

Contamination métallique de *Gambusia holbrooki* au niveau du lac Fouarat et de l'estuaire Sebou dans la région du Gharb (Maroc)

**Bachir EL BOUHALI¹, Laila BENNASSER^{1*}, Issad NASRI²,
Vincent GLOAGUEN³ et Aziza MOURADI¹**

¹ *Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biochimie et Biotechnologie marine. BP 133, 14000 Kenitra, Maroc*

² *Université Hassan II, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Biochimie, Mohammedia, Maroc*

³ *Université Limoge, Faculté des Sciences, Laboratoire de chimie des substances naturelles, Limoge, France*

* Correspondance, courriel : lailabennasser@yahoo.fr

Résumé

Situés dans l'agglomération de Kénitra, l'estuaire de Sebou et le lac Fouarat, sont soumis en permanence à de nombreux rejets d'eaux usées et de déchets. L'impact de cette activité anthropique sur la qualité de ces milieux a été estimé à travers le suivi spatio-temporel des teneurs corporelles en fer, du manganèse, du chrome, du cuivre, du zinc et du plomb chez *Gambusia holbrooki*. Ce poisson omnivore, constitue désormais un des maillons de la chaîne trophique au sein du lac et de l'estuaire. Les résultats obtenus ont mis en évidence la contamination et l'accumulation des métaux par ce poisson avec une charge métallique importante par rapport à celle des témoins et des autres poissons de l'estuaire. Par ailleurs, l'évolution saisonnière des teneurs a montré des différences de faible importance entre les deux milieux, liées essentiellement aux variations climatiques. Les résultats reflètent une dégradation croissante de la qualité de ces milieux qui ne cessent d'être le réceptacle de nombreux rejets divers. Cette situation peut engendrer

des conséquences toxicologiques inquiétantes sur la santé, dans la mesure où le risque de contamination de la nappe phréatique qui alimente toute la région en eau potable n'est pas exclue. L'irrigation courante des parcelles agricoles avec les eaux contaminées du lac comporte aussi des risques qu'il convient d'éviter et surtout d'évaluer.

Mots-clés : *contamination métallique, Gambusia, lac Fouarat, estuaire Sebou, effluent, rejets*

Abstract

Metal contamination of *Gambusia holbrooki* on the level of the lake Fouarat and the Sebou estuary in Gharb field (Morocco)

The Sebou estuary and the Fouarat lake, situated in the urban district of Kénitra, are submitted permanently to many dismissals of wastewaters and garbage. The impact of this human activity on the quality of these ecosystems is estimated through the spatial and temporal distribution according to the contents of iron, copper, zinc, manganese, lead and the chromium in the whole organism of *Gambusia holbrooki*. This omnivorous fish, constitute one links of the trophic chain within the lake and the estuary. Results showed the accumulation of metals by this fish with an important bodily metallic load in comparison with witnesses and the other fish of the estuary. Otherwise, the seasonal evolution of contents showed little meaningful differences between the two surroundings, essentially related to the climatic variations. Results reflect an increasing deterioration of the quality of these areas. This situation can generate some troubling toxicological consequences on health, insofar the the risk of contamination of the ground water which food all the drinking water area is not excluded and on the other hand by the agricultural parcels that are irrigated permanently with contaminated waters of the lake.

Keywords : *metallic contamination, Gambusia holbrooki, Fouarat lake, Sebou estuary, impact, waste water*

1. Introduction

La contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux demeure un sérieux problème d'environnement de plus en plus inquiétant [1]. Dans des pays comme le Maroc où les ressources hydriques sont rares et limitées, l'impact de la micropollution est plus prononcé et reste un des obstacles majeurs au développement durable des régions.

