

Evaluation de la toxicité d'une pollution organique urbaine sur le tilapia lagunaire *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852 : étude expérimentale

Abiba Sanogo TIDOU¹, Boua Célestin ATSE²,
Ossey Bernard YAPO¹, Victor KOUAME¹

Résumé

A la station piscicole de Layo, une expérimentation a été réalisée en aquarium avec une population de tilapia *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852 exposée à différentes concentrations d'effluents organiques en provenance de la zone industrielle de Yopougon (Abidjan, Côte d'Ivoire). Les eaux qui alimentent la station proviennent de la lagune Layo située à une quarantaine de km de la source polluante. Les paramètres physico-chimiques des eaux de Layo utilisées pour les dilutions et les concentrations létales d'effluents provoquant la mort de 50 % (CL₅₀) de la population de poissons ont été déterminés. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de Layo sont de 6,47 ± 0,90 mg/L, 31,76 ± 1,40 mg/l, 349,71 ± 86,30 mgO₂/L, 51,56 ± 0,30 mgO₂/L, 25,70 ± 2,70 mg/L et 49,02 ± 3,60 mg/L respectivement pour l'O₂ dissous, les MES, la DCO, la DBO₅, le NO₃⁻ et le PO₄⁻³. La mortalité des poissons exposés augmente avec la concentration en effluents et avec le temps d'exposition. Le plus fort taux de mortalité est observé au bout de la 3^e heure d'exposition, pour une CL₅₀ de 16,37 %. Le taux le plus faible est obtenu après une exposition de 20 à 24 heures à une concentration de 5,85 % de la solution de pollution.

Mots-clés : pollution, effluents organiques, *Sarotherodon melanotheron*, Layo, Côte d'Ivoire.

Evaluation of urban organic pollution toxicity on the lagoon tilapia *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852: Experimental study

Abstract

At the piscicultural station of Layo, experimentation was performed in aquarium with a population of tilapia *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852 contaminated by different concentrations of organic effluents from the industrial zone of Yopougon (Abidjan, Côte d'Ivoire). Water which feeds the ponds comes from the lagoon Layo located at 40 km from the polluting source. The physical and chemical composition of Layo's water used for dilution and the lethal concentrations of 50% (CL₅₀) of fish's population were determined. Physical and chemical characteristics of Layo's waters are of 6.47±0.90 mg/L, 31.76±1.40 mg/l, 349.71±86.30 mgO₂/L, 51.56±0.30 mgO₂/L, 25.70±2.70 mg/L and 49.02±3.60 mg/L respectively for the dissolved O₂, the MES, the DCO, the DBO₅, the NO₃⁻ and the PO₄⁻³. The mortality of fish exposed increases with the concentration in sewage and with time of exposure. So, highest value of CL₅₀ is recorded for fish submitted at 3 hours of exposure (16.37%). And the lowest rate is obtained after an exposure from 20 to 24 hours (5.85%).

Keywords: pollution, organic effluents, *Sarotherodon melanotheron*, Layo, Côte d'Ivoire.

¹ Laboratoire des Sciences de l'Environnement, UFRSGE; Université d'Abobo-Adjamé, 02 Bp. 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

² Département Aquaculture, Centre de Recherche Océanologique (CRO), Bp.V.18 Abidjan 01, Côte d'Ivoire. Tél. : (225) 07-07-67-89, E-mail: atidou2000@yahoo.fr

