

## QUELQUES ASPECTS ECOBIOCHIMIQUES DE LA POLLUTION CHRONIQUE DES EAUX SAUMATRES COTIERES

Pierre KERAMBRUN

*Centre d'Océanologie de Marseille  
Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille Cedex 9*

Les lagunes et étangs côtiers constituent des écosystèmes capables de présenter une très haute productivité. Celle-ci tire son origine, en majeure partie, des transformations biogéochimiques des apports terrigènes qu'ils reçoivent. D'où leur intérêt au plan économique. Historiquement, l'homme s'est très tôt intéressé aux milieux lagunaires dont il a cherché à exploiter les ressources vivantes et minérales. En particulier, il y a développé des activités de pêche et de conchyliculture. Récemment, les régions lagunaires ont été l'objet d'une sorte de frénésie touristique qui a conduit à l'aménagement de véritables zones urbaines en bordure de nombreuses lagunes au sein desquelles se développait parallèlement la navigation de plaisance : cela s'appelle l'aménagement des lagunes côtières. Et actuellement, se posent en termes cruciaux, car contradictoires, les problèmes de conservation et de gestion de ces milieux dont l'importance au plan économique va croissant tandis qu'ils se trouvent de jour en jour plus dangereusement agressés par la pollution. Or, dans un grand nombre de pays, ces écosystèmes sont aujourd'hui considérés comme des éléments essentiels du patrimoine national.

Hautement productifs, les milieux saumâtres peuvent l'être, mais surtout ils peuvent le rester, à la condition que les facteurs qui président à cette productivité soient préservés. Parmi ces facteurs, il y a évidemment la qualité de l'eau, car ces écosystèmes reçoivent - cadeau ô combien empoisonné de notre civilisation ! - non seulement les pollutions continentales mais aussi celles qui ont contaminé le milieu marin.

Lorsqu'on évoque la pollution, on pense invariablement aux effets catastrophiques et quasi immédiats de pollutions accidentelles, avec leur cortège de mortalités massives, la dégradation de l'état sanitaire des eaux, etc..., et plus rarement aux conséquences sournoises que peuvent avoir à long terme des pollutions chroniques au niveau subléthal. Il est vrai que l'impact biologique à long terme d'une exposition chronique à la pollution a rarement été envisagé. En ce qui concerne ce type de pollution, de plus en plus répandu dans les collections d'eaux saumâtres, je voudrais évoquer ici l'importance que semblent pouvoir revêtir à long terme (plusieurs dizaines d'années peut-être) certaines altérations biochimiques des organismes qui, bien qu'apparemment mineures, tendent actuel-

lement de plus en plus à être considérées comme pouvant servir de test pour évaluer le niveau de pollution. Il s'agit de modifications intervenant au niveau des activités enzymatiques et de la composition biochimique des organismes, en particulier des teneurs en acides aminés ou en lipides, acides gras notamment.

Des modifications d'activité de diverses enzymes liées à la présence d'altéragènes dans le milieu ou, plus généralement, à des perturbations de l'environnement, ont été décrites au cours de ces dernières années chez divers invertébrés marins (Chambers *et al.*, 1978; Blackstock, 1980; Widdows *et al.*, 1982; Rivière & Kerambrun, 1983) ainsi que chez des poissons (Racicot *et al.*, 1975; Weber *et al.*, 1979; Zurburg *et al.*, 1983). Ces modifications, qui peuvent être interprétées comme une réponse des organismes à la détérioration de la qualité des eaux, sont le reflet de modifications du métabolisme. Outre la mise en jeu de systèmes de défense de l'organisme plus ou moins complexes et souvent spécifiques (métallothionéines, cytochrome P<sub>450</sub>, protéines de choc thermique, etc...), les altérations d'activité d'enzymes qui interviennent dans le métabolisme intermédiaire paraissent intéressantes à considérer. Par leur action au niveau de ces enzymes, notamment d'enzymes régulatrices, certains polluants peuvent dévier le métabolisme intermédiaire. C'est ainsi que, chez le Homard, l'exposition à certains ions métalliques en milieu desalé entraîne une augmentation du rapport d'activité MDH : LDH (Gould, 1980). Les hydrocarbures sont à l'origine de perturbations physiologiques, biochimiques et cytologiques diverses : des variations d'activité importantes de plusieurs enzymes ont été mises en évidence dans différents tissus de la moule (Widdows *et al.*, 1982) et de poissons (Zurburg *et al.*, 1983). La pollution organique détermine également des modifications de l'activité de plusieurs enzymes intervenant dans le métabolisme intermédiaire : chez l'annélide *Glycera alba*, elle altère de manière significative l'activité de la phosphofructokinase, ayant pour effet une réduction du métabolisme glycolytique (Blackstock, 1980; Blackstock & Fillion-Myklebust, 1983). L'activité de cette même enzyme est augmentée, chez la moule, par les hydrocarbures (Widdows *et al.*, 1982). Chez les copépodes, outre des modifications intéressant la malate déshydrogénase et l'enzyme malique, des altérations des enzymogrammes des estérases et de la leucine aminopeptidase ont été décrites en liaison avec la pollution domestique (Rivière & Kerambrun, 1983), ce qui semble indiquer que la physiologie de la digestion est également affectée.