Utilisés dans la plupart des procédés industriels, puis rejetés via les effluents dans le milieu récepteur souvent sans traitement préalable, les éléments métalliques sont présents dans tous les compartiments de l'écosystème aquatique (eau, sédiment, faune et flore) [2]. Par leur résistance à la biodégradation, leur rémanence et leur toxicité, ces éléments peuvent se concentrer dans les tissus des organismes vivants [3] et engendrer d'importants dégâts aussi bien écologiques que de santé publique [4 - 6]. En effet, les activités anthropiques sont les principales responsables de la dégradation de la qualité des écosystèmes dont les sédiments constituent de véritables réservoirs pour l'accumulation des métaux [7, 8]. Cependant, le suivi de la contamination métallique et l'évaluation de l'état de santé des hydrosystèmes se font habituellement à travers les bioessais [9] sur de nombreux bio indicateurs tels que les insectes, les crustacés, les poissons et les plantes [10 - 14]. Toutefois, le poisson constitue le produit de l'écosystème aquatique le plus consommé par l'homme et sa qualité reflète souvent celle de son milieu et reste un outil fiable pour l'évaluation de l'état de l'environnement du site qu'il colonise [15].

Dans cette étude, notre choix s'est porté sur le poisson *Gambusia holbrooki* appelé communément mosquitofish pour évaluer le niveau de contamination par les métaux de deux zones humides de la plaine du Gharb (Maroc), il s'agit du lac Fouarat et de l'estuaire de Sebou. *G. holbrooki* Poisson Ostéichthyen appartenant à l'ordre des Cyprinodontiformes, à la famille des Poeciliidae a été introduit autrefois dans les rizières de la plaine du Gharb comme agent de lutte biologique contre la prolifération des larves d'anophèles vecteurs de maladies parasitaires [16]. La majorité des espèces présente un dimorphisme

sexuelle de taille où la femelle est deux fois plus longue que le mâle (3,5cm) [17, [18]. Les gambusies peuplent les milieux d'eau douce et saumâtre, à régime omnivore, se nourrissent d'algues, de détritus, de petits invertébrés et d'alevins d'autres espèces de poisson [19]. Par ailleurs, les travaux réalisés sur ce poisson sont nombreux [20, 21, 22, 16, 23] quoiqu'au Maroc l'étude sur *Gambusia* reste inédite. L'urbanisation très accentuée de la plaine du Gharb au niveau de la ville de Kenitra a permis aux riverains de s'installer de façon anarchique autour du lac Fouarat et sur les rives de l'estuaire de Sebou. Ces milieux servent désormais de milieu récepteur aux rejets des eaux usées résultant de toutes les activités anthropiques de la région (domestiques, industrielles et agricoles). La qualité physico chimique des eaux du lac et de l'estuaire connaît une dégradation très avancée principalement au niveau des berges [24, 25].

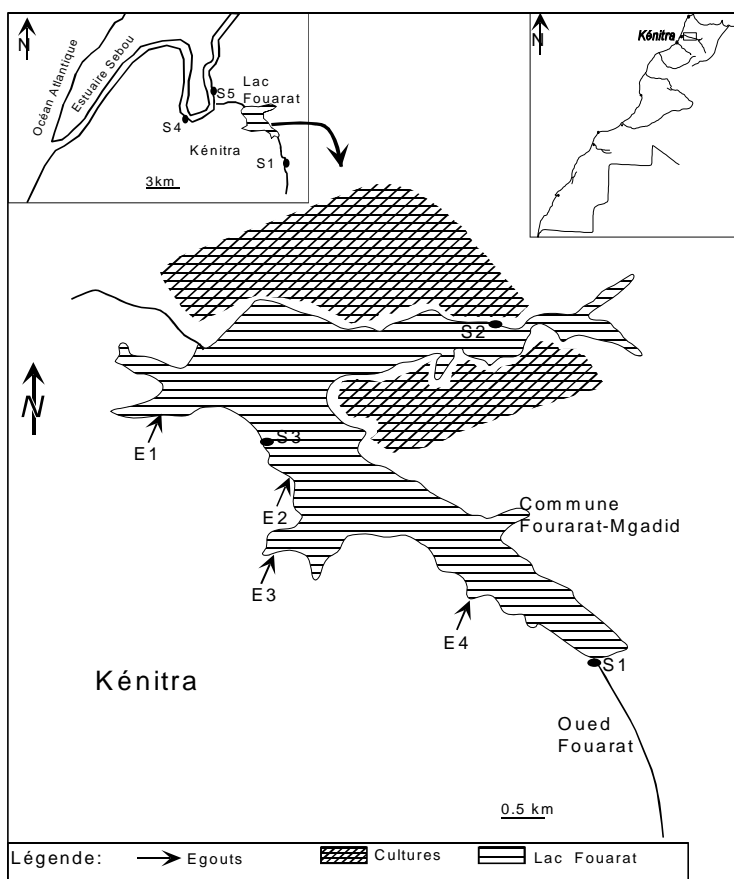
Le présent travail vise à évaluer l'impact de l'activité anthropique sur les deux écosystèmes ainsi que leur niveau de contamination et ce, à travers le suivi spatio temporel des teneurs du fer, du zinc, du cuivre, du chrome, du plomb et du manganèse dans le corps entier de *G. holbrooki*.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude

Les deux écosystèmes sont situés au nord-ouest du Maroc à 40 Km nord de la capitale Rabat au niveau du bassin versant du Sebou dans la plaine du Gharb qui couvre 40% de sa superficie (**Figure 1**). Région au climat méditerranéen à influence océanique, se caractérise par l'abondance des plans d'eau (lacs, marécages, cours d'eau) ce qui y privilégie le développement des activités agricoles (riziculture, canne et betterave à sucre, céréales, cultures sous serre.....) et industrielles ainsi que l'exode rural.

L'étude a été conduite sur cinq sites répartis sur les deux stations(**Figure 1**):



Carte de localisation du site d'étude

Figure 1 : *Situation géographique de l'estuaire de Sebou, du lac Fouarat et des sites de prélèvement.*

S1: situé tout à fait en amont du lac sur l'oued Fouarat traversant ce dernier. Ce site est considéré comme site de référence, car il est bien loin de toutes perturbations anthropiques.

S2 et S3: situés au niveau du lac Fouarat, respectivement sur la berge droite près des champs de culture et la berge gauche près des émissaires d'égouts des quartier limitrophes.

S4 et S5: situés au niveau de la partie aval de l'estuaire, à 4 Km de l'océan, sur la rive gauche de l'estuaire, respectivement en aval et en amont du chenal de communication. La salinité à ce niveau est de 14%.

2-1-1. Estuaire de Sebou

Le Sebou est l'un des plus importants cours d'eau du Maroc. Il débouche dans l'océan Atlantique en traversant par son estuaire la ville de Kénitra, un véritable centre urbain et industriel. L'estuaire est soumis à de nombreux rejets permanents d'origine urbaine, industrielle (papeterie, tannerie, raffinerie, agroalimentaire...) et agricoles auxquels s'ajoutent les apports amont du bassin versant. La dynamique marégraphique semble avoir une influence prépondérante sur la gestion de la charge polluante qui transite par l'estuaire et y persiste plus longtemps avant d'être évacuée vers l'océan [25].

2-1-2. Lac Fouarat

Situé au Nord-Est de la ville de Kénitra, couvrant une superficie de 2,16km² avec une profondeur variable entre 0,5 et 4m, le lac est une dépression humide à fond marécageux et insalubre, envahie par la végétation. Son étendue est tributaire des précipitations et de l'évaporation. Sa mise en eau est assurée par les apports de l'oued Fouarat et l'oued Sebou à marée haute, l'affleurement de la nappe phréatique en période hivernale, les précipitations et les eaux résiduares [24]. Le lac constitue le réceptacle ultime de nombreux rejets et déchets des quartiers limitrophes très peuplés et où sont installées aussi plusieurs petites unités industrielles (textiles, tanneries...). Les cultures (tomates, salades, radis menthe...) sont traitées en permanence avec des pesticides et des engrais de façon non raisonnée. Elles sont irriguées avec les eaux du lac qui sont elles même traitées avec les insecticides. L'estuaire de Sebou et le lac Fouarat communiquent par un chenal « oued Fouarat » de 4Km de long et de faible pente.