Introduction

La pollution des écosystèmes aquatiques par les matières organiques a toujours posé d'énormes problèmes dans les grandes métropoles notamment dans les villes africaines. La production de déchets suite à la démographie grandissante des villes et aux sous-produits industriels et agricoles sont les principales causes de cette pollution. Dans les grandes villes comme Kinshasa, Lagos et Abidjan, ce sont les lagunes et les mers qui reçoivent les déchets via les effluents domestiques et industriels et les eaux de lessivage des terres agricoles (DEJOUX, 1988). Plusieurs études menées sur la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) ont montré l'importance du phénomène dans ce système lagunaire. Certains auteurs ont mis en exergue une pollution phytoplanctonique des eaux lagunaires (MAURER, 1978, ARFI *et al.*, 1981), tandis que d'autres ont révélé une pollution bactérienne et/ou chimique (GUIRAL et ARFI, 1982 ; CARMOUZE et CAUMETTE, 1985 ; MARCHAND et MARTIN, 1985 ; KOUASSI *et al.*, 1990, 1995). Bien que la présence de polluants et leur quantification dans les eaux ont permis aux auteurs de définir le type de pollution des eaux lagunaires, rares sont les études qui ont mis en évidence l'impact réel de telles pollutions sur la faune aquatique (METONGO *et al.*, 1998). C'est pourquoi, cette étude a été réalisée pour évaluer les effets des effluents organiques de la zone industrielle de Yopougon sur la mortalité du poisson *Sarotherodon melanotheron* (CICHLIDEA).

Une expérimentation en conditions semi-naturelles a été réalisée en tenant compte de la variabilité naturelle des facteurs environnementaux (température, oxygène, luminosité, etc.). Bien que les tests de toxicité soient généralement menés en conditions strictes de laboratoire selon des protocoles standardisés (TIDOU et RAMADE, 1994 ; EPA, 2002), nous avons choisi cette méthode qui se rapproche des conditions naturelles des écosystèmes réels. Elle a permis d'obtenir des résultats proches de la réalité malgré son faible coût économique.

Matériel et méthodes

Localisation de la station expérimentale

La Station expérimentale d'aquaculture de Layo est située à 40 km à l'ouest du canal de Vridi et du village d'Azito qui reçoit directement l'influence des eaux urbaines de la ville d'Abidjan (figure 1). Localisée sur la rive nord de la lagune Ebrié (5°N18 ; 4°W19), la plus exposée aux vents dominants, (PAGES *et al.*, 1979), la Station expérimentale d'aquaculture de Layo est alimentée en eau saumâtre (salinité variant de 0 à 6 ‰) de la lagune Ebrié via un château. Cette station dispose de plusieurs infrastructures permettant la réalisation de différentes activités scientifiques dont la pisciculture (LEGENDRE *et al.*, 1990).

Solution polluante et caractéristiques

La solution polluante provenait des effluents industriels du collecteur principal de la zone industrielle de Yopougon (figure 2). Sa composition physicochimique a été déterminée par KOUAME (2004). Après avoir été prélevée dans le collecteur elle était conservée dans un fût en polystyrène de couleur noire d'une capacité de 1000 litres. Elle était ensuite transportée sur le site d'expérimentation.

Nous avons effectué également des prélèvements d'eau dans la lagune Layo à 100 m de la rive puis dans deux étangs piscicoles (E4 et E7) situés en bordure. A partir de ces différents prélèvements,

nous avons mesuré les paramètres suivants : la température, le pH, l'oxygène dissous (O_2 dissous), les matières en suspensions (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO_5), les nutriments qui sont les nitrates (NO_3^-), les phosphates (PO_4^{3-}).