Les changements qui affectent les teneurs relatives en acides aminés ou en acides gras méritent une attention particulière. Le rapport des acides aminés libres tissulaires taurine : glycine augmente chez divers invertébrés marins et en particulier chez les bivalves lorsqu'ils sont soumis à différentes perturbations, notamment en présence d'hydrocarbures (Jeffries, 1972; Bayne *et al.*, 1976; Roesijadi & Anderson, 1979) ou de chlore (Roesijadi, 1979). Ainsi, chez *Macoma inquinata*, l'exposition à des sédiments contaminés par des hydrocarbures détermine une augmentation significative du rapport taurine : glycine qui passe de  $0,55 \pm 0,04$  à  $0,89 \pm 0,12$  (Roesijadi & Anderson, 1979). Cette augmentation est due essentiellement à une baisse du taux de glycine, ce qui pose le problème

du métabolisme de cet acide aminé. En ce qui concerne les teneurs en acides gras, divers auteurs qui ont étudié les effets de la nourriture sur la composition en acides gras de divers invertébrés sont parvenus à la conclusion que le rapport saturés : insaturés est une caractéristique de l'espèce (Hinchcliffe & Riley, 1972; Gardner & Riley, 1972). Toutefois la composition en acides gras d'*Ostrea edulis* semble pouvoir être influencée par la nourriture algale (Watanabe & Ackman, 1974). Par contre, la composition en acides gras des algues phytoplanctoniques est influencée par la fraction soluble d'un pétrole brut. Ces modifications semblent affecter non seulement les teneurs relatives en polyinsaturés, mais aussi les rapports saturés : insaturés (Siron, communication personnelle). Des observations semblables ont été faites sur *Mercenaria mercenaria* provenant des zones polluées de la Baie de Narragansett, Rhode Island (Jeffries, 1972). Par ailleurs, les changements observés au niveau des différentes classes de lipides chez le poisson *Fundulus heteroclitus* exposé de manière chronique à des hydrocarbures traduisent d'importantes modifications du métabolisme lipidique (Sabo & Stegeman, 1977).

Il résulte de ces perturbations du fonctionnement normal des organismes des modifications de leur composition biochimique par rapport à celle d'organismes vivant en milieu non pollué. Certes, les perturbations naturelles de l'environnement qui affectent les caractéristiques du milieu induisent également chez les organismes des changements d'ordre biochimique et/ ou physiologique. Ainsi, les teneurs en acides aminés libres tissulaires des invertébrés euryhalins varient en fonction de la salinité du milieu. Cette dernière peut être à l'origine de variations d'activité d'enzymes telles que la lactate déshydrogénase ou la malate déshydrogénase (Cripps & Reish, 1973). Par ailleurs, les organismes réagissent aux variations de certaines conditions de milieu grâce à des stratégies d'adaptation métabolique qui mettent en jeu les isoenzymes (Somero & Hochachka, 1976; Guérin & Kerambrun, 1982). Ces adaptations biochimiques doivent être distinguées des perturbations engendrées par les polluants, perturbations qui, au plan enzymatique en particulier, ne semblent pas aller toujours dans le même sens selon les organismes et la nature du polluant. Ces modifications affectent les caractéristiques qualitatives de la biomasse et déterminent, pour les consommateurs, un changement qualitatif des ressources trophiques dont il paraît difficile d'apprécier quelles peuvent en être les conséquences à long terme mais qu'il ne semble pas raisonnable de sous-estimer. En ce qui concerne les organismes d'intérêt économique, le risque de détérioration qualitative permet d'en mesurer l'importance. En ce qui concerne l'écosystème, on peut penser que de tels changements d'ordre biochimique puissent, par les modifications de la physiologie de masse des populations qu'ils entraînent, être à l'origine d'un processus d'évolution de sa structure et de son fonctionnement.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BAYNE B.L., D.R. LIVINGSTONE, M.N. MOORE & J. WIDDOWS, 1976 - A cytochemical and a biochemical index of stress in *Mytilus edulis* L. *Mar. Pollut. Bull.*, 7: 221-224.
- BLACKSTOCK J., 1980 - A biochemical approach to assessment of effects of organic pollution on the metabolism of the non-opportunistic polychaete, *Glycera alba*. *Helgoländer Meeresunters.*, 33: 546-555.

