and the United States have great concern regarding the present condition of the marine ecosystems and resources around their coasts and the changes these systems and resources are undergoing. Both countries have active programs to monitor pollutant concentrations in various parts of their marine coastal waters. Further cooperation to exchange data and results could greatly aid the programs in each country in placing their results in broader perspective and comparing their problems with those being experienced in another industrialized country. The two countries are also interested in the development of scientifically based environmental standards adapted to conditions of their own coasts for the assessment of chemical contamination. This is an important area for additional exchange of information.

2. Relation of pollutant concentration to bioeffects

The marine environmental quality monitoring programs in both France and the United States have focused primarily on measuring concentrations of chemical contaminants. Such information is of limited value, however, unless it can be related to the effects such concentrations have on marine ecosystems and on human uses of these systems. Monitoring programs in both countries are attempting to develop methods for assessing biological effects to complement continuing chemical pollutant monitoring. Exchange of information concerning the applicability of methods being developed in the two countries could help both determine which bioeffects measurements should be added to national monitoring programs.

3. Microbiological contamination of coastal and estuarine areas

The human health threat posed by discharges of human pathogens to estuarine areas, especially as these relate to contamination of seafood, is of great concern in France and the United States. Although the types of problems posed by such discharges differ to some extent in each country, there is a common need to determine and predict dispersion and survival of pathogenic bacteria and viruses in estuarine environments. Reports concerning the inadequacies of the presently used indicators of contamination by pathogenic microorganisms presented at the symposium emphasized the pressing need for improved methods to assess such contamination. As the French program is especially strong in field study of such problems while American efforts focus especially on laboratory studies, there is an excellent opportunity to increase

the efficiency and effectiveness of both efforts by establishing closer coordination and joint research activities between the two countries.

4. Nutrient overenrichment

Biological production in marine and estuarine areas is usually controlled by the levels of carbon or plant nutrients (most commonly nitrogen, but occasionally phosphorus or silica) which are available to support synthesis of organic matter. Human activities, especially discharges of sewage wastes and applications of fertilizers to farm land and the accompanying runoff, can cause large increases in the concentrations of such elements in coastal marine areas, especially in areas such as estuaries where the exchange of water with the open ocean is limited. When such increases occur, the biological production and ecology of such areas can be greatly disrupted, usually resulting in changes that are detrimental to human interests. Nutrient overenrichment problems of this type are being detected more and more commonly in both France and the United States. Exchange of information and research results as well as cooperative research programs concerning such problems could increase the ability of the researchers in both countries to develop the information and recommendations needed to deal with these problems.

In summary, this Franco-American Symposium on the Inputs, Fates and Effects of Urban Wastes in Marine Waters provided the opportunity for a very valuable exchange of information concerning the state of research related to waste discharges in France and the United States. Research programs dealing with microbiological contamination of coastal areas were

particularly emphasized, and already established contacts in this area between American scientists (i.e., Dr. Colwell and Dr. Sobsey) and French scientists (i.e., Dr. Cormier, Dr. Pommeputy, Dr. Swartzbrod) were strengthened and could lead to joint cooperative research activities.

La Pollution et le Milieu Côtier: Un Colloque

Colloque Franco-Américain sur les Apports,
le Devenir et les Effets des Rejets Urbains
dans les Eaux Marines

L'Université de Maryland
College Park, Maryland, U.S.A.



A Maryland Sea Grant Publication
University of Maryland
College Park

INTRODUCTION

Les milieux marins et côtiers de plusieurs pays reçoivent des polluants de plusieurs sources, y compris les déchargements de déchets urbains. Ces déchets, effluents de stations d'épuration, déchargements industriels et écoulement pluvial, produisent souvent un surenrichissement nutritif ou une contamination microbienne et toxique de l'environnement. L'accumulation de ces produits toxiques et pathogènes dans les poissons et les mollusques pose une risque à la santé humaine.

Des chercheurs en France aussi bien qu'aux Etats-Unis ont investigué les apports, le devenir et les effets de ces déchets sur les milieux côtiers et estuariens. Ce rapport résume les présentations et les discussions d'un colloque franco-américain sur le déchargement de déchets urbains dans les eaux marines et côtières. Cette réunion qui a eu lieu en Septembre 1986 à l'Université du Maryland à College Park a été tenu par la division des Recherches sur le Milieu Marin faisant partie d'un accord bilatéral intergouvernemental entre la France et les Etats-Unis pour la coopération dans l'océanographie, et il a été patronné par le collège de Sea Grant du Maryland.

La division des Recherches sur le Milieu Marin a comme objectif l'échange de renseignements qui se rapportent aux problèmes du milieu marin représentant un souci réciproque à la France et aux Etats-Unis, et le développement d'évaluations comparatives de contaminants dans l'environnement. L'idée d'un colloque a suivi une discussion entre le Docteur Andrew Robertson du Programme National de Pollution

Marin de NOAA et le Docteur Rita Colwell de l'Université du Maryland et le Docteur M. Chaussepied du Centre Océanologique de Bretagne, d'IFREMER. Le colloque a été financé par une allocation de NOAA.

Le but du colloque était triple :

1. De discuter et de comparer les activités des recherches en cours au sujet des déchets urbains sur les environnements côtiers et estuariens.
2. De préparer un résumé des activités des recherches en question.
3. D'identifier les zones des recherches éventuelles pour coordination ou collaboration future.

Les étendues des soucis mutuels aux participants français et américains comprennent l'évaluation des conditions et tendances, du sort et des effets des contaminants microbiens et toxiques, des transformations estuariennes et des effets des écoulements de déchets sur ces transformations et les réponses biologiques sur la pollution urbaine. Ce travail a rassemblé des investigateurs principaux des deux pays et a stimulé des discussions considérables sur les découvertes des recherches récentes, ainsi que d'envisager des opportunités d'efforts en commun.

Le colloque avait pour but d'initier une série d'activités et d'efforts de coopération franco-américaine pour le progrès de la NERC. Espérons que les contacts continueront à fructifier dans les années à venir. Nous espérons également que les rapports présentés dans ce compte-rendu donneront un essor de discussions et d'échanges entre les participants aussi bien qu'à d'autres investigateurs dans ce domaine important qu'est la science de marine environnementale.

**LA NATURE IRRECUPERABLE DES COLIFORMES
FAECALES ET L'EFFET SUR LES INDICES DE
COLIFORME**

Rita R. Colwell
Department of Microbiology
University of Maryland
College Park, Maryland 20742

L'utilisation d'organismes d'indice, des coliformes faecales en particulier, pour détecter la contamination bactérienne dépend des comptes bactériens et des types d'organismes présents. On se sert de ces indices depuis environ 100 ans. Bien que ces indices fournissent encore des renseignements utiles, il faut développer et employer de nouvelles techniques pour détecter et énumérer les virus enteriques pathogènes aux hommes. En outre, un grand nombre de substances pathogènes importantes, telles que des espèces de Vibrio, font partie de la flore marine naturelle et ne peuvent pas être éliminées. D'autre part, on ne les énumère pas par des techniques normales pour détecter les bactéries coliformes. De récentes manifestations de choléra dans la Louisiane, y compris environ 16 incidents en 1986, soulignent l'importance de ce problème.

La distribution des espèces de Vibrio dans la Baie de Chesapeake est gouvernée par une variété des conditions environnementales à l'intérieur de l'estuaire ; par exemple on trouve V. cholerae dans la région supérieure de la Baie dans des eaux d'environ 17 ppt. salinité. Par contre, la distribution de coliformes dans la Baie n'a pas de rapport direct avec la salinité ; d'habitude on arrive à lier de hauts comptes

□

de coliformes à un écoulement de source à point ou non à point. Des espèces de Vibrio sont limitées par la température et normalement on n'arrive pas à les cultiver dans des prélèvements d'eau en dessous de 15°C.

Le rapport entre la distribution de Vibrio et celle d'autres organismes est critique aussi. L'abondance de V. parahaemolyticus a un rapport proche avec le cycle d'abondance et de reproduction de l'espèce de morue à chape planctonique dans la Baie de Chesapeake. Les bactéries sont attirées au surface de la couverture de l'ovule de la morue femelle gravide. On trouve aussi les Vibrios dans l'intestin de la morue à chape. D'un autre côté, Escherichia coli ne démontre aucun de ces patrons de distribution, sinon il a un rapport visible avec les patrons du déchargement de déchets. On trouve les Vibrios, surtout le V. parahaemolyticus dans l'hémolymphe de la crabe bleue, et l'intestin postérieur de cette espèce est facilement colonisé par V. cholerae. On trouve E. coli surtout dans les eaux très polluées. Ainsi nous avons à faire avec les membres normaux de la communauté estuarienne qui jouent des rôles significatifs dans le fonctionnement du système.

Les microorganismes ont développé des mécanismes pour répondre à des conditions estuariennes diverses. Ils entrent dans un état semblable à celui de la formation de spores, appelé l'étape "somicellulaire," dont on ne peut pas faire de culture dans des média de laboratoire routiniers, bien qu'on puisse les compter directement. Si l'on expose les cultures des espèces de Vibrio ou d'E. coli à de basses températures (< 10°C) et si l'on plaque des aliquotes sur les média de culture chaque jour, tous les comptes de

plaque diminuent peu à peu à zéro. Mais lorsqu'on examine la culture sous un microscope, les comptes de cellules sont à peu près les mêmes que ceux du commencement de l'expérience. La microscopie de fluorescence, qui emploie la méthode de coloration à orange acridine montre des cellules très agrandées lorsqu'on ajoute l'acide naladixique et l'extrait de levure au prélèvement d'eau et que l'on incube le prélèvement pendant de six à huit heures à une température ambiante (Xu et al., 1983).

On a observé une réponse semblable dans E. coli lorsqu'on a mis des cultures dans des cavités de membrane et que l'on les a exposées à de l'eau de mer entièrement ambiante. Le nombre de cellules dont on pourrait faire une culture s'est constamment abaissé, mais le nombre total de cellules dans les chambres est restée constante. On n'a pas pu faire de culture d'E. coli lorsqu'on l'a exposé à une combinaison de basse température et d'eau de mer pendant dix jours, mais une fois injecté dans des anses iléales de lapins on a observé sa capacité pathogène. Ensuite on a pu faire une culture des cellules récupérables dans les média ordinaires. V. cholerae, Shigella, et d'autres microbes pathogènes agissent de la même manière.

Le phénomène de "viable mais non cultivable" est très important pour la microbiologie environnementale et pour les indices microbiologiques de pollution. On a démontré qu'une manifestation importante d'infections de Campylobacter jejuni en Angleterre a pu être remontée à des coqs auxquels on avait donné de l'eau d'un puits qui ne démontrait pas de contamination bactérienne lorsqu'on a employé les techniques de plaque habituelles. Cependant des comptes directes ont démontré la présence de

Campylobacter jejuni. On a lié l'infectivité directement à l'eau du puits contaminée en comparant les coqs auxquels on avait donné de l'eau du puits avec les coqs de contrôle auxquels on avait donnée de la même eau après l'avoir mise en autoclave. On a supposé que la source de la contamination était une rivière voisine, via l'eau du terrain.

Par conséquent il n'est pas possible de se fier aux techniques de plaque bactériologiques traditionnelles pour énumérer ou détecter des bactéries pathogènes. Il nous faut de nouvelles méthodes qui combinent des techniques d'anticorps fluorescents et de classement de cellules pour détecter les bactéries pathogènes.

Les bactéries, y compris certaines espèces pathogènes, sont des membres de la flore estuarienne à l'occurrence naturelle. Elles jouent des rôles principaux dans la décomposition et le recyclage de matières organiques, et récemment on a démontré qu'elles sont nécessaires pour le tassement réussi de larves planctoniques, tels que ceux des huîtres.

D'autres soucis

Il y a une incidence croissante de plasmodes résistants à plusieurs drogues, dans les bactéries estuariennes ; ceci est particulièrement caractéristique des zones contaminées. On en trouve dans des endroits éloignés, mais à mesure que la quantité d'effluents polluants s'accroît l'incidence et la résistance antibiotiques codée par ses plasmodes s'augmente aussi. En de tels cas la résistance aux métaux lourds s'accroît aussi dans les bactéries, chose peu surprenante donné le fait que les gènes

fournissant les codes pour la résistance aux métaux et aux anticorps peuvent être portés sur les mêmes plasmodes.

Résumé

- Le compte des coliformes a bien servi comme une grosse mesure de la qualité d'eau, mais en raffinant notre modèle des estuaires nous ne pouvons pas nous fier à ces comptes pour déterminer le potentiel nuisible à la santé humaine.
- D'autre part, il faut reconnaître la présence et le rôle de microorganismes potentiellement pathogènes à occurrence naturelle et les méthodes développées et employées pour les détecter.

Référence

Xu, H.-S., N. Roberts, F.L. Singleton, R.W. Attwell, D.J. Grimes and R.R. Colwell. 1983. Survival and viability of non-culturable Escherichia coli and Vibrio cholerae in the estuarine and marine environment. *Microbial Ecology* 8:313-323.

**ETUDE DE LA FLORE BACTERIENNE D'UN ESTUAIRE
A MAREES - CAS DE L'ELORN, RADE DE BREST**

M. Pommepuy*, M. Cormier**, M. Breton*,
E. Dupray*

*IFREMER, Centre de Brest, B.P. 337, 29273 Brest
Cedex

**Laboratoire de bactériologie pharmaceutique, Faculté
de Pharmacie, av. Prof. Léon Bernard, 35043 Rennes
Cedex

Du fait de leur morphologie et des nombreuses activités qui s'y développent, les estuaires sont soumis à différents apports contaminants. Ceux-ci peuvent être directs (rivière, station d'épuration) ou indirects (sédiment, ruissellement ... etc). Le but de notre travail est de rechercher une méthode permettant d'étudier l'évolution spatiale et temporelle de la flore bactérienne de l'estuaire.

Pour ce faire, différents milieux de culture sont utilisés, notamment un milieu permettant d'isoler les bacilles à gram négatif utilisé en France en bactériologie clinique (Milieu de Drigalski). Des modifications ont été apportées au niveau des températures d'incubation (42°C, 37°C, 25°C) et de sa teneur en sel. Ainsi sur ce milieu doux incubé à 42°C, la majorité des bactéries isolées est d'origine entérique, tandis que le même milieu, salé, incubé à 25°C, permet d'isoler les bactéries de l'environnement et les halotolérantes. D'autre part, des milieux complémentaires sont également utilisés pour mettre en évidence la flore totale marine, la flore totale douce aquicole, les bactéries anaérobies ... etc.

Cette méthode a été utilisée dans différents estuaires en Bretagne. Les résultats présentés ici concernent l'Elorn (Rade de Brest), leur interprétation notamment par une méthode statistique (analyse des correspondances) montre que dans cet estuaire à fort marnage (7 m en vives eaux), la flore bactérienne est soumise à trois sources : deux permanentes et directes mais de niveau contaminant variable (la rivière et surtout la station d'épuration) et une discontinue et indirect (le sédiment).