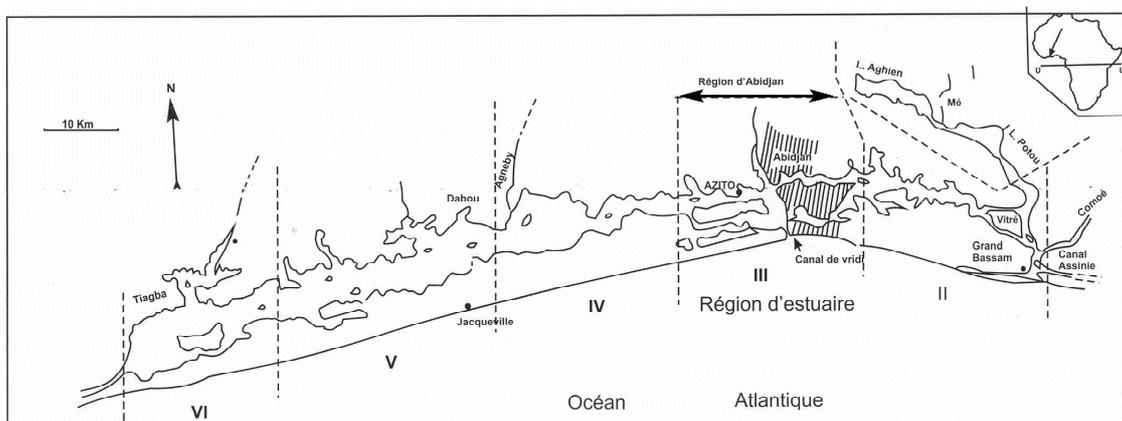


Figure 1. Le système lagunaire Ebrié et son découpage régional (VARLET, 1978) modifiée.

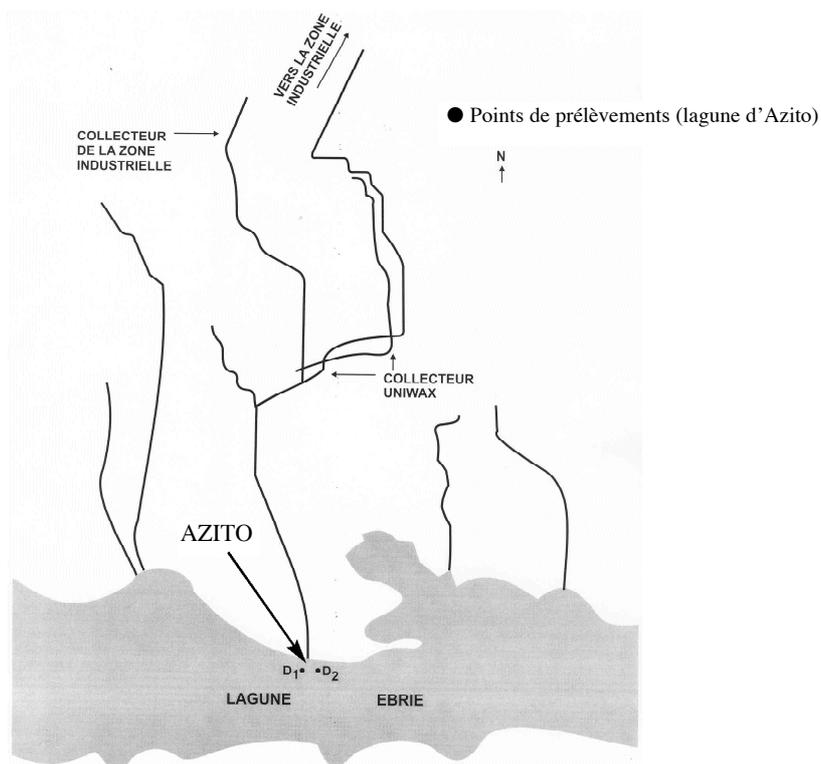


Figure 2. Réseau d'évacuation des eaux usées de Yopougon.

Source : BNETD. Modifié par Kouamé(2004)

Le pH, la température et l'O₂ dissous ont été directement mesurés *in situ* sur le site, respectivement à l'aide d'un pH-mètre de type WTW pH 90 (Wiss Techno Werkstatt D812 Weilheim) et d'un oxymètre de marque Crison Oxy 330.

Les autres paramètres (MES, DCO, DBO₅, NO₃⁻ et PO₄³⁻) ont été déterminés au laboratoire. Les conditions d'échantillonnage, de conservation et les méthodes d'analyses ont été réalisées selon les méthodes de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) 1994 et résumées par MAMBO *et al.* (2001).

Matériel biologique : les poissons

Le matériel biologique utilisé pour les tests de toxicité est le tilapia lagunaire *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852. Cette espèce de CICHLIDAE est assez abondante dans les cours d'eau lagunaire de Côte d'Ivoire et présente un intérêt économique dans la pêche artisanale lagunaire et l'aquaculture « acadja-enclos » (DUPONCELLE et LEGENDRE, 2000).