- BLACKSTOCK J. & C. FILION-MYKLEBUST, 1983 - Environmental and biochemical investigation of some effects of organic pollution in inner Oslofjord, Norway. *Mar. Biol.*, 73: 155-163.
- CHAMBERS J.E., J.R. HEITZ, F.M. McCORKLE & J.D. YARBROUGH, 1978 - The effects of crude oil on enzymes in the brown shrimp (*Penaeus* sp.). *Comp. Biochem. Physiol.*, 61 C: 29-32.
- CRIPPS R.A. & D.J. REISH, 1973 - The effect of environmental stress on the activity of malate dehydrogenase and lactate dehydrogenase in *Neanthes arenaceodentata* (Annelida: Polychaeta). *Comp. Biochem. Physiol.*, 46 B: 123-133.
- GARDNER D. & J.P. RILEY, 1972 - The component fatty acids of the lipids of some species of marine and freshwater molluscs. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 52: 827-838.
- GOULD E., 1980 - Low-salinity stress in the american lobster, *Homarus americanus*, after chronic sublethal exposure to cadmium: biochemical effects. *Helgoländer Meeresunters.*, 33: 36-46.
- GUERIN J.P. & P. KERAMBRUN, 1982 - Effects of diet on esterases, alkaline phosphatase, malate dehydrogenase and phosphoglucomutase activity observed by polyacrylamide gel electrophoresis in *Tisbe holothuriae* (Harpacticoid Copepod). *Comp. Biochem. Physiol.*, 73 B: 761-770.
- HINCHCLIFFE P.R. & J.P. RILEY, 1972 - The effect of diet on the component fatty acid composition of *Artemia salina*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 52: 203-211.
- JEFFRIES H.P., 1972 - A stress syndrome in the hard clam, *Mercenaria mercenaria*. *J. Invert. Pathol.*, 20: 242-251.
- RACICOT J.C., M. GAUDET & C. LERAY, 1975 - Blood and liver enzymes in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) with emphasis on their diagnostic use: study of CCl<sub>4</sub> toxicity and a case of *Aeromonas* infection. *J. Fish. Biol.*, 7 (6): 825-835.
- RIVIERE D. & P. KERAMBRUN, 1983 - Impact d'une pollution d'origine urbaine sur les activités enzymatiques de deux Copépodes planctoniques (*Acartia clausi* et *Centropages typicus*). *Mar. Biol.*, 75: 25-35.
- ROESIJADI G., 1979 - Taurine and glycine in the gills of the clam *Protothaca staminea* exposed to chlorinated seawater. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, 22: 543-547.
- ROESIJADI G. & J.W. ANDERSON, 1979 - Condition index and free amino acid content of *Macoma inquinata* exposed to oil-contaminated marine sediments. In: Marine pollution: functional responses. Ed. by W.B. VERNBERG, A. CALABRESE, F.P. THURBERG & F.J. VERNBERG. Acad. Press, New York & London, pp. 69-83.
- SABO D.J. & J.J. STEGEMAN, 1977 - Some metabolic effects of petroleum hydrocarbons in marine fish. In: Physiological responses of marine biota to pollutants. Ed. by F.J. VERNBERG, A. CALABRESE, F.P. THURBERG & W.B. VERNBERG. Acad. Press, New York & London, pp. 279-287.
- SOMERO G.N. & P.W. HOCHACHKA, 1976 - Adaptation to Environment. Ed. by R.C. NEWELL. London, pp. 1-125.
- WATANABE T. & R.G. ACKMAN, 1974 - Lipids and fatty acids of the american (*Crassostrea virginica*) and european flat (*Ostrea edulis*) oysters from a common habitat, and after one feeding with *Dicrateria inornata* or *Isochrysis galbana*. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 31: 403-409.
- WEBER L.J., W.H. GINGERICH & K.F. PFEIFER, 1979 - Alterations in rainbow trout liver function and body fluids following treatment with carbon tetrachloride or monochlorobenzene. *Am. Chem. Soc. Symp. Ser.*, 99: 401-413.
- WIDDOWS J., T. BAKKE, B.L. BAYNE, P. DONKIN, D.R. LIVINGSTONE, D.M. LOWE, M.N. MOORE, S.V. EVANS & S.L. MOORE, 1982 - Responses of *Mytilus edulis* on exposure to the water-accommodated fraction of North Sea oil. *Mar. Biol.*, 67: 15-31.
- ZURBURG W., J.M. QUEVEDO, G.R. GOMEZ & M.F. HUQ, 1983 - Effects of exposure to a venezuelan crude oil and/or oil dispersant on enzyme activities in the blood of two tropical fish species, *Orthopristis ruber* and *Mugil curema*. In: Fifth Conference of the European Society for Comparative Physiology and Biochemistry, Taormina, 5-8 sept. 1983. *International Symposia on "Physiological and Biochemical Aspects of marine Biology"*. Abstracts, pp. 108-109.