En période de faible turbulence ou de dépôt (en morte eau ou lorsque le débit de la rivière est faible) il n'y a pas de remise en suspension du sédiment ; les deux sources principales qui contaminent l'estuaire sont : la station d'épuration et la rivière elle-même. Dans la partie amont de l'estuaire, il y a alors vraisemblablement une période favorable au dépôt des particules contaminées sur les sédiments du fond : dans cet écosystème, cette flore exogène subira un remaniement dû à la compétition avec les espèces endogènes bien adaptées au milieu ; la présence de matière organique dans les sédiments proches du rejet de la station d'épuration doit jouer un rôle important, surtout si, comme le montrent les observations en microscopie à balayage, la plupart du temps les bactéries issues de ces rejets sont agglomérées dans de la matière organique, qui les protège, et leur offre les éléments nutritifs nécessaires à leur survie. Les numérations trouvées dans le sédiment pendant ces périodes de dépôt peuvent être 10 à 100 fois supérieures à celles trouvées dans l'eau.

Dans l'eau, la flore bactérienne diminue de l'amont vers l'aval et se modifie avec un remplacement progressif des flores contaminantes par les bactéries



marines ; cette modification est en relation avec l'augmentation de la salinité. Il semble que dans la partie amont de l'estuaire les phénomènes de mortalité bactérienne soient faibles ou compensés par les bactéries issues du bouchon vaseux, on note une dilution remarquablement conservatrice des coliformes au cours de leur transport. Enfin le caractère d'halotolérance des souches isoées est très marqué.

En période de forte turbulence ou d'érosion (en vive eau ou pendant la crue de l'Elorn), il vient s'ajouter au fonctionnement précédent une troisième source de contamination par le sédiment remis en suspension. Cet apport est loin d'être négligeable et peut même être très important en ce qui concerne la flore contaminante exogène. On observe alors une érosion du fond provoquant, d'une part, une diminution des concentrations bactériennes dans les sédiments superficiels, et d'autre part, la modification de la flore bactérienne de l'eau qui s'apparente alors à celle du sédiment.

Enfin, au cours de l'année, on observe une évolution saisonnière de la flore bactérienne qui pourrait être expliquée, en partie, par les variations de salinité ou de température dans l'estuaire.

En conclusion, la prise en compte de paramètres bactériens multiples tels que les numérations sur différents milieux de cultures, permet donc d'identifier plusieurs flores caractéristiques des différentes sources et d'évaluer ainsi leur impact respectif sur la qualité d'une zone littorale.

APPORT, ELIMINATION ET RETENSION DE VIBRIOS DANS LES MOLLUSQUES

G.E. Rodrick
University of South Florida
College of Public Health
Department of Environmental/Occupational Health
Tampa, Florida 33612

Des mollusques, tels que les huîtres et les palourdes, sont des organismes à nutrition par filtration qui peuvent accumuler des bactéries potentiellement pathogènes à des concentrations supérieures à celles trouvées dans leur milieu marin ambiant. Si l'on consomme de tels mollusques crus ou mal-cuits ils peuvent représenter un risque d'infection bactérienne. On a étudié un groupe d'agents pathogènes potentiels, les Vibrios, par rapport à leur apport, leur élimination et leur rétention dans les mollusques.

On a exposé des palourdes et des huîtres à des quantités prédéterminées d'algues et de bactéries (Escherichia coli, Vibrio cholerae, V. vulnificus et V. parahaemolyticus) et on les a laissés accumuler ou concentrer les bactéries. Spécifiquement on a obtenu la plus grande quantité de bactéries à l'intérieur de l'huître et de la palourde après quatre et six heures respectivement. On a déterminé la distribution des bactéries dans certains tissus de la palourde et de l'huître (la glande digestive, la partie gonadique, la mante et la branchie). La concentration de bactéries la plus forte se trouvait dans la glande digestive, tandis que l'hémolymphe en contenait le moins.

On a analysé les effets de dépuration aux rayons ultraviolets sur les palourdes et les huîtres.

□

Après quatre heures d'exposition aux rayons ultraviolets dans de l'eau de mer contaminée au laboratoire il s'est produit une réduction de 99.9 pour-cent de Vibrio dans les palourdes et les huîtres. Par contre il s'est produit seulement une réduction de 50 pour-cent de Vibrio après 48 heures de dépuración aux rayons ultraviolets dans les huîtres contaminées de manière naturelle.

En conclusion, les résultats rapportés sont consistents en ce que de bas niveaux de bactéries sont rapidement enlevés par la palourde et l'huître. D'autre part, les bactéries périssent rapidement en grandes quantités dans de l'eau de mer recyclée traitée par des rayons ultraviolets. Il est possible de réduire significativement la quantité de bactéries dans les palourdes et les huîtres contaminées au laboratoire. Cependant il est beaucoup plus difficile de dépurar celles qui ont été contaminées de façon naturelle. Les raisons qui expliquent ces différences nous échappent, on les étudie actuellement.

(Financement de Florida Sea Grant et NOAA.)

**DIFFERENTS ASPECTS DU COMPORTEMENT DE
BACTERIES D'ORIGINE ENTERIQUE EN
MILIEU MARIN**

M. Cormier*, J. Minet*, F. Le Guyader*,
C. Desmonts*, E. Korn*, M. Ghoul*,
M. Pompepuy**, et E. Dupray**

*Laboratoire de bactériologie pharmaceutique,
Faculté de Pharmacie, av. Prof. Léon Bernard, 35043
Rennes Cedex

**IFREMER, Centre de Brest, B.P. 337, 29273 Brest
Cedex

Escherichia coli est largement utilisé comme témoin de contamination des milieux dulçaquacols et marins. Le comportement d'Escherichia coli dans le milieu marin détermine la validité des techniques d'évaluation des contaminations par les numérations bactériennes et peut servir de modèle pour étudier la survie des bactéries pathogènes d'origine humaine dans le milieu littoral. Nous nous sommes intéressés à l'halotolérance d'Escherichia coli.

Les techniques de fluorescence ou d'immuno-fluorescence sont à l'heure actuelle reconnues comme permettant la mise en évidence de l'ensemble des flores bactériennes cultivables ou non. Nous avons utilisé la technique d'immunofluorescence indirecte pour la numération des Salmonellas dans les sédiments de la rivière de Morlaix.

L'adhérence bactérienne aux matières organiques en suspension joue un rôle considérable dans la survie des bactéries plongées dans un milieu hostile.



Les numérations après filtrations différentielles montrent que, dans les rejets, les bactéries sont le plus souvent associées aux colloïdes organiques. Dans la rade de Brest, nos études ont montré le rôle de la sédimentation dans l'épuration du milieu marin. Nous avons étudié la pénétration et la survie des bactéries de contamination dans le sédiment.

1. Halotolérance de E. coli

L'étude a porté sur des souches isolées du milieu marin et des souches d'origine hospitalière. La capacité de croissance d'E. coli en présence de différentes concentrations de NaCl a été évaluée en milieu minimum + glucose + glycine-bétaïne et en milieu complexe (Bouillon trypticase-soja). Les deux populations d'E. coli voient leur halotolérance augmenter par accumulation de glycine-bétaïne et d'acides aminés. Cependant la pression de sélection du milieu marin sur E. coli apparaît en milieu minimum : si 90 pour-cent, 40 pour-cent et 30 pour-cent des souches marines se développent sur les milieux à 30 g, 40 g et 60 g de NaCl par litre, seulement 22 pour-cent, 19 pour-cent et 3 pour-cent des souches hospitalières sont susceptibles de le faire. Par ailleurs, nous n'avons jamais constaté de synthèse de glycine-bétaïne chez E. coli, mais seulement une accumulation de glycine-bétaïne exogène. Il apparaît donc que la sensibilité d'E. coli au sel est faible en milieu riche en protéines assimilables, situation pouvant être rencontrée dans le sédiment marin littoral.

2. Contamination expérimentale du sédiment et de l'eau

Cette étude a été réalisée au laboratoire. Deux systèmes ont été employés : sédiment stérile + eau de

mer naturelle, et sédiment naturel + eau de mer stérile. Les expériences ont été effectuées à une température de 20°C. Nous avons numéré la flore hétérogène totale et les bacilles à gram négatif hétérotrophes par dilution et étalement sur milieux solides.

Dans tous les cas, l'augmentation de la température (5 à 6°C) entre le milieu extérieur et le laboratoire a pour conséquence une croissance bactérienne (100 à 1000 fois) dans l'eau comme dans le sédiment. Cette observation nous laisse penser que les bactéries trouvent dans le milieu les nutriments nécessaires à leur croissance.

La contamination du sédiment par les bactéries présentes dans l'eau est rapide (24 heures), probablement due à l'infiltration. Nous constatons d'autre part une croissance, puisqu'à l'équilibre, les numérations dans le sédiment sont 10 à 100 fois supérieures à celles obtenues dans l'eau. La survie dans le sédiment est plus longue que dans l'eau. Les filtrations différentielles montrent que la contamination de l'eau par le sédiment est le fait non pas de bactéries isolées mais des bactéries adhérentes à du matériel particulaire. La survie des bactéries dans l'eau est liée à leur adhésion : quatre jours pour les bactéries isolées, supérieur à dix jours pour les bactéries adhérentes.

Ces expériences confirment le double rôle du sédiment marin littoral : piège et source de contamination bactérienne.

3. Immunofluorescence

Les techniques de culture avec ou sans revivification sont l'objet de nombreuses critiques : les bactéries stressées sont susceptibles d'être incapables de croître sur milieu synthétique. Les techniques d'immunofluorescence indirecte présentent l'avantage de révéler la présence des corps bactériens. Cependant, il faut résoudre deux problèmes : la spécificité des antisera utilisés (les réactions croisées sont nombreuses entre entérobactéries) et la sensibilité de la méthode, d'autant plus limitée que le prélèvement est riche en matières en suspension. Nous avons réalisé des numérations de salmonelles dans le sédiment de la rivière de Morlaix. Les antisera polyvalents utilisés ont été absorbés sur des suspensions d'entérobactéries autres que salmonelles, et sur certaines espèces de Pseudomonas, Aeromonas, Vibrio. Les sédiments sont dilués en eau distillée + 0,25 pour-cent de Tween 80 et agités. Après sédimentation, l'eau est filtrée sur Nucléopore. Cette technique nous a permis de constater la présence de Salmonella à 3 km de la source constituée par une station d'épuration, c'est à dire dans la zone amont de l'estuaire où le renouvellement des eaux est le plus faible.

Ces expériences nous ont permis de trouver quelques explications à la survie des bactéries potentiellement pathogènes dans le milieu littoral breton qui se caractérise par la fréquence des estuaires profonds à caractère fortement sédimentaire. La technique d'immunofluorescence indirecte nous paraît, lorsque les conditions expérimentales seront bien définies, être un palliatif aux méthodes de culture bactérienne.

**INFLUENCE DE TEMPERATURE, SALINITE ET
DISPONIBILITE D'APPROVISIONNEMENT
ALIMENTAIRE SUR L'ELIMINATION DU VIRUS
HEPATITE-A ET DU VIRUS POLIO TYPE 1 DE
L'HUITRE DE L'EST, CRASSOSTREA VIRGINICA,
SOUS DES CONDITIONS DE DEPURATION**

Mark D. Sobsey, Valerie A. Rullman and
A. Lee Davis
Department of Environmental Sciences and Engineering
School of Public Health. University of North Carolina
Chapel Hill, North Carolina 27514

Des mollusques bivalves comestibles, tels que les huîtres et les palourdes, habitant dans les eaux côtières estuariennes et marines recevant des déchets urbains et d'autres sources de déchargements de déchets humains, peuvent être contaminés par des microbes entériques pathogènes qu'ils accumulent à partir des eaux environnantes pendant leurs activités normales de nutrition par filtration. On a rapporté des manifestations d'hépatite et d'autres maladies virales à la consommation de mollusques crus ou mal cuits qui ont été contaminés de cette façon. Actuellement, on se préoccupe de ce que les indicateurs bactériens (coliformes totaux et fécaux), dont on se sert pour déterminer la qualité sanitaire des mollusques sont insuffisants pour prédire la présence d'hépatite-A et d'autres virus entériques dans les mollusques.

Il est bien connu que les bactéries coliformes et certain virus entériques tels que polio virus sont rapidement éliminés des mollusques contaminés mis dans des réservoirs d'eau marine saine et coulante

sous des conditions contrôlées. Ce procédé, qu'on appelle dépuration, est très répandu pour épurer les mollusques contaminés par le fécal, de sorte que l'on peut les vendre pour la consommation humaine. Cependant on ne connaît rien sur la persistance de certains virus entériques dans les mollusques, tels que le virus hépatite-A (VHA), sous les conditions de dépuration.

Dans cette étude, l'élimination de VHA et de virus polio type 1 par l'huître de l'est, Crassostrea virginica, a été déterminée dans un système d'échelle de dépuration d'un laboratoire. Les variables étudiées pour leur influence sur les taux de dépuration étaient la température, la salinité et la disponibilité d'approvisionnement alimentaire (l'algue Isochrysis galbana, variété tahitienne) dans l'eau de dépuration.

Aux trois températures étudiées (24, 18 et 21°C) et à une salinité de 18 PPT, le virus polio a été rapidement éliminé des huîtres pendant les deux ou trois premiers jours de dépuration, bien que de faibles niveaux du virus polio aient persisté dans quelques prélèvements après cinq jours. Par contre, l'élimination de VHA par les huîtres dépurantes n'était ni aussi rapide ni aussi forte que celle du virus polio. La réduction du virus polio dans les huîtres dépurantes était due tout aussi bien à l'élimination active qu'à l'inactivation physique. Par contre il semblait y avoir peu d'élimination active de VHA.

Aux trois salinités étudiées (8, 18 et 28 PPT) et à une température de 25°C, le virus polio a été rapidement éliminé par les huîtres pendant les deux ou trois premiers jours de dépuration, réalisant

typiquement une réduction de $2,5 \log_{10}$ au bout de cinq jours.

Par contre, la réduction du VHA était considérablement moins étendue, avec une réduction approximative de seulement $1 \log_{10}$ après cinq jours de dépuración. On a obtenu des résultats semblables pour chaque virus lorsqu'on a dépuré les huîtres dans de l'eau contenant $1-5 \times 10$ par ml cellules d'Isochrysis galbana ce qui indique que la disponibilité d'approvisionnement alimentaire avait peu d'influence sur les taux de dépuración.

Les résultats de cette étude indiquent que la dépuración n'est peut-être pas une méthode efficace pour réduire les niveaux de VHA et probablement d'autres virus entériques dans les huîtres contaminées. A l'heure actuelle il peut être préférable de protéger les mollusques de contamination virale en empêchant cette contamination d'entrer dans les habitats de mollusque, autrement dit d'empêcher la contamination dès la source.

**PROGRAMME NATIONAL "ETAT ET TENDANCES" DE
LA NOAA POUR LA QUALITE DU MILIEU MARIN**

Marjorie C. Ernst
NOAA Division of Oceanic Assessment
Coastal and Estuarine Assessments Branch
Rockville, Maryland 20852

Le Programme National "Etat et Tendances" (National Status and Trends [NS&T] Program) de la NOAA est un programme de surveillance et d'évaluation qui s'appuie sur une stratégie uniforme pour obtenir des prélèvements de sédiment, des mollusques bivalves et du poisson benthique tirés en différents sites le long des côtes des Etats-Unis, des méthodologies analytiques uniformes pour détecter et quantifier une série de produits chimiques toxiques dans ces prélèvements. En outre, on détermine de l'évidence visible et histologique des malformations de poissons. Dans l'avenir nous voudrions incorporer un nombre d'effets et d'essais biologiques dans le schéma de prélèvement. Finalement, nous espérons répondre aux questions suivantes : (1) Quelle est la qualité du milieu marine et estuarien des Etats-Unis? (2) Est-ce que la qualité de l'environnement s'améliore ou empire? (3) Est-ce que les ressources estimées sont menacées? NOAA conduit le programme de NS&T pour aider à répondre aux deux premières questions et pour fournir des renseignements pertinents à la troisième. L'approche choisie pour ce programme est celle de fournir une base uniforme pour comparer une région géographique à une autre, et pour détecter des changements dans chaque région après une certaine période de temps. Nous pensons que les réponses aux questions posées ci-dessus aident à

déterminer l'utilité des actions de régulation ou de gestion qui existent déjà ou que l'on a proposées.