Les individus testés, de poids moyen 5 g ont été au préalable acclimatés dans les étangs d'alevinage pendant deux semaines.

Méthodes de traitement

Les effluents industriels ont été dilués avec l'eau de lagune en plusieurs fractions donnant dix niveaux de concentration selon les pourcentages de dilution (x %).

Pour définir le pourcentage de dilution qui expriment la concentration équivalente à x % de la concentration initiale de l'effluent, l'expression mathématique suivante a été utilisée :

$$C_0 V_0 = C' V' \text{ avec } C' = x \% C_0$$

$$C_0 V_0 = x \% C_0 V'$$

$$V_0 = x \% V'$$

V₀ = Volume d'effluent à prendre pour obtenir x% de C₀,

V' = volume total (effluent + eau de lagune),

C₀ = concentration initiale de l'effluent,

C' = concentration finale.

Les enceintes expérimentales sont constituées d'aquariums en verre d'environ 100 litres, à raison d'une série de dix concentrations décimales différentes d'effluents allant de 0 % à 100 % avec répétition (tableau I). Les différentes concentrations obtenues sont représentées dans le tableau I. Un lot de 5 alevins a été introduit dans chacune des solutions à tester au début de l'expérience. L'oxygénation a été assurée par un circuit de renouvellement continu d'eau (figure 3). Un essai préliminaire de 24 heures a précédé chaque test. La mortalité des poissons et le temps d'exposition correspondant ont été relevés régulièrement au cours des essais. Deux essais de 24 heures ont été effectués successivement.

Dans chaque enceinte expérimentale, le pH, la température et l'oxygène dissous ont été mesurés au début et à la fin de chaque essai de 24 heures. Les CL₅₀ ont été déterminés à partir des mortalités à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1 en regroupant les valeurs des deux essais.

Tableau I. Concentrations effluents utilisées

Eau / effluent en litres	Concentration (%)									
	0	1	2	5	10	15	25	50	75	100
Effluent	0	0,5	1	2,5	5	7,5	12,5	25	37,5	50
Eau de lagune	50	49,5	49	47,5	45	42,5	37,5	25	12,5	0
Total par aquarium	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

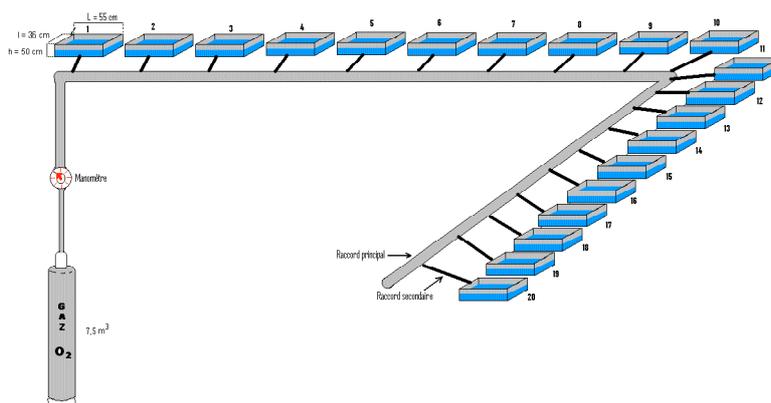


Figure 3. Schéma du dispositif expérimental.

Résultats

Eaux de la lagune de Layo et des Étangs expérimentaux

Les paramètres mesurés ont des valeurs presque identiques en lagune et dans les deux étangs (tableau II). Il en est de même pour les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques mesurées dans les enceintes expérimentales. Celles-ci également varient peu d'un aquarium à l'autre (tableau III).

Tableau II. Caractéristiques physico-chimiques de la lagune de Layo et des eaux des étangs.