Le programme consiste en deux projets de prélèvement de lieux principaux : Le Projet de Surveillance Benthique et le Projet de Surveillance par le Contrôle des Moules. Sous le Projet de Surveillance Benthique, on collectionne des poissons benthiques et des sédiments de 50 sites autour des Etats-Unis pendant le printemps et l'été de chaque année. On complétera le troisième cycle de collection en octobre 1986. En avril 1986 on a terminé la première d'une série de cycles de collections annuelles de mollusques bivalves et de sédiments à 150 sites, ce qui fait partie du Projet de Surveillance des Moules.

On a établi un nombre d'objectifs pour les premières années du programme. Le premier objectif, la création d'une base de données uniforme nationale, exige que tous les participants appliquent des méthodes éprouvées, de strictes mesures d'assurance de qualité. Le programme actuel consiste principalement en des mesures des contaminants chimiques potentiellement toxiques dans les sédiments et dans le biote, pour lesquelles il existe des méthodes éprouvées et qui sont généralement disponibles. Parmi ces produits chimiques sont certains éléments traceurs, tels que les PAH, les PCB et les pesticides chlorurés. On mesure aussi plusieurs autres paramètres à fin de normaliser les données des contaminants et d'enlever une partie de la variabilité attendue. Le deuxième objectif est de démontrer la valeur des données en établissant une base statistique pour détecter les changements spatiaux et temporels dans la qualité du milieu marin. En résultat, on va peut-être identifier des régions sélectionnées pour d'autres études

intensives. Le troisième objectif est de localiser et de vérifier des techniques de mesure supplémentaires sur une base d'essai. Par exemple, comme les PAH sont rapidement métabolisés dans le foie des poissons, nous mesurons les métabolites PAH dans la bile des poissons, plutôt que de chercher les composés parents dans le foie. On appuyera sur les mesures potentielles qui sont capables d'indiquer une réponse biologique à la présence des contaminants. Le quatrième objectif a été d'initier et de maintenir des archives de spécimens contenant des prélèvements de l'environnement collectionnés et préservés avec des techniques qui permettront des analyses retrospectives sûres.

On présentera des données sélectionnées du Projet de Surveillance Benthique en 1984. Ces résultats démontrent le potentiel de ces données de discerner des différences régionales dans la qualité de l'environnement. Toutefois, il faudra faire des études plus avancées pour documenter la variabilité à l'intérieur d'un site afin de nous permettre de généraliser au-delà de la caractérisation du site de prélèvement immédiat.

**HEPATOCARCINOME DANS LES FLETS D'HIVER,
PSEUDOPLEURONECTES AMERICANUS, DU PORT DE
BOSTON, MASSACHUSETTS**

Robert A. Murchelano
United States Department of Commerce
National Oceanic and Atmospheric Administration
National Marine Fisheries Service
Northeast Fisheries Center
Woods Hole, Massachusetts 02543

Le port de Boston fournit un habitat à plusieurs poissons marins importants du point de vue commerce et récréation et à plusieurs espèces de mollusques. Ce port est le récipient de nombreux apports d'eau douce et d'une variété de polluants de sources à point et non à point, y compris des quantités substantielles de déchets domestiques et industriels. Deux stations d'épuration principales servant les municipalités au nord et au sud bordant le port se trouvent à Deer Island et à Nut Island, respectivement. Les débits combinés de ces deux stations d'épuration introduisent au port à peu près 500 million de gallons de déchets par jour. La station d'épuration à Deer Island introduit des déchets dans President Roads, le principal chenal d'embarquement au nord du port, et celle de Nut Island en introduit dans Nantucket Roads, le chenal principal au sud du port.

Boston Harbor contient des palourdes molles (Mya arenaria), des homards (Homarus americanus), et des flets d'hiver (Pseudopleuronectes americanus). Récemment on a démontré que les maladies associées à la pollution sont numériquement prévalentes dans ces trois ressources importantes du point de vue écono-

1

mique. Les palourdes molles ont un maladie hémoproliférative avec des caractéristiques morphologiques et biologiques de la néoplasie. Cette maladie ressemble à la leucémie mammifère, et elle a été notée dans des palourdes partout au port. Les homards souffrent d'érosion exosquelettique et de salissures. Les flets d'hiver ont une variété de lésions hépatotoxiques, parmi lesquelles les plus significatives sont néoplastiques. L'hépatocarcinome est épizootique dans les flets d'hiver à Boston Harbor.

On a fait des collections de flets d'hiver venant de Boston Harbor pendant l'automne, l'hiver et le printemps 1984 et 1985. Les poissons obtenus par les traîlles à loutre ont été nécropsiés et les tissus de foie ont été excisés pour des évaluations histopathologiques de routine. En tout on a examiné au microscope 325 foies de poissons. On a noté une variété de lésions dégénératives inflammatoires, nécrotiques et néoplastiques. Parmi les lésions inflammatoires étaient l'hépatite focale et multifocale, la péricholangite, l'hyperplasie de centre melanin-macrophage, et la basculite. Les lésions préneoplastiques putatives consistaient en des foyers d'altération cellulaire (basophiliques). Les néoplasmes comprenaient l'adenome hépatocellulaire, la cholangiocarcinome et l'adenocarcinome anaplastique. Des 325 flets d'hiver examinés, 22,1 pour-cent avaient des lésions préneoplastiques ou néoplastiques.

POLLUANTS ORGANIQUES DANS LES EFFLUENTS URBAINS ET APPORTS CONTAMINANTS VERS LE MILIEU MARIN

Michel Marchand
IFREMER, Centre de Brest, B.P. 337,
29273, Brest Cedex

Les activités humaines, urbaines, industrielles et agricoles entraînent des rejets, de nature et d'origine variées, vers le milieu marin. Parmi ceux-ci, les effluents urbains, parfois non traités, constituent une source de pollution manifeste et chronique, directe ou indirecte par l'intermédiaire des apports fluviaux, pour l'environnement marin côtier.

Aux Etats-Unis, Gosset et al (1983) ont recherché les polluants organiques dans les effluents urbains de la ville de Los Angeles. Ils identifient 101 composés, dont 36 figurent sur la liste de polluants considérés comme prioritaires et définis par l'EPA.

D'une manière analogue, nous avons recherché plusieurs groupes de polluants organiques dans divers effluents urbains français :

- hydrocarbures ;
- hydrocarbures halogénés à haut poids moléculaire (PCB, insecticides chlorés) ;
- hydrocarbures halogénés volatils : solvants chlorés (CCl_4 , $\text{CCl}_3\text{-CH}_3$, CHCl=CCl_2 , $\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$) et trihalométhane formés par la chloration des eaux (CHCl_3 , CHBrCl_2 , CHBr_2Cl , CHBr_3) ;

-
- chlorophénols ;
 - détergents anioniques.

Plusieurs objectifs étaient fixés dans le cadre de cette étude :

- identifier les polluants organiques dans les effluents urbains ;
- évaluer, en entrée de station, les flux de polluants déterminés sur l'effluent brut non épuré et exprimés par équivalent habitant ;
- déterminer les taux d'abattement des polluants organiques selon les procédés d'épuration des stations de traitement des eaux ;
- évaluer les quantités de polluants rejetés annuellement en mer.

L'essentiel des résultats ont été obtenus dans la station d'épuration de Toulon-est, sur le littoral méditerranéen, qui reçoit un effluent urbain correspondant à 61 000 eq. hab., selon un débit journalier moyen de 16 000 m³ d⁻¹. La filière de traitement physico-chimique permet une élimination de 65 à 70 pour-cent de la pollution organique et chimique. Les flux entrant et sortant des polluants organiques identifiés dans cette station d'épuration sont résumés dans le tableau suivant.

Référence

Gosset et al., Mar. Poll. Bull., 1983, 14 (10): 387-392.

Table 1.

| | <u>Flux entrant</u> flux émis par hab. (mg/jour) | <u>Flux sortant</u> quantités annuelles rejetées en mer (kg/an) |
|---|--|--|
| M.E.S. | 66 10 ³ | 360 10 ³ |
| Extrait organique total | 16 10 ³ | 85 10 ³ |
| Détergents anioniques | 6 10 ³ | 72 10 ³ |
| Hydrocarbures totaux | 1,5 10 ³ | 7,9 10 ³ |
| Hydrocarbures aromatiques (eq. chrysène, SFUV) | 12 | 113 |
| Phtalate (DEHP) | 14 | 57 |
| Solvants chlorés | 1,5 - 5,0 | 14 - 42 |
| Pentachlorophénol | 0,11 | 2,4 |
| Insecticides chlorés (DDT, lindane) | (50 - 58) 10 ⁻³ | 0,8 - 1,0 |
| PCB | 32 10 ⁻³ | 0,4 |

MODIFICATION BIOLOGIQUE DU TRANSPORT D'ÉLÉMENT DE TRACE ET DE REACTIVITE DANS LES SYSTEMES ESTUARIENS ET COTIERS

James G. Sanders
The Academy of Natural Sciences
Benedict Estuarine Research Laboratory
Benedict, Maryland 20612

Un nombre de métaux et de métalloïdes présent en quantités de trace dans la colonne d'eau sont biologiquement actifs, participant aux réactions oxydantes et réductives ceux qui sont ordinaires dans le métabolisme et la fonction cellulaire. La participation active dans des procédés biologiques peut mener à des changements dans le partage de l'élément entre les phases dissolues et particules ou à la transformation de la forme chimique du métal ou du métalloïde, ce qui formerait un composé très différent du premier. Si ces espèces chimiques transformées ont des affinités biologiques ou des stabilités thermodynamiques qui diffèrent du composé original une telle transformation peut altérer la réactivité de l'élément et son transport à travers un écosystème côtier. Si l'élément est toxique le surgissement biologique et la transformation peuvent accroître ou empêcher sa toxicité aux organismes, ce qui augmenterait ou diminuerait son potentiel nuisible.

Des changements de partage entre les phases dissolues et particules se produisent lorsqu'un élément est exposé aux changements chimiques du milieu estuarien ; par exemple, la floculation et la précipitation d'oxyhydroxides à de faibles salinités séquestera un grand nombre de cations. En outre,

l'activité biologique peut mener à la diminution d'un élément, ce qui est capable aussi d'altérer l'affinité avec les particules de l'élément : diminution de chrome de Cr(IV) à Cr(III) le transforme d'une forme principalement dissolue à une forme particule. De telles réactions ne changent pas uniquement la réactivité, le transport et le devenir éventuels d'un élément à travers la zone côtière mais elles auraient aussi un grand effet sur la toxicité d'un élément sur biota. Dans le cas de chrome, la réduction de Cr(VI) à Cr(III) réduit efficacement sa toxicité potentielle pour les organismes qui fréquentent la colonne d'eau.

Cependant l'affinité de Cr(III) avec les particules prédit que de plus grandes quantités de chrome peuvent entrer dans les sédiments des estuaires ce qui amènerait un risque considérable aux espèces benthiques.

L'apport biologique peut aussi mener à la transformation des éléments en des formes chimiques très différentes. Par exemple l'arsenic dans la forme inorganique, arséniate, est pris par le phytoplancton, réduit à l'arsénite ou peut-être méthyliisé. Les formes de méthyle sont assez stables, et sont transportées à travers la zone estuaire et côtière plus rapidement que ne le sont les espèces inorganiques. Toutefois ils sont plus toxiques aux invertébrés que d'autres formes arséniques inorganiques de sorte que leur production peut aussi altérer le potentiel de toxicité à l'intérieur de l'écosystème.

Il est nécessaire d'étudier de plus près les procédés biologiques importants pour contrôler la forme de trace d'ion, le transport et la transformation dans les estuaires. Il est très important que nous com-

prenions la manière dont plusieurs procédés -- les contrôles physico-chimiques d'espéciation d'ion de trace, l'incorporation biologique, la transformation, et le déblocage et le contrôle d'ion de trace de la structure communautaire -- sont associés les uns aux autres dans les estuaires productifs avant de pouvoir prédire avec certitude l'impact des composés toxiques dans les estuaires et les océans côtiers affectés. Dans certains cas (ex. As, Se, Sn, Hg et Pb), la médiation biologique peut diminuer la toxicité des éléments, en les convertissant en des formes moins toxiques. Cependant dans les deux cas, les modifications sont significatives à l'estuaire et à l'océan côtier, et doivent être considérés lorsqu'on fait des évaluations ou des prédictions concernant l'impact des rejets.

**EFFETS NUISIBLES DU TBT SUR L'OSTREICULTURE
EN FRANCE : EVOLUTION DEPUIS LES REGLE-
MENTATIONS ANTISALISSURES SUR LA PEINTURE**

Georges Barbier
IFREMER, B.P. 10716 75783 Paris Cedex

(Basé sur un texte présenté à Oceans '86 Symposium sur l'Organo-étain par Claude Alzieu, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Rue de l'Île d'Yeu, B.P. 1049, 44037 Nantes Cedex 01 - France.)

Depuis 1980 on a soupçonné que l'usage des peintures antisalissures contenant du tributyl-étain (TBT) a un effet adverse sur la culture des huîtres du Pacifique (Crassostrea gigas) en France. En fait, on détecte depuis 1975 une baisse dans la croissance et dans les taux de production dans certaines zones d'ostréiculture de la côte de l'Atlantique. La zone la plus affectée est celle de la Baie d'Arcachon où 10 pour-cent de la production nationale d'huîtres a été effectué dans les environs d'une nombreuse flotte de bateaux de plaisance. Depuis 1977 il y a une diminution dans le nombre de naissains ramassés, et de plus les larves résultantes font preuve de certaines anomalies dans leur développement pendant les premières étapes pélagiques. Ces anomalies ont contribué à une diminution considérable dans les taux de survie, phénomène que l'on ne peut pas attribuer à des conditions hydroclimatiques, donné le fait que dans le bassin voisin de Marennes-Oléron la reproduction d'huîtres était normale pendant cette même période. D'autre part, des malformations calcifères dans la coquille, dont on n'avait observé que rarement depuis l'introduction de cette espèce en 1968, sont devenues

plus répandues après 1974, affectant de 80 à 100 pour cent de la population d'huîtres.

Comme on a observé que ces conditions étaient les plus vives près des zones d'amarrage, on a dirigé des efforts de recherche pour évaluer la toxicité des peintures antisalissures utilisés sur les vaisseaux de loisir. Les objectifs de l'étude d'IFREMER, commencée en 1979, étaient quadruples :

- d'évaluer l'étendue de la toxicité liée à l'usage de peintures antisalissures dans les zones d'ostréiculture ;
- de déterminer les niveaux de contamination d'étain dans les mollusques de la zone de culture près des ports ;
- de déterminer la toxicité relative de Cu et de TBT sur le développement des larves ; et
- de réaliser des études de laboratoire et de lieu visant les effets du TBT sur les mécanismes de calcification de l'huître, C. gigas.