Site	Paramètres						
	T (°C)	O ₂ dissous (mg/L)	MES (mg/L)	DCO (mgO ₂ /l)	DBO ⁵ (mgO ₂ /L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ⁻³ (mg/L)
Lagune Layo	30,57±3,10	6,47±0,90	31,76±1,40	349,71±86,30	51,56±0,30	25,70±2,70	49,02±3,60
EtangE4	31,15±1,90	6,82±1,00	30,05±2,30	277,03±61,30	50,71±0,20	22,47±2,20	49,63±5,30
EtangE7	30,67±2,80	6,65±0,70	31,15±1,50	302,57±61,50	50,54±0,20	19,40±1,70	51,24±5,00

Tableau III. Valeurs moyennes du pH, de la température et de l'oxygène dissous dans les aquariums expérimentaux.

Paramètre	Concentrations (%)									
	0 (témoin)	1	2	5	10	15	25	50	75	100 (effluent brut)
pH	6,41 ±0,45	6,41 ±0,06	6,43 ±0,07	6,43 ±0,06	6,46 ±0,13	6,48 ±0,03	6,48 ±0,04	6,5 ±0,51	6,57 ±0,05	6,70 ±0,06
Température (°C)	30,55 ±0,52	30,30 ±0,45	29,84 ±0,19	29,81 ±0,35	29,80 ±0,26	29,70 ±0,07	29,65 ±0,19	29,60 ±1,58	29,40 ±1,66	29,30 ±1,72
Oxygène dissous (mg/L)	6,63 ±1,14	6,60 ±1,25	6,59 ±1,23	6,63 ±1,27	6,61 ±1,29	6,67 ±1,33	6,62 ±1,50	6,70 ±1,58	6,71 ±1,66	6,72 ±1,72

Mortalité des poissons

L'on a noté une augmentation du nombre de morts (tableau IV) en fonction des concentrations (taux de dilution). Pour une concentration donnée, il y a une augmentation de la mortalité en fonction du temps. C'est au bout de 2 à 3 heures que les premières mortalités ont été enregistrées dans les aquariums à fortes concentrations. Après 20 heures d'exposition, ces mortalités se sont généralisées dans les plus faibles concentrations (15 % à 25 % d'effluent polluant).

Tableau IV. Nombres moyens de poissons morts dans chacune des solutions testées.

Temps d'exposition (en heures)	Concentrations de l'effluent polluante (en %)									
	0*	1	2	5	10	15	25	50	75	100
1	0	0	0	0	0	0	0	1,5	3	3
2	0	0	0	0	0	0	1,75	3,25	4	4,50
3	0	0	0	0	1,50	2,25	4	4,50	5	5
4	0	0	0	1	1,75	2,50	4,50	5	5	5
5	0	0	0	1	2	3,50	5	5	5	5
10	0	0	0,25	1,75	2,75	4	5	5	5	5
15	0	0	0,75	2	3,50	4	5	5	5	5
20	0	0	0,75	2,75	3,75	4,50	5	5	5	5
24	0	0	0,75	2,75	3,75	4,50	5	5	5	5

*Concentration témoin (eau d'élevage de Layo)

La détermination des CL₅₀ à différents temps (tableau V) a montré une diminution de la CL₅₀ avec l'augmentation du temps d'exposition. Ainsi, la concentration d'effluent mortelle pour 50 % de la population de poissons au bout de 3 heures d'exposition (CL₅₀) a été de 16,37 % et celle qui permet la mort de 50 % de la population après 20 heures d'exposition a été de 5,85 % d'effluents.

Tableau V. Valeurs des CL₅₀ et des pentes de mortalité pour chaque temps d'exposition.

Temps d'exposition en heures	CL ₅₀ (en % d'effluent)	Pentes
3	16,365	20,454
4	14,269	20,796
5	11,616	28,582
10	9,257	29,218
15	7,616	31,893
20-24	5,852	42,192

La droite croissante observée entre les pentes de mortalité et le temps d'exposition (figure 4) semble traduire une parfaite linéarité entre ces deux variables eu égard au coefficient de linéarité ($R^2=0,91$). Ainsi, la pente est d'autant plus importante que le temps d'exposition est long. La relation entre les CL₅₀ et le temps d'exposition (figure 5) montre une courbe décroissante traduisant une baisse de la concentration toxique pour un temps d'exposition plus long. Ainsi, les plus faibles taux d'effluents (<10 %) n'ont provoqué une mortalité importante (> 50 %) que dans un temps d'exposition plus long. Après 20 heures d'exposition, la moitié de la population de poissons testés est entièrement exterminée.

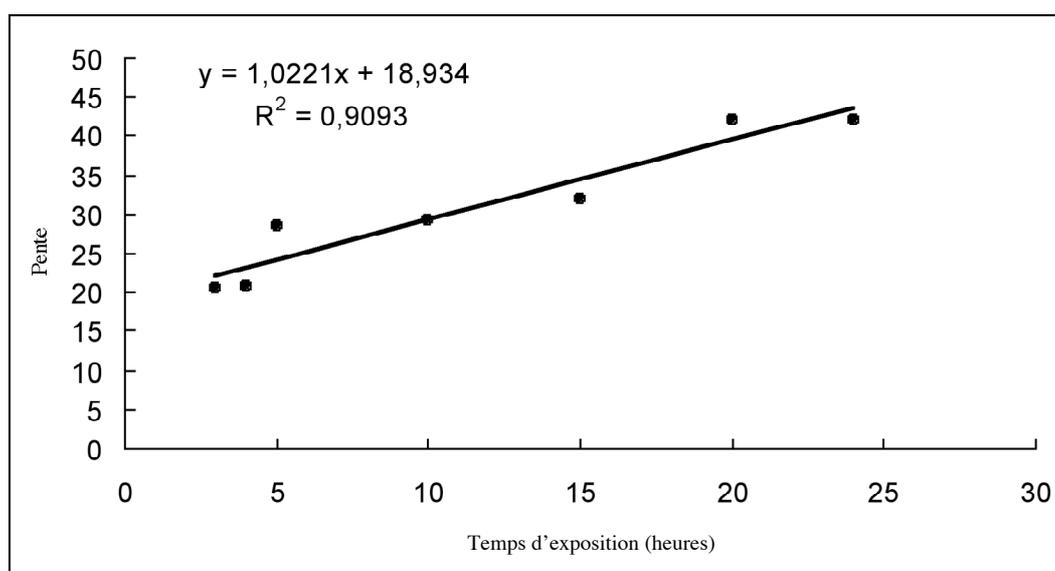


Figure 4. Variation des pentes en fonction du temps d'exposition.

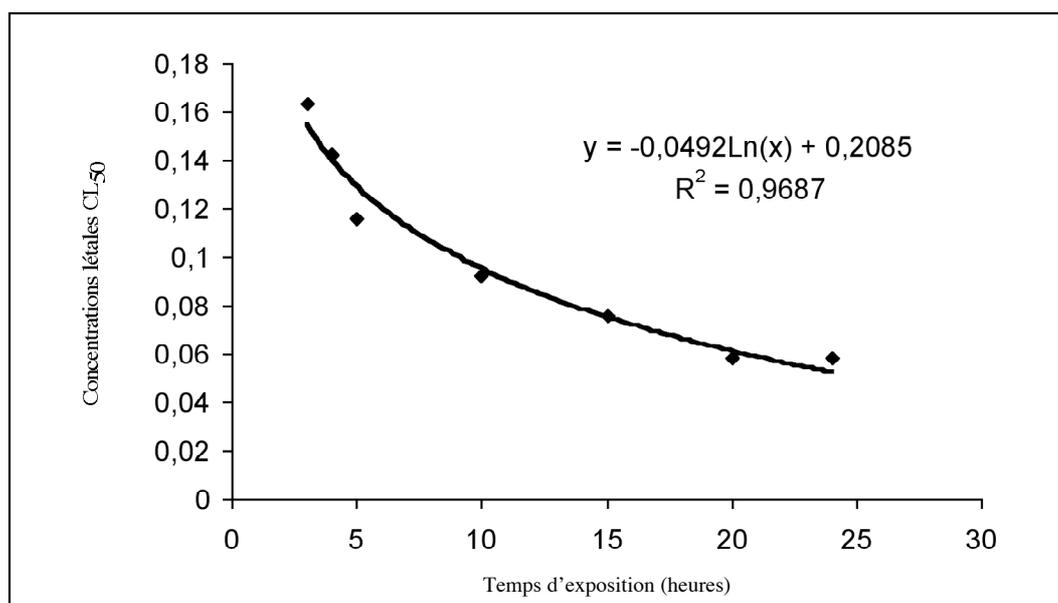


Figure 5. Variation de la CL₅₀ en fonction du temps d'exposition.