En 1979 un sondage des chantiers maritimes, des fournisseurs d'équipement marin et des propriétaires de bateaux a montré que la plupart des peintures utilisées était à base de cuivre oxide (Cu_2O) ou de TBT. Des études ultérieures ont fait preuve de niveaux de cuivre stables pendant toute l'année et de hauts niveaux de TBT pendant la saison des bateaux de plaisance (qui coïncide avec la fraie) et de très bas niveaux de TBT dans des zones où il y avait très peu de bateaux de plaisance.

En 1981 une étude a fait preuve de variations significatives dans le niveau de contamination de Crassostrea gigas et d'Ostrea edulis, selon la prox-

imité des lieux de prélèvement aux zones d'amarrage, trouvant les niveaux les plus bas dans le centre de la Baie et les niveaux les plus élevés le plus près des zones d'amarrage. Par conséquent des chercheurs ont conclu que les organo-étains libérés par les peintures antisalissures ont entraîné une augmentation dans la concentration d'étain dans les huîtres.

Des chercheurs étudiant les huîtres dans la Baie d'Arcachon et dans la Baie de Marennes-Oléron ont fait plusieurs observations significatives.

- Une fraie nombreuse a seulement produit un petit nombre de "véligers" bien-développés malgré les conditions naturelles favorables ; des prélèvements de ces "véligers" ont développé de manière normale sous des conditions de laboratoire lorsqu'on les a mis dans de l'eau de mer ailleurs.
- Un développement anormal des coquilles, avec des coquilles épaissies contenant de nombreuses chambres remplies d'une protéine gelatineuse est répandu depuis 1979. Des chercheurs ont conclu que ce procédé anormal entraîne une perturbation dans les mécanismes génétiques moléculaires.
- Dans les malformations les plus vives, trouvées seulement dans la Baie d'Arcachon, l'épaississement de la coquille a été plus rapide que sa croissance en longueur, produisant la forme d'un bal. Lorsque les huîtres affectées ont été transportées à des zones non-affectées leurs écailles ont commencé à croître de manière normale.

] _____

A la suite de ces observations on a suggéré que le TBT libéré par les peintures peuvent influencer sur la calcification des huîtres. Une étude réalisée en 1981 a mis à l'épreuve cette hypothèse en mettant un lot d'huîtres sans formation de chambres dans quatre endroits : dans une marina, dans une zone de contrôle connue pour ne pas produire d'anomalies, des réservoirs de contrôle remplis d'eau de la zone de contrôle, et des réservoirs d'épreuve contenant des panneaux peints avec des peintures à base de tributyl-étain. Des anomalies ont développé simultanément dans les huîtres dans la marina et dans les réservoirs d'épreuve contaminés par le tributyl-étain, tandis qu'un développement normal s'est produit dans les huîtres de la zone de contrôle et dans les réservoirs de contrôle. Cette étude a été répétée par des fabricants de peintures, fournissant les mêmes résultats, démontrant un développement d'écaille anormal même avec de très bas niveaux de contamination.

Des études semblables en Angleterre ont montré de manière décisive que l'effet d'épaississement d'écaille ne s'attribue pas à l'accumulation de dépôt, comme on l'avait cru, mais il s'associe à l'activité de bateaux dans le voisinage de l'ostréiculture, et que le TBT est une cause principale, mais non pas forcément la seule.

Par suite de ces découvertes, le Ministère de l'Environnement a interdit l'usage de peintures contenant plus de 3 pour-cent de composés d'organo-étain sur des bateaux de moins de 25 tonnes. Depuis l'implémentation de ce ban en 1982, la surveillance a révélé une lente diminution dans le niveau total d'étain et d'organo-étain dans les eaux de la Baie d'Arcachon. Cette décroissance a mené à une amélio-

ration considérable de l'ostréiculture dans la région : la fraie était satisfaisante en 1982 et surabondante dans les années subséquentes, et les anomalies dans la calcification ont baissé de manière remarquable.

Des expériences de laboratoire et de lieu exécutées pour déterminer le rôle du TBT dans les peintures antisalissures sur la reproduction d'huîtres et la calcification ont confirmé la toxicité chronique du TBT sur les mollusques aquatiques, même à de très basses concentrations. L'exemple de la Baie d'Arcachon démontre que l'arrêt sur les peintures antisalissures à base d'organo-étain a produit un effet favorable sur l'ostréiculture dans la région. Des peintures à base de cuivre ont remplacé les peintures antisalissures à base d'étain ; cependant il paraît que ces peintures n'ont pas produit d'augmentation détectable dans les niveaux de cuivre existants dans les huîtres, il faut essayer de trouver des peintures dont le mécanisme ne mène pas à l'introduction d'éléments toxiques dans le milieu marin.

**PROBLEMES DE L'ENVIRONNEMENT ACTUELS
CONCERNANT L'UTILISATION DES ORGANO-ETAINS
AUX ETATS-UNIS**

Roy B. Laughlin, Jr.
Harbor Branch Institution of Oceanography
Division of Applied Biology
5600 Old Dixie Highway
Fort Pierce, Florida 33450

Les organo-étains représentent une entité relativement petite mais économiquement et technologiquement significative parmi les produits chimiques anthropogéniques contemporains. Cependant, l'attention du public est attiré par les effets de ces nouveaux composés sur l'environnement. Cette prise de conscience suit d'à peu près 30 ans leur introduction comme biocides (van der Kerk and Luijten, 1954) et antioxydants des matières plastiques, surtout des chlorures polyvinyles (PVC) (Zuckerman et al., 1978). Ainsi, l'apparition des organo-étains démontre une autre situation où les applications et les marchés commerciaux ont été établis avant même d'avoir faiblement perçu ses conséquences sur l'environnement. Le milieu marin devient l'objet de beaucoup de considération puisque les triorgano-étains, en particulier les tributyl-étains (TBT), sont en train de devenir l'agent antisalissant dominant dans les revêtements antisalissants marins (Evans, 1971 ; Evans and Smith, 1975). Des études récentes, conduites d'abord par des Français (Alzieu et al., 1980) et ensuite par des Anglais (Waldock and Thane, 1983) ont suggéré un lien causal entre l'exposition au TBT et des déformations de coquilles en plus d'une diminution de la

survie de l'huître japonaise, Crassostrea gigas, en Europe. Les effets du TBT libéré par les revêtements antisalissants sur C. gigas sont le seul cas documenté d'un effet stéréospécifique toxicologique causé par des produits chimiques anthropogéniques dans le milieu marin et affectant un organisme marin sensible. Aux Etats-Unis, la reconnaissance d'une toxicité potentielle a incité plusieurs des agences fédérales et des agences de l'état concernées à agir. Les actions engagées concernent à la fois des initiatives de recherche pour établir des normes de toxicité et des remèdes légaux pour protéger l'environnement. Le but de cette présentation est de décrire brièvement quelques-unes des découvertes actuelles les plus significatives à l'égard du comportement des organo-étains dans l'environnement et quelques tentatives qui en résultent pour gérer les impacts défavorables.

Recherches scientifiques

Aux Etats-Unis, la Marine (Bureau des Recherches Marines et Commande de Systèmes Marins) a financé et continuera probablement à financer la plupart des recherches sur les effets des organo-étains sur l'environnement. Des laboratoires de la Marine, des universités et des entrepreneurs de recherche indépendants continueront probablement à être les bénéficiaires primaires de ces finances que l'on fournit pour évaluer les effets de l'implémentation des revêtements antisalissants de tributyl-étain par toutes les flottes de la Marine (U.S. Navy, 1985). Ainsi, les composés de tributyl-étain (TBT) continueront sans doute à être les composés modèles sur lesquels on basera des généralisations concernant

d'autres organo-étains. L'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) aux Etats-Unis (Walsh et al., 1985, 1986) et les laboratoires nationaux du Service de Pêcheries Marines (Short and Thrower, 1986) ont réalisé des programmes d'une étendue beaucoup moins large et des projets institués par des chercheurs (Walsh et al., 1985, 1986). Dans plusieurs états, y compris la Californie, la Virginie et le Maryland, on a lancé des modestes programmes de surveillance. Les industries privées ont financé quelques recherches que l'on a par la suite décrites dans des publications de comité de lecture (Ward et al., 1981). Il est probable que l'appel de données institué par l'Agence de Protection de l'Environnement (Federal Register, 1986) exigera que les industries privées obtiennent plus de données sur les effets des organo-étains sur l'environnement. De telles données pourraient fournir des renseignements très importants concernant la présence des organo-étains dans l'environnement. J'estime que pendant les trois années prochaines on dépensera entre deux et trois millions de dollars dans des recherches traitant les organo-étains dans l'environnement.

Les efforts de la part des Américains concernant l'étude des organo-étains sont visé à la fois trois sujets principaux :

- a. développement et validation de protocoles d'analyse chimique ;
- b. études du devenir de l'environnement des organo-étains ;
- c. études des effets biologiques.

Les paragraphes suivants racontent en détail des avancées récentes dans ces domaines.

La première priorité a été de développer des méthodes analytiques sensibles pour déterminer la présence et la quantité des organo-étains dans l'eau, le sédiment et le tissu. On a fait des progrès considérables à cette fin en employant deux variations d'un thème semblable, c'est à dire la dérivation des organo-étains dans le prélèvement pour créer un produit non-polaire que l'on puisse séparer en employant des méthodes chromatographiques, et ensuite l'identification et la quantification des organo-étains basées sur la présence de l'atome d'étain dans la molécule. Une méthode possible est d'utiliser le réactif grignard pour former le dérivé. La réalisation de la séparation se fait par la chromatographie gazeuse-liquide et celle de la détection par la photométrie à flamme de l'étain ou par la spectrométrie de masse (Maguire, 1982 ; Unger et al., 1986). On se sert plus couramment d'une autre méthode qui est plus simple et qui exige moins de prélèvements : l'hybridation par le borohydrure, la séparation par la chromatographie, et dernièrement la détection spécifique de l'étain (Hodge et al., 1979 ; Bramin and Tompkins, 1979 ; Jackson et al., 1986). Les méthodes s'améliorent peu à peu, mais à l'heure actuelle il est possible de déterminer spontanément des niveaux aussi faibles que 1 ng L^{-1} dans des prélèvements d'eau marine. On fait aussi du progrès considérable dans l'analyse du sédiment et dans celle des prélèvements de tissu.

La priorité en ce qui concerne le développement de méthodes d'analyse a été son application à la surveillance des sites, pour déterminer les origines,

les tendances et le degré de contamination de l'environnement par les organo-étains. Jusqu'à présent les deux sites les mieux étudiés sont la baie de Chesapeake et celle de San Diego, en Californie. Les niveaux de butyl-étains varient, les uns étant indétectables ($< 1 \text{ ng L}^{-1}$ TBT), les autres très élevés à $2 \mu\text{g L}^{-1}$ TBT dans les ports à yacht où les apports viennent probablement des peintures antisalissants (Jackson et al., 1982 ; Unger et al., 1986 ; Mattias et al., 1986 ; Valkirs et al., 1986). Ce phénomène est identique à ce que l'on trouve en France et en Angleterre (Alzieu et al., 1980 ; Waldock and Thane, 1983). On constate fréquemment de fortes concentrations de dibutyl-étains ($100\text{-}500 \text{ ng L}^{-1}$) dans des prélèvements de l'environnement, mais il n'y a qu'une faible corrélation entre ces composés et le TBT, ce qui suggère que les dibutyl-étains ont des origines indépendantes.

Le second domaine de recherche regarde la tentative de décrire de manière qualitative et quantitative le comportement général des organo-étains dans l'environnement. La méthylation de l'étain a attiré beaucoup d'attention, à cause de la possibilité que les produits seraient plus toxiques que ne l'était l'étain inorganique, et qu'ils poseraient un risque important aux hommes dû à la bioaccumulation dans les fruits de mer. Il paraît que la méthylation dans le milieu marin est un phénomène significatif mais peu étendu, et qu'elle n'est pas forcément causée par les enzymes (Guard et al., 1981 ; Hallas et al., 1982 ; Thayer et al., 1985 ; Rapsomanlkis and Weber, 1985). En outre, nous nous sommes intéressés à la spéciation chimique des organo-étains (Tobias, 1978 ; Laughlin et al., 1986). Des études du flux des organo-étains à travers les compartiments de l'environnement

commencent à rendre d'utiles résultats. On détermine actuellement les taux de dégradation du TBT dans les estuaires. De fréquentes identifications du méthyl-, des methylbutyl-étains et encore plus récemment des tetrabutyl-étains (Mattias et al., 1986), dans des prélèvements de l'environnement suggèrent que de nombreux trajectoires de réaction potentielle peuvent opérer sous des conditions naturelles pour influencer les cinétiques et le sens de mouvement à travers des compartiments de l'environnement, ex. eau, sédiment ou tissu.

On a commencé à étudier les effets biologiques des organo-étains plus tard aux Etats-Unis qu'en Europe, mais pendant les cinq dernières années les contributions américaines à la littérature scientifique destinée au comité de lecture ont abondé. Elles sont trop nombreuses à citer ici, mais un compte-rendu de Hall and Pickney (1985) inclut beaucoup du travail américain. On peut résumer ainsi les conclusions sur les études de la toxicité aiguë et chronique : les composés de tributyl-étain en particulier sont des toxins qui agissent lentement, actifs à des concentrations à moins de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ pour certains organismes. La toxicité d'autres organo-étains varie selon le comportement de partition de l'eau à l'intérieur de l'organisme. Les partitions ont un rapport avec la taille moléculaire. Les composés de poids moléculaire supérieur démontrent jusqu'à un certain point une toxicité croissante relative à la concentration d'exposition (Laughlin et al., 1985).

En résultat du fait que les chercheurs français et anglais ont trouvé que Crassostrea gigas est une espèce particulièrement sensible, les espèces bivalves d'importance commerciale aux Etats-Unis, ex.



les huîtres, Crassostrea virginica et les palourdes, Mercenaria mercenaria, ont été identifiées comme étant des espèces qui valent un traitement spécial. Des études de la toxicité aiguë et chronique du TBT sur les étapes de l'histoire de la vie primaire sont en progrès.

Des études de bioaccumulation ont apparais de plus en plus fréquemment dans la littérature scientifique pendant les deux ou trois dernières années en résultat du développement de sensibles protocoles d'analyse ou de l'usage des composés radio-étiquetés. Ces études ont montré l'accumulation du TBT, le composé le plus fréquemment étudié venant de l'eau ou de la nourriture dans les crabes, les bivalves et les poissons (Ward et al., 1981 ; Evans and Laughlin, 1984 ; Waldock et al., 1983 ; Laughlin et al., 1986 ; Short and Thrower, 1986). Les facteurs apparents de bioconcentration (BCF) des macroorganismes sont de 1.700 à 5.000, selon le tissu examiné. (On dit "apparent" parce que les valeurs n'ont pas forcément été étudiées à un état stable. Les apports ont continué pendant l'exposition d'une durée de plusieurs semaines.) Des bactéries (Laughlin et al., 1986) et du phytoplancton (Maguire et al., 1985) ont démontré de hauts niveaux du BCF, jusqu'à 3×10^4 , ce qui suggère que des mécanismes, en plus des partages, jouent probablement un rôle significatif dans les processus de bioaccumulation. Ces études impliquent un potentiel à un niveau d'exposition humaine inacceptable au TBT par la consommation des fruits de mer venant de milieux extrêmement contaminés. L'un des buts des études biologiques actuellement en progrès est d'établir un rapport de prédiction entre l'exposition et le dose -- rapport qui entraînerait des effets biologiques. Dans l'avenir peut-être qu'il sera plus

désirable de surveiller les effets de l'organo-étain dans les organismes, plutôt que dans l'eau ou dans le sédiment pour preuve d'un niveau de contamination significative. Un rapport prévisible entre le niveau de contamination du tissu et l'impact biologique pourrait alors servir de base pour prendre des actions correctives.

Un troisième sujet d'intérêt considérable dans la recherche américaine est la description et la quantification des taux de dégradation du TBT et d'autres organo-étains dans les eaux naturelles. Dans un cas, les demi-périodes dans les eaux estuariennes semblent être aussi élevées que 11 pour-cent jour⁻¹, peut-être parce que les communautés de microbes dans les régions d'impact développent des capacités de dégradation croissantes (Séligman et al., 1986). On ignore si ceci est le résultat d'induction des capacités de transformation dans quelques unes ou dans la plupart des espèces de microbes ; ou si les changements se produisent dans la composition communautaire par la sélection pour la tolérance basée sur la capacité de transformer le TBT.

Des études de certaines espèces pour déterminer l'étendue et les mécanismes de leur capacité de dégrader le TBT viennent de commencer à apparaître dans des publications scientifiques. On a démontré que le phytoplancton Ankistrodesmus falcatus dégrade le TBT aux formes de monobutyl-étains et de dibutyl-étains (Maguire et al., 1984). Les crabes et les poissons se servent du système d'oxygénase à fonction composée pour métaboliser le TBT. Parmi les produits sont ceux de déalkylation et les organo-étains polaires alkylhydroxylés. Ces derniers ne sont pas nécessairement des intermédiaires menant aux

□

produits de la déalkylation (Lee, 1985, 1986). Chose qui n'est pas surprenante, on a démontré que les huîtres, Crassostrea virginica, manquent une capacité étendue d'utiliser le système d'oxygénase à fonction composée, et qu'elles sont incapables de biotransformer une quantité significative de TBT. Le manque général d'activité avec le système d'oxygénase à fonction composée dans les bivalves est peut-être la cause de leur sensibilité augmentée au TBT.

Des études de biotransformation et de dégradation continueront sans doute à occuper une place importante dans les recherches américaines étant donné le fait que si l'on arrive à démontrer que le TBT et d'autres organo-étains sont suffisamment non-persistants à l'intérieur des organismes et des écosystèmes, on pourra plus aisément justifier l'acceptation de l'usage des TBT.

Actions législatives et administratives

Aux Etats-Unis la responsabilité de la régulation de l'environnement des produits chimiques tombe sur l'Agence de Protection de l'Environnement (EPA). Une loi, l'Acte Fédéral d'Insecticides, Fongicides et de Rongicides (FIFRA) exige que tous les pesticides soient enregistrés au Bureau des Programmes de Pesticides. Plusieurs triorgano-étains ont été enregistrés sous cet acte, et le TBT en particulier a été enregistré dans des formulations antisalissantes de libération contrôlée. En 1985 le Bureau des Pesticides de l'EPA sous les provisions du FIFRA, a organisé une revue spéciale du tributyl-étain, en partie à cause des actions prises en France et en Angleterre pour limiter l'usage de ce composé dans les revêtements antisalissants. Pendant la première étape de ce

processus, le personnel de l'EPA a identifié des formulations qui appartiennent à cette catégorie d'intérêt par leurs enregistrements, et a initié un appel de données avec les fabricants (Federal Register, 1986). Cet avis aura un effet sur 300 ou 400 des produits venant de 65 fabricants. Pendant la première partie du programme, l'EPA demandera aux fabricants de fournir des renseignements sur la production et la tendance d'usage. En outre, il sera exigé que l'on fournisse des mesures des taux de libération du TBT, obtenues en se servant d'un protocole standard qui sera stipulé d'avance. A la fin ces données seront utiles pour déterminer si les revêtements polymères organométalliques constituent en fait un groupe distinct de libération faible dont l'usage serait préférable aux formulations d'association libres. Dans les dernières étapes de la revue il faudra des bioessais de leachates de revêtement en TBT. Les résultats de cette revue spéciale seront sans doute publiés dans les cinq années prochaines. Les fabricants pourront éviter les exigences de cette revue en retirant volontairement leurs produits de l'enregistrement.

Il y a à peu près six ans, l'usage de produits chimiques d'organo-étain, tels que les organo-étains antioxydants, (à l'exception de ceux qui sont utilisés comme biocides) a été analysé par le Bureau de Matières Toxiques de l'EPA, sous des provisions de l'Acte du Contrôle des matières toxiques. Ce processus a inclus une revue de la littérature aussi bien que des réunions avec des représentants des industries. Aucune action réglementaire n'en a été le résultat.

Comme les produits chimiques d'organo-étain s'utilisent dans un nombre toujours croissant de

]

processus industriels et de produits de consommateurs, d'autres agences y seront probablement impliquées. On peut s'attendre aussi à ce que des agences fédérales non-régulatrices exercent leurs rôles, en fournissant leurs avis aux agences régulatrices. Cependant à présent, le Département de la Marine et l'EPA sont les deux principales agences fédérales qui doivent faire face à ces réglementations en voie de développement, ou aux standards concernant tout composé d'organo-étain.

Les interventions du Congrès (du gouvernement américain) ont contrôlé l'usage des peintures de tributyl-étains par la Marine. Le Congrès a défendu la Marine d'appliquer des revêtements de tributyl-étains jusqu'à ce que l'EPA aura déterminé que l'usage de ce produit ne pose pas un risque inacceptable au milieu marin. Des évaluations concernant cette décision sont en progrès.

La plupart des états dépendent du gouvernement fédéral pour régler les contaminants de l'environnement, à moins qu'il n'existe un intérêt irrésistible à agir autrement. Deux états ont pris des actions indépendantes. La Caroline du Nord a imposé des limites de 2 et 8 ng L⁻¹ dans l'eau fraîche et dans l'eau de mer respectivement (State of North Carolina, 1985). Ce règlement a été créé pour diminuer la libération des TBT dans les effluents par les usines de textiles, où l'on s'en est servi comme biocide dans les cuves traitant les fibres et les textiles. Lors du passage de ce règlement les niveaux d'action de concentration étaient au-dessous des limites de tout système de détection utile. Il y a plusieurs années, la Californie a négocié un accord informel avec les cultivateurs de riz pour limiter

[

l'usage du triphenyl-étain comme fongicide sur le riz. Comme on l'a mentionné ci-dessus, l'état a adopté un programme de surveillance pour déterminer si les niveaux du TBT dans les eaux côtières justifiaient des actions législatives ou administratives pour contrôler la libération du TBT des revêtements antisalissants. Il est à noter qu'aux Etats-Unis les états peuvent établir des lois et des règles qui sont plus strictes que ne le sont les règlements fédéraux, mais si ces premiers le sont moins, les régulations fédérales ont d'habitude la préséance.

Aux Etats-Unis les rapports entre les régulateurs gouvernementaux et ceux des industries sont plus tendus que dans la plupart des autres pays du monde. Cependant, en ce qui concerne le tributyl-étain, la Marine deviendra un consommateur important (mais non pas majeur) des revêtements antisalissants dans le future proche. Les officiers de la Marine ont annoncé publiquement leurs intentions d'accomplir ou d'excéder toutes les lignes de conduite et les procédés généralement applicables dont l'intention est de protéger l'environnement des conséquences adverses de l'usage du TBT. Ainsi, les fabricants du TBT ont suffisamment d'intérêt à coopérer avec ceux qui s'en servent en offrant des produits qui fournissent de la protection antisalissante adéquate, sans nuire indûment à l'environnement.

Conclusion

La force irrésistible derrière les recherches des effets des composés d'organo-étains aux Etats-Unis a été le projet de la Marine d'utiliser les revêtements antisalissants du TBT sur les navires militaires. Cependant il faut élargir la portée des recherches

scientifiques en étudiant d'autres composés d'organo-étains, tels que les antioxydants, et de considérer d'autres aspects plus larges du comportement des organo-étains dans l'environnement, telle que la modification chimique et le flux à travers les compartiments de l'environnement. Il y aura sans doute des restrictions de l'usage du TBT dans les revêtements de l'environnement mais nous espérons que celles-ci se feront avec une analyse de prix-bienfait exactes, et en gardant à l'esprit le fait que tout les revêtements antisalissants contiennent et libèrent des produits toxiques. Il ne faut pas croire que la restriction de l'usage des organo-étains dans les revêtements antisalissants évitera le remplacement d'un autre produit toxique également mauvais ou même pire que le TBT. Il se peut que plusieurs considèrent le contraire concernant les produits chimiques d'organo-étains comme étant une occasion parfaite pour les héros de problèmes uniques. Toutefois, à la longue, les découvertes sur le comportement des environnements de ces nouveaux composés forment une fondation sur laquelle construire des hypothèses testables concernant le comportement de l'environnement d'autre composés organométalliques.

**BIOACCUMULATION ET EFFETS BIOLOGIQUES
DES PCB SUR LES MOLLUSQUES BIVALVES
MARINS DANS LE PORT DE NEW BEDFORD HARBOR,
MASSACHUSETTS**

Judith M. Capuzzo, et al.
Woods Hole Oceanographic Institution
Woods Hole, Massachusetts 02543

Nan Hai Fisheries Institute
Guangzhou, People's Republic of China

L'absorption et la bioaccumulation des polluants organiques par les bivalves marins dépendent de la biodisponibilité de composés spécifiques de la durée de l'exposition, et de l'état physiologique des populations. Au cours de l'année passée nous avons mené un large programme de terrain et de laboratoire orienté vers la détermination et la bioaccumulation des effets biologiques des chlorobiphényles (PCB) sur la moule Mytilus edulis. Ces efforts ont eu pour but de déterminer si oui ou non l'absorption et la bioaccumulation des PCB engendrait un effet quelconque nuisible sur le métabolisme et la reproduction.

Nous avons réalisé une importante série d'analyses chimiques pour les PCB ainsi que des mesures physiologiques sur Mytilus edulis transplantés à deux stations dans la Buzzards Bay et à une station dans le Nantucket Sound, en Massachusetts. Pour les analyses chimiques, nous avons prélevé des échantillons en double, dans chaque groupe d'individus, à raison de deux fois par semaine de novembre 1984 à novembre 1985. Nous avons analysé les PCB et les

PAH par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire de verre et spectrométrie de masse après digestion alcaline et l'isolation des classes de composés spécifiques par chromatographie sur colonne. Pendant la même période, des mesures physiologiques ont été réalisées (vitesses de respiration, d'alimentation, bilan énergétique, indices physiologiques).

Des transplants de moules dans le port, placés sur la digue, présentent initialement une absorption importante suivie d'une stabilisation progressive de tous les chlorobiphényles individuels mesurés. Les concentrations sont excessivement élevées (de l'ordre de 10^{-6} g par gramme de poids sec), et il paraît y avoir de la variation dans la concentration de certains PCB à la fin du printemps et pendant l'été, avec une décroissance marquée pendant l'automne, correspondant à la gamétogenèse et avec la ponte. Les indices physiologiques des moules transplantées à cette station sont toujours inférieurs à ceux constatés ailleurs, ce qui indique une dégradation de l'état physiologique : les fluctuations dans le contenu de chlorobiphényl correspondent à ces changements dans l'indice physiologique. L'absorption rapide, suivie d'une stabilisation des concentrations de PCB a été mise en évidence dans les moules transplantées à Cleveland Ledge et à Nantucket Sound ; les concentrations aux deux stations sont voisines (maximum de concentration = 100 mg par g de poids sec). Les indices physiologique des moules de Cleveland Ledge sont inférieurs à ceux de Nantucket Sound pendant les premiers mois de l'étude, mais ils sont identiques durant la gamétogenèse et s'abaissent après la ponte. Dans tous les cas, à l'exception de la période postérieure à la ponte, les indices physiologiques des

moles à ces deux stations sont supérieurs à ceux observé au port de New Bedford. On a observé aussi des fluctuations dans les concentrations correspondantes à la gamétogenèse et à la ponte à ces deux stations. D'autres mesures physiologiques confirment les tendances des indices physiologiques observées dans les moles des trois stations.

La composition du mélange de chlorobiphényles au site de New Bedford est nettement différente de celle observée aux autres sites. Par exemple, les PCB IUPAC 28 et IUPAC 95 sont présents en abondance relative supérieure à d'autres PCB mesurés dans les animaux transplantés au port de New Bedford, alors que ces deux PCB sont à des concentrations intermédiaires dans les moles des deux autres sites. Le PCB n° 28 est un trichlorobiphényle, et son K_{ow} est inférieur (5,69) à celui de différents autres PCB, par exemple le PCB n° 95 (6,55), le PCB n° 153 (7,75). Au premier abord, nous ne nous attendions pas à trouver le PCB n° 28 à d'aussi fortes concentrations par rapport au PCB n° 153, à cause du rapport direct existant entre le facteur de bioconcentration et le K_{ow} croissant. Toutefois si nous tenons compte de la forte concentration relative du PCB n° 28 par rapport au PCB n° 153 dans l'eau du port, nous pouvons alors conclure que le plus important facteur contrôlant la concentration dans les moles est la concentration relative des isomères de chlorobiphényles, modifié quelque peu par le partage entre l'organisme et l'eau, selon les différences de K_{ow} . On discutera les implications de ces découvertes concernant l'évaluation de la gestion des mollusques contaminés.

EVALUATION STRATEGIQUE DE L'USAGE ET LA SANTÉ DES ESTUAIRES AUX ETATS-UNIS

Daniel J. Basta
Ocean Assessments Division
Office of Oceanography and Marine Assessment
National Ocean Service
National Oceanic and Atmospheric Administration
11400 Rockville Pike, Rockville, Maryland 20852

Malgré la haute valeur, l'usage intense et le surusage fréquent des estuaires, on ne les a pas reconnus comme étant une base de ressource épuisée unique ou importante de signification nationale. Contrairement à nos forêts, nos champs, nos parcs et nos refuges de terre sauvage, il n'existe aucun programme fédéral qui soit dédié au développement d'un projet national compréhensif et constant concernant l'usage et la gestion des estuaires. Bien qu'on ait voté plusieurs lois fédérales, y compris l'Acte des Eaux Pures, l'Acte Gestion de la Zone Côtière, et l'Acte de Protection Marine de Recherches et de Sanctuaires, ces lois n'ont qu'un effet partiel ou indirect sur l'usage des estuaires. La plupart des hommes politiques et des scientifiques continuent à s'adresser à des estuaires individuels, n'ayant qu'un faible objectif compréhensif national s'il en existe un. Sans l'existence d'une base de données nationale compréhensive, il n'est possible ni de faire une évaluation et une comparaison des conditions des estuaires ni de développer des projets nationaux efficaces.