Discussion

Les résultats ont montré que les paramètres physico-chimiques des eaux des aquariums ont des valeurs proches de celles du milieu naturel ayant servi de solution de dilution. Les caractéristiques des eaux de la Station Expérimentale d'Aquaculture de Layo sont conformes aux normes préconisées par CAZIN (1987) et ARRIGNON (1998) en conditions d'élevage. Ces eaux représentent par conséquent un support idéal pour la préparation des solutions d'effluents à tester. Par ailleurs, les paramètres analysés dans les effluents utilisés pour l'expérimentation ont montré une richesse importante de ces eaux usées en éléments organiques. Selon KOUAME (2004), la pollution de ces eaux varie en terme de DBO₅, de 1520 mg/L pour les industries agro alimentaires à 380 mg/L pour les industries diverses. La réalisation des tests de toxicité en conditions semi-naturelles a permis d'étudier les effets écotoxicologiques de l'effluent organique sur les alevins de *Sarotherodon melanotheron* issus d'élevage à Layo. La mortalité observée chez les poissons au cours de cette série de tests serait essentiellement due à une contamination à la fois cutanée et digestive (RAMADE, 1979). Dans le cas présent, la teneur en effluents qui a entraîné la mort de 50 % de la population testée à partir de 20 heures d'exposition est de 5,85 %. En d'autres termes, en moins d'une journée, une infime teneur en effluents organiques provoquerait la mort d'au moins la moitié des poissons exposés. Cependant, l'augmentation de la mortalité en fonction du temps et en fonction du taux de dilution des effluents polluants montre bien que cette mortalité n'est pas instantanée. En effet, c'est seulement au bout d'une journée d'exposition des poissons aux eaux usées de la zone industrielle que la mortalité s'est généralisée dans les aquariums expérimentaux à très faibles concentrations provoquant la mort de l'ensemble des poissons.

Les résultats des essais expérimentaux ont bien montré le phénomène de variation de la toxicité en fonction de la teneur en polluant et en fonction du temps (RAMADE, 1979). La détermination des CL₅₀ à temps précis a donc permis de distinguer une variation dans le temps qui tient compte non seulement des caractéristiques individuelles de chaque poisson testé, mais également de la toxicité de l'effluent et de sa cinétique. La comparaison entre les concentrations d'effluents et les pentes de mortalité montre que les pentes sont d'autant plus fortes que les concentrations d'effluents sont plus faibles.

Une telle simulation faite avec les eaux de la lagune Layo servant d'eau de dilution et de témoin a permis de suivre les variations de la toxicité des effluents organiques en provenance de la zone industrielle de Yopougon. Elle pourrait être considérée comme une première approche d'évaluation de la toxicité des effluents organiques pour les poissons de ce site. Cette simulation peut être complétée par une étude histologique permettant de mesurer les atteintes cytologiques au niveau des branchies du tilapia.

Remerciements

Nous remercions le Professeur Kouassi N'Guessan Joël, Directeur du Centre Océanologique, qui nous a autorisé à réaliser l'expérimentation au sein de la station de Layo.