Pour fournir aux hommes politiques et aux scientifiques des renseignements nationaux compréhensifs



nécessaire pour gérer et maintenir la santé des estuaires aux Etats-Unis, la Division de l'Evaluation des Océans (OAD - Ocean Assessments Division) a entrepris une série de projets pour développer une capacité d'évaluation estuarienne nationale. La pierre angulaire de cet effort est l'Atlas des Données d'Inventaire Estuarien National. Il est le premier de deux volumes présentant, à travers des cartes et des tables, des renseignements sur des caractéristiques physiques et hydrologiques importantes des 92 estuaires et embalements aux Etats-Unis. Le Volume II, que l'on espère compléter cet automne est une compilation des activités des terres environnantes affectant chaque estuaire. Ces estuaires sont la source d'à peu près 90 pour-cent de la zone de surface des eaux estuariennes à côté de chacune des trois régions côtières des Etats-Unis contigus (à l'exception des Grandes Lacs) et de l'écoulement des eaux fraîches à 90 pour-cent dans ces régions.

On a initié plusieurs projets importants pour ajouter d'autres renseignements significatifs à ce cadre évoluant, y compris: (1) l'Inventaire des Terres humectées Nationales Côtières; (2) l'Inventaire national côtière des Terres humectées; (3) des zones classifiées pour la pêche de mollusque; (4) la distribution des ressources marines vivantes; et (5) des caractéristiques côtières. Dans chacun de ces efforts on organise des renseignements selon les 92 estuaires de l'atlas. Lorsque l'on aura complété l'inventaire on pourra s'en servir pour faire des comparaisons, des classifications, des corrélations statistiques et d'autres analyses ayant un rapport avec l'usage des ressources, la qualité de l'environnement et les valeurs économiques des estuaires.

PROGRAMME D'ETUDE SUR LES REJETS URBAINS EN MER

J.F. Guillaud
IFREMER, Centre de Brest, B.P. 337,
29273 Brest Cedex

I. Introduction

Actuellement, les rejets urbains en zone littorale française représentent plus de 20 pour-cent de l'ensemble des rejets urbains effectués sur le territoire national.

Les apports d'éléments polluants par les rejets en mer peuvent contribuer à la dégradation des écosystèmes littoraux et risquent de rentrer en conflit avec d'autres activités fondées sur la production biologique (pêche, conchyliculture) ou sur les loisirs (baignades).

Face à ces problèmes, le législateur français propose des normes concernant la qualité du milieu marin en zones de baignade et en zones conchylicoles (normes essentiellement bactériologiques) et des normes concernant la qualité des rejets (normes en terme de matières en suspension et de matières organiques).

L'application de ces textes réglementaires impose de pouvoir déterminer, par l'intermédiaire d'une étude d'impact prédictive, les concentrations en polluants dans la zone littorale sous l'influence d'un rejet en fonction des flux qui seront déversés par ce rejet.

Actuellement, les principaux domaines dans lesquels les connaissances scientifiques font le plus défaut pour mener à bien cette étude d'impact prédictive dans le cas de mise en place d'un rejet urbain en mer concernent :

- la dispersion du matériel particulaire fin issu d'un rejet et pouvant être remis en suspension ; ces éléments fins sont reconnus comme vecteurs de nombreux polluants, en particulier bactériens
- les processus et les cinétiques d'évolution dans le milieu, des polluants provenant d'un rejet urbain et qui pour la majorité doivent être considérés comme non conservatifs ;
- les effets sur la santé humaine et le milieu marin des polluants d'origine urbaine ;
- les critères de choix des filières d'épuration en zone littorale et les axes possibles d'amélioration de ces technologies.

II. Les objectifs du programme

Pour faire progresser nos connaissances dans ces différents domaines, l'IFREMER a décidé d'engager un programme pluriannuel de recherches (1985-1989) dont les objectifs principaux sont de :

- déterminer les processus qui gouvernent en zone côtière le transport physique et les transformations physico-chimiques ou biologiques, des polluants issus des rejets urbains ;

-
- évaluer les effets sur l'environnement côtier et sur l'homme des polluants majeurs émis par les rejets urbains ;
 - inciter la recherche ou l'adaptation de technologies d'épuration et de rejet permettant de réduire l'émission en zone littorale des principaux éléments polluants d'origine urbaine.

III. Les thèmes d'études

Pour parvenir aux objectifs énoncés précédemment, il convient de faire porter l'effort de recherche sur les différents thèmes d'étude suivants :

1. Etude des apports polluants par les rejets

Il s'agit d'évaluer les variations qualitative et quantitative des flux d'éléments en provenance des stations d'épuration (matière en suspension, sels nutritifs, matière organique, micropolluants organiques et métalliques, microorganismes), ainsi que leur forme dissoute ou particulaire.

2. Etude du transport dissous

L'objectif de cette étude est de mesurer, en nature, et de modéliser les processus de dilution et de transport des éléments dissous conservatifs issus d'un rejet urbain.

3. Etude du transport particulaire

Cette étude vise à déterminer les processus de dépôt et d'érosion des éléments fins, vecteurs de

nombreux polluants, et à tenter de modéliser leur transport dans la zone de rejet.

4. Etude du devenir des matières organiques et nutritives

Les objectifs principaux sont ici d'évaluer les cinétiques de dégradation des matières organiques rejetées en fonction des facteurs du milieu et de déterminer qu'elle est l'évolution in situ des matières organiques et nutritives.

5. Etude du devenir des microorganismes

L'étude des microorganismes d'intérêt sanitaire est focalisée sur la détermination des relations bactéries-matériau particulaire et sur l'étude du devenir de ces bactéries dans l'eau et les sédiments des zones de rejets.

6. Etude du devenir des micropolluants organiques et métalliques

Après une phase d'identification dans les rejets, on cherchera à évaluer le comportement des micropolluants organiques et métalliques dans la zone de rejet (adsorption, désorption, accumulation dans les sédiments).

7. Etude de l'effet des polluants

Pour les matières organiques, on tentera d'évaluer les risques d'anoxie due à leur dégradation et les risques d'eutrophisation due au rejet d'éléments nutritifs. En ce qui concerne les microorganismes, on étudiera les cinétiques et les taux d'accumulation des

bactéries par les mollusques filtreurs ; par ailleurs, une approche épidémiologique devrait préciser quels sont les risques dûs à la consommation de coquillages contaminés.

Pour les micropolluants organiques et minéraux, une étude écotoxicologique permettra d'évaluer les concentrations létales et les doses sans effet ; de plus, on déterminera in vitro la toxicité globale de l'effluent lui-même ; enfin, on étudiera les cinétiques d'accumulation des polluants au niveau de mollusques filtreurs mis en place à poste fixe dans la zone de rejet.

8. Etude des technologies d'épuration

L'objectif de cette étude est de déterminer, notamment à l'aide des résultats des travaux précédents, les axes possibles d'évolution des technologies d'épuration spécifiques au milieu littoral.

IV. Les sites d'étude

La réalisation de ce programme d'étude nécessite, d'une part des travaux de laboratoire pour quantifier un certain nombre de processus, et d'autre part des travaux de terrain visant à déterminer, et si possible modéliser, les mécanismes de transport et de transformation des polluants au cours de leur dispersion dans le milieu.

Le premier site d'étude est celui de Toulon en Méditerranée (mer sans marée avec présence en été d'une thermocline) ; suite au traitement dans une station d'épuration physico-chimique de 90 000 équivalents-habitants, les effluents sont rejetés à -48

metres de profondeur par un émissaire de 1 800
metres de long.

Le second site d'étude est celui de Morlaix en
Manche (mer à merée, faible profondeur) ; après
traitement biologique dans une station d'épuration de
44 000 équivalents-habitants, le rejet se fait en tête
d'un petit estuaire très envasé et situé en amont
d'une zone conchylicole.

]

L'UTILISATION DES MESOCOSMES POUR ETUDIER L'EFFET DES NUTRIANTS SUR LES ECOSYSTEMES MARINS COTIERS

Scott Nixon
University of Rhode Island

Des recherches récentes sur les écosystèmes estuariens et marins côtiers ont révélé deux choses très intéressantes sur les nutriments et la productivité. La première est l'observation que ces régions côtières sont parmi les milieux les plus intensément fertilisés de la terre. La deuxième est la découverte commune que, malgré les apports si forts des nutriments, une grande partie de la productivité primaire caractéristiquement forte de ces eaux à marée basse vient des nutriments recyclés par les microhétérotrophes pélagiques et benthiques. Comme les apports des nutriments aux régions côtières s'accroissent, et continueront sans doute à le faire, il est particulièrement important de comprendre le rapport entre le chargement et le cyclage dans les nutriments, et l'étendue à laquelle leurs interactions peuvent fixer les niveaux de production primaire et secondaire dans les systèmes côtiers.

Le fait qu'il existe un rapport direct entre les apports des nutriments et la productivité des niveaux trophiques supérieurs est un principe de l'écologie marine depuis le début du siècle. Toutefois, ce qui est surprenant, c'est la difficulté de trouver de l'évidence quantitative montrant des estuaires, des lagunes ou des eaux côtières qui répondent à l'eutrophication en produisant une plus grande biomasse d'animaux. Ceci est dû en partie au fait que la quantité d'azote ou de phosphore incorporée dans le

tissu d'un animal est très petite dans le budget total d'un estuaire, et au fait que la justesse et la précision des mesures de lieux écologiques ne sont peut-être pas adéquates pour la tâche. En outre, la réponse des systèmes naturels à l'enrichissement nutritif est combiné avec des changements de climat et d'hydrographie, avec l'effort de la rentrée de la moisson et la technologie et avec la pollution.

Les efforts pour éviter quelques-uns de ces problèmes en faisant des expériences d'addition de nutriments contrôlés sur les lieux ou avec des mesocosmes ont été beaucoup plus rares dans l'écologie marine que dans la limnologie. Les résultats de ces études semblent suggérer qu'il y a une faible stimulation de production primaire avec l'addition des nutriments, mais que la plupart de cette matière organique supplémentaire est rapidement consommée, sans doute par les microhétérotrophes. Autrement dit, lorsque les apports des nutriments s'accroissent le taux de recyclage des nutriments fait de même. Seulement une petite partie des nutriments ajoutés apparaît comme une augmentation dans la production de niveaux trophiques supérieurs. Il est probable que les macrofaunes benthiques et peut-être aussi leurs prédateurs, poissons épifanaux et demersaux, répondent plus directement que le zooplancton ou les microfaunes sédimentaires à la croissance de production primaire.

COMPORTEMENT DES GRANDS ESTUAIRES FRANCAIS SOUVIS A DES APPORTS D'ORIGINE URBAINE

L.A. Romana
IFREMER Centre de Toulon, B.P. 330,
83507 La Seyne Cedex

La notion d'estuaire concerne uniquement la façade Manche Atlantique parce que les côtes françaises y sont soumises à des marées importantes. Par contre, les fleuves méditerranéens forment des deltas. Nous prendrons, comme frontière amont des estuaires, la limite amont de la pénétration maximale de la marée dynamique.

La France possède ainsi trois estuaires de grande taille qui sont, par ordre décroissant, la Gironde (625 km² de surface), la Loire (60 km² de surface), la Seine (50 km² de surface) (fig. 1). Véritable interphase entre le continent et l'océan, ces estuaires constituent le principal exutoire des activités agricoles, industrielles et urbaines de la France.

L'historique de chacun de ces estuaires leur confère des caractères propres :

- La Gironde, dont le bassin versant est relativement peu peuplé et peu industrialisé, a conservé de ce fait un équilibre naturel qui se manifeste par un "climax" géomorphologique bien établi et une faible pollution que sa dimension importante contribue, en outre, à renforcer.
- La Loire draine un bassin versant plus développé et plus riche, ce qui a conduit à aménager non seulement l'estuaire mais aussi son environnement. En particulier, en vue de

faciliter le passage des grandes navires, on a du approfondir le chenal principal ce qui a provoqué une progression vers l'amont des eaux marines.

- L'estuaire de la Seine est le point d'arivée en mer des eaux d'un bassin versant de 78 650 km² de surface où se trouvent 30 pour-cent de la population française dont l'agglomération parisienne et 40 pour-cent de l'activité économique nationale. De ce fait, et depuis de nombreuses années, cet estuaire se trouve confronté à de sérieux problèmes de pollution. Par ailleurs, l'importance de son rôle de voie de communication de la capitale de la France avec le reste du monde a été la cause d'innombrables aménagements qui l'ont transformé en un estuaire complètement endigué.

Les comportements hydrodynamiques des estuaires résultent de la superposition de deux types de phénomènes : les débits des affluents, d'une part, la marée d'autre part.

La conjonction de ces deux phénomènes induit, dans les estuaires français, une circulation des eaux en deux couches. Ceci conduit à la notion de point nodal où disparaissent les courants vers l'amont. En général, ce point nodal marque la pénétration maximale de la salinité. C'est à ce point nodal aussi que se forme, à cause de l'inter-action des courants, un stock sédimentaire désigné par le terme de "bouchon vaseux" (turbidity maximum).

Le bouchon vaseux se déplace sur un segment d'estuaire. Les variations de la masse sédimentaire

du bouchon varie dans des proportions très importantes selon les trois estuaires étudiés, à savoir :

- 10 000 à 200 000 tonnes pour la Seine
- 100 000 à 800 000 tonnes pour la Loire
- 4 000 000 à 5 000 000 tonnes pour la Gironde

Ces bouchons vaseux se déplacent d'amont en aval ou vice-versa suivant les débits du fleuve et le moment de la marée (flot ou jusant). Quant au stock en suspension, il augmente et diminue en fonction du cycle "vives-eaux, mortes-eaux" de la marée. Le bouchon vaseux fonctionne donc par rapport aux sédiments comme un véritable poumon.

Ce stock, où la concentration des sédiments peut atteindre 300 g par litre d'eau, joue actuellement un rôle fondamental dans la dégradation du milieu. En effet :

- les micropolluants absorbés par les sédiments viennent se concentrer dans le bouchon
- l'oxydation des stocks importants de matière organique particulaire que le bouchon contient provoque un déficit considérable en oxygène
- le bouchon stocke des bactéries d'origine humaine ou animale
- sa forte turbidité limite la pénétration de la lumière et réduit, par conséquent, fortement la production primaire.

De ce fait, un rejet urbain dans un estuaire français a un double impact : au niveau du rejet d'abord et au niveau du bouchon vaseux, ensuite.

Il n'existe pas de zones de baignade à l'intérieur des estuaires en France. L'impact sanitaire ne se fait donc sentir que sur les produits de la pêche.

Le principal problème posé concerne les faibles teneurs en oxygène dissous que l'on trouve sur les estuaires, particulièrement en période estivale.

Selon les caractéristiques physiques de l'estuaire, on peut trouver un ou deux minimums d'oxygène dissous.

Estuaire de la Seine

Les apports d'origine urbaine les plus importants proviennent de la région parisienne avec la présence en particulier de la station d'épuration d'Achères qui traite 5 000 000 d'équivalents habitants. La majeure partie de la nature organique s'étant dégradée pendant les 200 km de parcours jusqu'à l'estuaire, celui-ci se trouve confronté à des problèmes de nitrification conduisant à des chutes très sévères en oxygène dissous : c'est le premier minimum d'oxygène.