Références citées

- ARFI R., DUFOUR Ph. et MAURER D., 1981.** Phytoplancton et pollution : Premières études en baie de Biétri (Côte d'Ivoire). Traitement mathématique des données. *Oceanologica. Acta*, 4 : 319-329.
- ARRIGNON J., 1998.** Aménagement piscicole des eaux douces, *Lavoisier*, Paris /France, 589 p.
- CARMOUZE J-P. et CAUMETTE P., 1985.** Les effets de la pollution organique sur les biomasses et activités du phytoplancton et des bactéries hétérotrophes dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*. 17 (3) : 175-189.
- CAZIN B., 1987.** Propositions d'interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques. Conseil supérieur de la pêche. *Bulletin de liaison*, 47-48 : 15-18.
- DEJOUX C., 1988.** La pollution des eaux continentales africaines. Expérience acquise, situation actuelle et perspectives. Edition de l'ORSTOM, Paris/France, 213, 513 p.
- DUPONCHELLE F. et LEGENDRE M., 2000.** *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) in lake Ayame, Côte d'Ivoire : life history traits of a strongly diminished population *Cybius*, 24: 161-172.
- EPA, 2002.** Short-term Methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving water to freshwater organisms, US EPA (EPA-821-R-02-013), 4^e édition, Washington, DC, 350 p.
- GUIRAL D. et ARFI R., 1982.** Estimation des niveaux de pollution organique et bactérienne des eaux à proximité des berges de la ville d'Abidjan (Lagune Ebrié - Côte d'Ivoire). *Journal Ivoirien d'Océanographie et de Limnologie*. Abidjan 2 (1): 1-18.
- KOAME K. V., 2004.** Eaux usées de process de la zone industrielle de Yopougon et leurs impacts sur la lagune d'Azito. Mémoire de DEA en Sciences et Gestions de l'Environnement. Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan/Côte d'Ivoire. 63 p.
- KOUASSI A.M., GUIRAL D. et DOSSO M., 1990.** Variations saisonnières de la contamination microbienne de la zone urbaine d'une lagune estuarienne : cas de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 23 : 179-192.

- KOUASSI, A. M., KABA, N. et METONGO, B. S., 1995.** Land-Based Sources of Pollution and Environment Quality of the Ebrié Lagoon Waters. *Marine Pollution Bulletin*, 30 (5): 295-300.
- LEGENDRE M., ECOUTIN J. M., HEM S. et CISSE A., 1990.** Recherche sur les tilapias lagunaires de Côte d'Ivoire. In : L'aquaculture des tilapias du développement à la recherche. *Cahiers Scientifiques*, 10 : 93-116
- MAMBO V., TIDOU A S. et YAPO OSSEY B., 2001.** Evaluation de l'état trophique du lac de Buyo (Côte d'Ivoire): Aspects physico-chimiques et biologiques. *Journal de la Société Ouest Africaine de Chimie*, 011: 95-135.
- MARCHAND M. et MARTIN J. L., 1985.** Détermination de la pollution chimique (hydrocarbures, organochlorés, métaux) dans la lagune d'Abidjan (Côte d'Ivoire) par l'étude des sédiments. *Océanographie. Tropicale*. 20 :2-29.
- MAURER D., 1978.** Phytoplancton et pollution : lagune Ebrié (Abidjan) ; secteur de Cortiou (Marseille). Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université d'Aix-Marseille-II, Marseille, France, 121 p.
- METONGO B.S., LUQUET P. et OTOME Z. J., 1998.** Toxicité de l'ammoniaque chez le Silure Africain *Heterobranchus longifilis*. *Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie*, 3 (1) : 17-24.
- PAGES J., LEMASSON L. et DUFOUR PH., 1979.** Eléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Cycle annuel. *Archives Scientifiques du CRO*, 3: 1-30.
- RAMADE, 1979.** Ecotoxicologie, 2^e édition. Masson, Paris, New-York, Barcelone, Milan, 223 p.
- TIDOU A.S., MORETEAU J-C et. RAMADE F., 1994.** Effets du lindane sur la reproduction de trois espèces zooplanctoniques (*Daphnia pulex*, *Simocephalus vetulus*, *Chydorus sphaericus*) : tests au laboratoire. *Agronomie Africaine*, VI (I): 67-73
- VARLET F., 1978.** Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Traits physiques essentiels. *Travaux et document de l'ORSTOM*, 83: 164 p.