En 1976, 60 pour-cent de l'estuaire se trouvait en condition anoxique. Un modèle mathématique de nitrification a été développé sur l'estuaire de la Seine : il tient compte, en plus du cycle de l'azote (azote organique, ammonium, nitrites, nitrates) de l'oxydation de la matière organique et de l'oxygène dissous. Ce modèle a permis de mettre en évidence

que 90 pour-cent du déficit en oxygène était attribuable aux composés azotés dont 60 pour-cent à l'ammonium.

En Seine, il existe un deuxième minimum en oxygène dissous au niveau de l'embouchure, directement lié à la présence du bouchon vaseux et au matériel organique particulaire qui le compose.

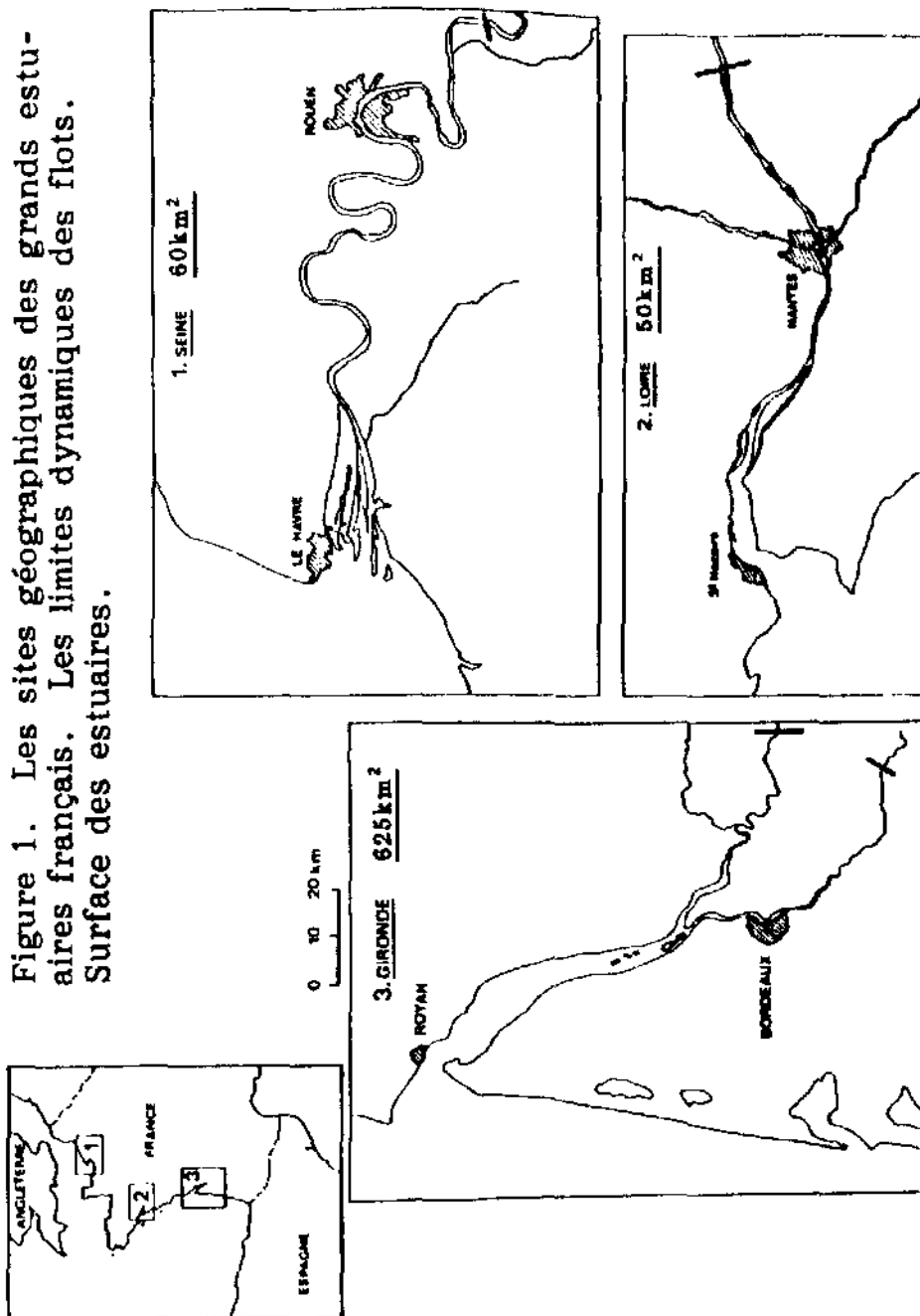
Estuaire de la Loire et de la Gironde

Malgré leur différence de taille, ces deux estuaires ont, en ce qui concerne le problème de l'oxygène dissous, un certain nombre de caractéristiques communes :

- le bouchon vaseux occupe la majeure partie de l'estuaire dynamique ;
- une ville importante au centre de l'estuaire : Nantes (265 000 habitants) pour la Loire et Bordeaux (271 000 habitants) pour la Gironde ;
- en amont de ces deux estuaires, on trouve des problèmes graves d'eutrophisation, en particulier, sur la Loire ;
- la distribution en oxygène dissous présente un seul minimum au niveau du maximum de turbidité ;
- les problèmes de nitrification sont presque inexistantes.

Le développement de modèles mathématiques en oxygène dissous reste donc dépendant de la forme dissoute ou particulaire de la DBO (BOD). C'est l'objet de nos études actuelles.

Figure 1. Les sites géographiques des grands estuaires français. Les limites dynamiques des flots. Surface des estuaires.





ENRICHISSEMENT EN ELEMENTS NUTRITIFS ET ANOXIES DANS LA BAIE DE CHESAPEAKE

Thomas C. Malone
Horn Point Environmental Laboratories
Center for Environmental and Estuarine Studies
University of Maryland

Les apports anthropogéniques d'éléments nutritifs ont augmenté rapidement au cours des quatre dernières décades. On présume généralement que cet enrichissement a provoqué une augmentation interannuelle systématique de la production phytoplanktonique et, par conséquent, une augmentation de la charge organique ainsi qu'un épuisement de l'oxygène de l'eau de fond durant le printemps et l'été. Cependant, des recherches récentes dans la Baie suggèrent que des variations de débit fluvial, le mélange vertical, et le broutage peuvent avoir un effet plus important que les apports nutritifs anthropogéniques sur l'étendue et l'intensité des baisses de concentration en oxygène. Nos observations suggèrent les hypothèses suivantes :

1. L'épuisement d'oxygène est la conséquence à fois de la stratification verticale et de la demande biologique d'oxygène de la couche de fond et du benthos. L'étendue et la magnitude de cet épuisement sont déterminées en partie par la quantité de biomasse phytoplanktonique qui s'est accumulée dans la couche de fond, préalable au déclin rapide d'oxygène dans l'eau de fond en mai.

-
2. L'efficacité de broutage par les invertébrés pélagiques et benthiques pendant l'été règle l'apport de matière organique dans la couche de fond, ce qui influe sur la demande en oxygène ainsi que la durée pendant laquelle se maintient l'anoxie à cette période critique.
 3. Pendant l'été, les variations du mélange vertical à l'échelle de la journée ont un rôle plus important que l'intensité de la stratification verticale proprement dite sur l'étendue spatiale et temporelle d'anoxie dans la Baie.

Bien que notre travail de recherche vienne seulement de commencer, il est clair à partir de ces résultats et ceux d'autres chercheurs, que le rapport entre la charge en éléments nutritifs et la qualité de l'eau dans les estuaires est complexe et doit être évalué en considérant la façon dont le flux d'éléments nutritifs varie dans le temps et l'espace. Le développement de modèles prédictifs de la qualité de l'eau dépend du degré d'efficacité à fixer des paramètres en termes de dynamique physique du système.

]

**EUTROPHICATION DES EAUX DE RECIF AU NORD DU
GOLFE DE MEXIQUE : INFLUENCE DES
ACROISSEMENTS DE NUTRIANTS VENANT DU
FLEUVE LE MISSISSIPPI**

Donald F. Boesch
Louisiana Universities Marine Consortium
Chauvin, Louisiana 70344

Depuis 1973 on connaît l'événement de zones d'oxygène épuisé et désagrégé à la couche marine sur le plateau continental au large de la Louisiane. On pensait que les eaux benthiques hypoxiques ou anoxiques étaient un phénomène des mares isolés et éphémères, et qu'ils avaient un rapport avec la décomposition de matières organiques des fleuves le Mississippi et l'Atchafalaya et des marais éphémères. Le Mississippi est le fleuve le plus large de l'Amérique du Nord, et il s'est placé sixième parmi les fleuves les plus larges du monde entier au niveau du déchargement d'eau douce. L'Atchafalaya distribue 30 pour-cent de l'écoulement du Mississippi (se rapprochant aux fleuves la Colombie et le Yukon à l'égard de la quantité d'eau déchargée dans la mer), qui débouche sur un plateau continental peu profond comparé au déchargement d'eau plus profonde du Mississippi même.

En 1985 on a entrepris une investigation systématique de l'hypoxie du récif. Cette investigation a démontré que (1) les zones d'oxygène épuisé étaient étendues et continues (des territoires dépassant 8.000 km² avaient des niveaux d'oxygène dissolu benthique inférieurs à 2 mg/l en mi-été 1985 et 1986); (2) les conditions hypoxiques ont persisté au cours de l'été

entier, se déplacent au large ou près de la côte selon les contraintes du vent; (3) l'oxygène a été épuisé par la décomposition de matières organiques produites in situ par le plancton qui est stimulé par les nutriments du fleuve; et (4) l'oxygénation des eaux benthiques est empêchée par la forte stratification de densité due principalement à l'halocline.

En 1985 on a observé de l'hypoxie d'eau benthique dans un prélèvement initial pris en juin. Cette hypoxie a persisté en août lorsqu'un mélange intense des eaux de plateau dû au passage d'un nombre d'ouragans a détruit la stratification de densité. En 1986 des conditions hypoxiques se sont manifestées pour la première fois en mi-avril, et il semble qu'elles aient été intensifiées par suite des fleurs de phytoplancton associées à des plumets dilués d'eau de fleuve déchargée. Une dissipation progressive de la stratification, due à la décroissance du déchargement d'eau douce, à un refroidissement de surface et à des élanges dus au vent a mené au soulagement d'hypoxie benthique en septembre. L'existence d'une couche d'eau chaude à basse salinité contenue dans des limites côtières bien définies semble contribuer à la persistance de conditions hypoxiques en maintenant une stratification interne du récif et en recyclant des nutriments.

Une question importante que l'on se pose est si, oui ou non l'accumulation nutritive due aux activités humaines, particulièrement dans le Mississippi, a entraîné l'eutrophication qui a exacerbé l'épuisement d'oxygène sur le récif dans l'espace et le temps. On a présenté de l'évidence montrant que les concentrations moyennes de nitrate au printemps et en été dans le déchargement du Mississippi ont doublé au cours

□

des 30 dernières années, mais que les niveaux de silicate, par contre, ont diminué pendant cette période, probablement par suite de l'empêchement de la circulation du sédiment dans les réservoirs en amont. Les concentrations de nitrogène dans le Mississippi ont doublé au cours des 30 dernières années par suite d'une application croissante d'engrais et de déchargements de promontoire-source dans le bassin de drainage, ce qui constitue 40 pour-cent des Etats-Unis (à l'exception de l'état d'Alaska). Le déchargement de nitrogène du système fluvial du Mississippi dans les eaux côtières dépasse 1000 tonnes métriques par an, ce qui rapetit de telles accumulations dans les estuaires du Chesapeake et de l'Hudson et dans la baie de la Californie du sud, par exemple.

L'épuisement d'oxygène par suite de l'eutrophication des eaux côtières au nord du golfe du Mexique a un grand potentiel de nuire aux pêcheries. Cette région fournit à peu près un quart de la biomasse de pêcheries aux E.U., y compris les crevettes "demersal penaeid," la pêche de la plus grande valeur de la nation.

La discussion de la présentation a visé : (1) les différences de dynamique nutritive dans les zones de récif au large, telles que le récif de la Louisiane ou la baie de New York comparées à des estuaires entourés et (2) les tendances d'accumulation de masse comparées aux concentrations de nutriments. On a expliqué que ni l'une ni l'autre de ces questions n'a été évaluée à fond.

IMPACT DES REJETS URBAINS SUR LES CONCENTRATIONS EN AMMONIAC NON IONISE EN MILIEUX ESTUARIENS ET COTIERS

Alain Aminot et Roger Kerouel
IFREMER, Centre de Brest, DERO/EL, B.P. 337,
29273 Brest Cedex

L'ammoniac non ionisé (NH_3) est toxique pour la vie aquatique, ce qui a conduit des organismes officiels à proposer des critères limites pour sa concentration en eau douce ou en eau de mer :

EPA (1972) : eau douce 1,2 $\mu\text{mol/l}$, eau de mer 0,6 $\mu\text{mol/l}$;

FAO-CECPI (1981) : eau douce 6 $\mu\text{mol/l}$ pour les salmonidés.

Dans une synthèse plus récente, Haywood (1983) suggère 0,12 $\mu\text{mol/l}$ pour les salmonidés (eau douce ou marine) et 0,6 $\mu\text{mol/l}$ ou 3 $\mu\text{mol/l}$ pour les autres téléostéens d'eau douce ou d'eau de mer, respectivement.

Il est donc important de connaître l'impact des effluents d'origine urbaine, riches en azote ammoniacal, sur le milieu estuarien et côtier fréquenté par les espèces sensibles que sont les salmonidés. Dans ce but nous avons choisi la rade de Brest, zone semi-fermée dont le bassin nord reçoit les rejets de deux stations d'épuration : celle de la ville de Brest (80 000 eq-hab) en zone marine et celle de la ville de Landerneau (40 000 eq-hab) en amont de l'estuaire de la rivière Elorn.

Détermination de NH_3

La mesure directe de NH_3 n'étant pas possible aux faibles concentrations du milieu naturel, nous avons calculé sa concentration à partir des mesures de pH, de température, de salinité et d'ammoniac total. Nous avons utilisé la relation de Johansson et Wedborg (1980), basée sur des mesures expérimentales de la constante de dissociation de l'ammonium en eau marine :

$$\% \text{NH}_3 = 100 / [1 + \text{antilog} (-0,467 + 0,00113 S + 2887,9 T^{-1} - \text{pH})]$$

avec S = salinité (10^{-3}) et T = température thermodynamique (K).

Cette relation fournit le pourcentage de NH_3 par rapport à l'ammoniac total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4$) ; les concentrations sont ensuite calculées connaissant l'ammoniaque total.

Pourcentages de NH_3

L'étude des pourcentages de NH_3 donne la tendance du milieu, en fonction de ses caractéristiques physico-chimiques, à favoriser ou non l'apparition de la forme très toxique NH_3 par rapport à la forme très peu toxique NH_4^+ . C'est pourquoi nous avons cherché à déterminer quel était le facteur qui induisait de façon prépondérante les variations du pour-cent NH_3 dans le milieu. Ces variations sont de deux ordres : géographiques et saisonnières.

Les variations géographiques ont pour origine essentielle les apports d'eaux continentales ou d'effluents urbains à l'eau marine. L'effet des

variations de salinité reste toujours faible en regard des effets des variations de température et de pH. Le pH apparaît comme le facteur principal induisant les variations géographiques : plus faible en eau douce, il présente généralement un gradient régulier amont-aval entraînant un risque toxique croissant quand la salinité augmente.

Les variations saisonnières sont également significatives, mais dans ce cas c'est la température qui influence de façon prédominante le pour-cent NH_3 . Le cycle annuel du pH étant peu marqué, ce facteur n'a donc dans ce cas qu'un rôle secondaire qui, toutefois, accentue la variation induite par la température.

Dans la zone d'étude, les pourcentages mesurés en zone marine (bassin nord de la rade de Brest) varient entre 2-2,5 pour cent en hiver et 4,5-5 pour cent au printemps et en été. En eau douce (rivière Elorn), les valeurs sont comprises entre 0,3 et 1,2 pour-cent, tandis que dans la zone d'impact de l'effluent urbain de Brest, les pourcentages restent de 1 à 1,5 pour cent.

Concentrations de NH_3

Les concentrations de NH_3 ne suivent pas les mêmes variations que le pour-cent NH_3 : elles subissent les influences d'une part des apports exogènes d'azote ammoniacal par les effluents urbains et d'autre part des phénomènes biologiques endogènes tels que l'assimilation de l'azote ou la minéralisation de la matière organique.

Du fait des apports exogènes, les concentrations d'ammoniac total des rivières sont supérieures à celles des eaux côtières, engendrant donc dans l'estuaire un gradient inverse de celui de pH. Il résulte de la combinaison de ces deux facteurs que la concentration de NH_3 présente un maximum dans la zone centrale de l'estuaire. Dans la zone d'impact d'un effluent urbain rejeté en eau saline, les concentrations d'ammoniac total sont très élevées (100 à 200 $\mu\text{mol/l}$ à Brest) et la concentration en NH_3 présente toujours un maximum en surface. Dans une couche d'eau superficielle d'environ 2 m, la concentration en NH_3 dépasse fréquemment 1 $\mu\text{mol/l}$.

Les facteurs biologiques saisonniers n'ont qu'un effet négligeable dans la zone d'impact d'un effluent en raison des fortes concentrations d'ammoniac total qui masquent les fluctuations naturelles. Au contraire, dans la zone marine et dans l'estuaire, quand l'activité du plancton est élevée, c'est-à-dire au printemps et en été, les concentrations de NH_3 sont minimales (alors que le pour-cent NH_3 est maximal). Puis, à l'automne, les concentrations s'élèvent par suite de la minéralisation qui succède à la chute de l'activité planctonique. L'amplitude de ces variations saisonnières, très importante en zone marine, s'atténue dans l'estuaire et en eau douce.

Dans le bassin nord de la rade de Brest, les concentrations sont en effet fréquemment inférieures à 0,05 $\mu\text{mol/l}$ en été (parfois inférieures à 0,005 $\mu\text{mol/l}$) et comprises entre 0,15 et 0,20 $\mu\text{mol/l}$ en hiver. Simultanément, dans la rivière elles n'ont varié que de 0,03 à 0,07 $\mu\text{mol/l}$. Dans l'estuaire, la présence du maximum décrit précédemment maintient les concentrations à des valeurs supérieures à celles

de l'eau de mer et de l'eau douce, dépassant ainsi 0,10 $\mu\text{mol/l}$ sur une grande distance, quelle que soit l'époque de l'année.

Nuisances pour le milieu

Les mesures montrent donc que le critère de toxicité fixé par Haywood pour les salmonidés (0,12 $\mu\text{mol/l}$) est fréquemment dépassé pendant la saison froide dans la zone marine et la majeure partie de l'estuaire. A proximité du rejet urbain (quelques centaines de mètres), la colonne d'eau est en permanence contaminée à un niveau supérieur au critère de Haywood sur une couche de 2 à 4 m.

Dans le cas du bassin nord de la rade de Brest, où une accumulation d'azote ammoniacal a été mise en évidence, on peut craindre qu'un accroissement des rejets urbains élève les concentrations au-dessus du critère de toxicité pendant une grande partie de l'année. Dans ces conditions, nous constatons que la vocation piscicole (en particulier salmonicole) de la rade de Brest pourrait être entravée. Il semble que des recherches sur les niveaux toxiques sublétaux de NH_3 et sur leurs conséquences pour la faune marine devraient être favorisées pour appréhender les risques et guider la gestion des zones côtières.

Références

- EPA. 1972. Ecol. Res. Ser., EPA-R3-73-033, mars 1973. Wash. D.C. 594 p.
- FAO-CECPI, in COCHE, A.G. 1981. Stavanger, 29-30 mai 1980. Doc. Tech. CECPI, (39) : 37 p.

Haywood, G.P. 1983. Can. Tech. Rep. Fish.
Aquat. Sci. 1177 : IV + 35 p.

Johansson, O., and M. Wedborg. 1980. J. Solution
Chem. 9 (1) : 37-44

LA SUSCEPTIBILITE DES ESTUAIRES AUX ETATS-UNIS A L'AGITATION INDUITE PAR L'HOMME

Robert B. Biggs, Margaret Carter and Betsy Beasley
College of Marine Studies, University of Delaware
Lewes, Delaware

On analyse les estuaires et les bassins hydrographiques de 79 systèmes en utilisant des données dont la plupart viennent de NOAA (Administration Nationale des Océans et de l'Atmosphère) 1985 et du Département de Commerce (Bureau de recensement). Les estuaires tombent dans des groupes ayant des capacités d'échange d'eau faibles, moyennes et fortes, ce qui reflète leur capacité théorique de se purger des polluants. On classe les bassins hydrographiques selon la région, la population totale et les populations discrètes des catégories d'occupation, selon les données du Bureau de recensement. L'approche de Vollenweider, qui compare des études d'accumulation hydraulique à des études d'accumulation de nutriments dans les lacs, s'adapte aux estuaires en incluant l'accumulation d'eau fraîche et d'eau de marée. Ensuite on étudie les populations par rapport aux données d'accumulation hydraulique résultante.

En considérant la population totale comme un indice suppléant des nutriments et des travailleurs en produits chimiques et en métal comme suppléante des éléments toxiques nous avons le moyen d'estimer les impacts anthropogéniques potentiels sur les bassins hydrographiques. Lorsqu'on oppose ces suppléantes à l'accumulation hydraulique, les gérants ont un outil pour estimer quels estuaires sont susceptibles d'être sous la pression anthropogénique la plus forte et



quels sont le moins susceptibles d'arriver à faire face à cette pression. Nous ne prétendons pas que ces systèmes ont un problème, mais nous suggérons qu'on les examine pour la présence d'agitation nutritive ou toxique parce que ce sont eux qui ont le plus grand potentiel pour la pollution.



MECHANISMES QUI FAVORISENT LA PROLIFERATION D'ALGUES BLEU-VERTES DANS LA RIVIERE NEUSE, CAROLINE DU NORD

Donald W. Stanley and Robert R. Christian
Institute for Coastal and Marine Resources and
Biology Department, East Carolina University
Greenville, North Carolina 27858

Des proliférations d'algues bleu-vertes dominées par Microcystis aeruginosa se sont récemment, durant l'été pendant quelques années, mais pas chaque année, le long du cours inférieur de la Rivière Neuse, Caroline du Nord. On a postulé plusieurs facteurs comme contribuant à ces flores d'algues nuisibles : (1) excès d'azote et de phosphore, (2) fort débit printanier, et (3) faible débit entretenu pendant l'été. Des recherches ont prouvé que pendant la dernière décennie des éléments nutritifs ont été présents en excès par rapport aux besoins des algues pendant toute l'année dans la Neuse, toutefois les flores ne se développent pas tous les étés. En outre, les concentrations nutritives dans la Neuse ne sont pas significativement plus élevées que celles dans quelques estuaires de rivières voisines où l'on n'a pas observé les développements d'algues. On a aussi suggéré que la prolifération d'algues était plus probable pendant des étés qui suivent des périodes d'hiver-printemps excessivement humides, car le lessivage élevé pourrait amener plus de N et P particuliers, qui par la suite se décompose en libérant de fortes concentrations de sels nutritifs labiles l'été suivant. Cependant il n'existe pas d'évidence quantitative pour soutenir cette hypothèse.

Dans une étude récente nous avons testé l'hypothèse d'un lien entre la prolifération d'algues et le troisième facteur cité ci-dessus, écoulement faible entretenu. Spécifiquement nous croyons que les "blooms" proviennent de la vitesse de croissance des algues plus élevées et du temps de résidence des algues dans la rivière accrus aux faibles débits. Notre hypothèse a été basée sur l'analyse de plusieurs années de données de chlorophylle-a en fonction du débit de la rivière, qui a indiqué un accroissement marqué dans la biomasse d'algues quand le débit s'est abaissé au-dessous d'un seuil. Pour évaluer cette hypothèse nous avons développé un modèle mathématique de simulation pour prédire les concentrations d'algues dans le cours inférieur de la Neuse sous des conditions de débit variées prenant en compte des effets du débit sur la vitesse du courant (et par conséquent le temps de séjour) et d'autres variables ayant un effet sur la production d'algues, tels que l'intensité de la lumière et la profondeur de l'eau. Les renseignements au sujet du temps de séjour viennent d'une série d'études par traceur colorant. Au laboratoire nous avons évalué la régulation de croissance de *M. aeruginosa* par la lumière et la température. Les prédictions modèles étaient en accord avec les observations sur l'apparition ou non de "blooms" pendant la dernière décennie.

Nos résultats peuvent être utiles dans la gestion de (1) l'augmentation du débit d'étiage à un réservoir dans la partie amont du bassin de la Neuse, (2) la réduction des charges en éléments nutritifs, et (3) l'usage d'eau dans le bassin de la Neuse aussi bien que dans le transport entre-bassin ayant rapport avec la Neuse. Il reste, cependant, beaucoup de questions sans réponse parmi lesquelles quelques-unes

sont adressées dans des projets de recherche actuels ou nouveaux conduits par nous ou par d'autres écologistes estuariens dans la région: (1) Jusqu'à quel degré d'autres rivières côtières voisines ayant des activités semblables sur leur bassin versant et des charges d'éléments nutritifs apparemment semblables sont-elles susceptibles à des prolifération d'algues? (2) Quel degré de réduction des charges nutritives faudra-t-il pour compenser les effets de l'écoulement faible de l'été? (3) Quels impacts ces "blooms" d'eau douce ont-ils sur l'écologie de l'estuaire, de façon directe (ex. des interruptions de chaîne d'alimentation) ou indirecte (ex. la décomposition et l'augmentation de la productivité d'algues dans les parties à salinité forte du système)?

RESUME

Les délibérations du Colloque Franco-Américain sur les Apports, le Devenir et les Effets des Rejets Urbains dans les Eaux Marines ont fait ressortir la communauté des intérêts des chercheurs français et américains concernés par ces rejets. Les deux pays ont des problèmes de pollution semblables dans leurs eaux côtières et peuvent apprendre énormément l'un de l'autre par un échange de renseignements. Le colloque a identifié les points suivants qui promettent de fournir une base fructueuse pour des efforts coopératifs dans l'avenir :

1. Status et tendances dans la qualité du milieu marin

Les deux pays ont des soucis considérables à l'égard de la condition actuelle des écosystèmes et des ressources marines de leurs côtes et des changements subis par ces systèmes et ces ressources. Ils ont tous les deux des programmes actifs pour surveiller les concentrations de polluants à plusieurs endroits dans leurs eaux marines côtières. Une coopération continuée pour échanger des données et des résultats pourrait accroître significativement la capacité des programmes dans les deux pays de mieux évaluer leurs résultats, grâce à une perspective plus large et de comparer leurs problèmes avec ceux que l'on éprouve dans de semblables régions d'un autre pays industrialisé. Les deux pays s'intéressent aussi au développement de standards de l'environnement à base scientifique adaptés aux conditions de leurs propres côtes pour l'évaluation de contamination chimique. Ceci est un point important pour les échanges d'information futurs.

2. Rapport entre les concentrations de polluants et les effets biologiques

Les programmes de surveillance de la qualité du milieu marin dans les deux pays ont concentré leurs efforts surtout sur la mesure des concentrations de contaminants chimiques. Cependant, de telles informations ont une valeur limitée à moins que l'on ne les lie aux effets de ces concentrations sur les écosystèmes marins et sur les usages humains de ces systèmes. Dans les deux pays les programmes de surveillance représentent des efforts de développer des méthodes d'évaluer des effets biologiques à fin de compléter la surveillance continue de polluants chimiques. Un échange de renseignements concernant l'applicabilité des méthodes que l'on développe dans les deux pays, pourrait aider à déterminer quelles mesures d'effets biologiques il fallait ajouter à leur programme national de surveillance.

3. Contamination microbiologique des zones côtières et estuariennes

La menace à la santé humaine posée par les déchets pathogènes dans les zones estuariennes, surtout par rapport à la contamination des fruits de mer, est un grand souci en France et aux Etats-Unis. Bien que les types de problèmes posés par de tels déchets diffèrent quelque peu dans les deux pays, il existe un besoin commun de déterminer et de prédire la dispersion et la survie de bactéries, et virus pathogènes dans le milieu estuarien. Des rapports présentés aux colloque concernant les insuffisances de nos indices de contamination par des microorganismes pathogènes, ont souligné le besoin urgent de

meilleures méthodes pour évaluer cette contamination. Comme le programme français est particulièrement fort en ce qui concerne les études de tels problèmes sur place, tandis que les efforts des Américains visent davantage les études au laboratoire, il se présente à nous une occasion parfaite d'accroître le niveau d'efficacité des efforts émis dans les deux pays, en établissant une coordination rapprochée et des activités de recherche unies.

4. Surenrichissement nutritif

La production biologique dans les zones marines et estuariennes est ordinairement contrôlée par des niveaux de carbone et de nutriments de plantes, le plus souvent l'azote, mais parfois le phosphore ou la silice, qui sont accessibles pour soutenir la synthèse de matières organiques. Les activités humaines, surtout les déchets des stations d'épuration, l'application d'engrais aux terres cultivables et l'écoulement qui les accompagne peuvent causer des accroissements considérables dans les concentrations de tels éléments dans les zones marines côtières, surtout dans des zones où l'échange d'eau entre les estuaires et l'océan est limité. Lorsque de tels accroissements arrivent, la production biologique et l'écologie de ces zones peuvent être dérangées, ce qui entraîne d'habitude des changements nuisibles aux intérêts humains. On détecte de plus en plus communément de tels problèmes de surenrichissement nutritif en France et aux Etats-Unis. L'échange de renseignements et de résultats des recherches et des programmes de recherches coopératives concernant ces problèmes pourraient augmenter la capacité des chercheurs dans les deux pays pour développer l'information et les recommandations nécessaires pour faire face à ces problèmes.



En quelques mots, ce Colloque Franco-Américain sur les Apports, le Devenir et les Effets des Rejets Urbains dans les Eaux Marines nous a fourni l'occasion d'un échange de renseignements de grande valeur concernant l'état de recherches se rapportant à ces déchets dans les deux pays. Des programmes de recherche traitant la contamination microbiologique des zones côtières ont été soulignés particulièrement, et des contacts déjà établis dans ce domaine entre des scientifiques américains (Dr. Colwell et Dr. Sobsey) et des scientifiques français (Dr. Cormier, Dr. Pomme-puy et Dr. Swartzbrod) ont été fortifiés et pourraient mener à la conduite d'activités de recherche coopératives.