2-2. Echantillonnage

Au niveau de chacun des sites, la capture aléatoire des Gambusies a été effectuée à l'aide d'un cadre métallique de 30cm de diamètre, muni d'un

filet moustiquaire. Une douzaine d'individus d'une taille de 3,5cm ont été triés, stockés dans des sacs en plastique puis transportés à 4°C jusqu'au laboratoire. Répartis en trois lots, les poissons ont été séchés à 60°C pendant 48h, broyés et réduits en poudre à l'aide d'un broyeur à bille de graphite Retsch pendant 25min. L'échantillonnage est effectué sur un cycle annuel à raison d'une fois par saison (décembre 2000, mars 2001, juin 2001 et septembre 2001).

2-3. Dosage des métaux

Pour chaque lot, une prise de 200mg de poudre est minéralisée à 120°C pendant 4h. en présence d'acide nitrique/eau oxygénée (v/v). Le dosage des métaux a été effectué sur les minéralisats après dilution par spectrométrie d'absorption atomique à flamme (Varian Spectra AA-600). La validité de la méthode analytique a été vérifiée par contrôle interne à l'aide d'échantillons standards (Conseil National de Recherches du Canada: DORM-2 pour les poissons) et par contrôle externe à l'aide d'exercices d'intercalibration AIEA [26].

2-4. Analyse statistique

La variabilité des teneurs métalliques est étudiée par une analyse de variance à deux facteurs (saison, station) effectuée par la procédure ANOVA du logiciel SAS [27]. Les comparaisons des teneurs moyennes au niveau des sites pris deux à deux en fonction des saisons ont été réalisées par le test de Duncan chaque fois que l'analyse de variance révèle des différences significatives.

3. Résultats

Les résultats de l'évolution spatio-temporelle des teneurs métalliques moyennes dans le corps entier des Gambusies capturées au niveau du lac Fouarat (S1 et S2) et au niveau de l'estuaire de Sebou (S4 et S5) sont représentés sur les figures 2 et 3. L'analyse de variance a révélé une différence significative entre les différentes stations en fonction des saisons.

La comparaison des teneurs métalliques des sites pris deux à deux a donné les résultats reportés sur le **tableau 1**.

Tableau 1 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes au niveau des sites pris deux à deux en fonction des saisons.

Métaux	Mois	p (S1- S _F)	p (S1- S _S)	p (S _F - S _S)
Plomb	12/2000	0,0060	0,0025	0,2906
	3/2001	0,0037	0,0010	0,3804
	6/2001	0,0016	0,0832	0,0120
	9/2001	0,0018	0,0032	0,9835
Fer	12/2000	0,0014	0,0158	0,0148
	3/2001	0,0967	0,0069	0,0884
	6/2001	0,0031	0,0067	0,0216
	9/2001	0,0654	0,0380	0,0399
Cuivre	12/2000	0,2208	0,1888	0,1788
	3/2001	0,2177	0,2793	0,1249
	6/2001	0,6322	0,2641	0,1092
	9/2001	0,1036	0,4472	0,1736
Zinc	12/2000	0,0008	0,0007	0,0044
	3/2001	0,0013	0,0002	0,0332
	6/2001	0,0011	0,0258	0,0018
	9/2001	0,0001	0,0028	0,0813
Manganèse	12/2000	0,0106	0,0009	0,7703
	3/2001	0,0029	0,0017	0,1760
	6/2001	0,0008	0,0034	0,0114
	9/2001	0,0110	0,0054	0,4579
Chrome	12/2000	0,1320	0,1024	0,0268
	3/2001	0,0514	0,00522	0,3572
	6/2001	0,0481	0,0070	0,0102
	9/2001	0,0037	0,1590	0,0249

S1 : station de référence, *S_S* : Stations Sebou, *S_F* : stations du lac Fouarat

Les résultats témoignent de l'existence d'une contamination polymétallique et généralisée, plus ou moins importante selon les sites. Tous les éléments métalliques montrent des teneurs plus élevées chez les poissons collectés en S2, S3, S4 et S5 que chez ceux collectés en S1. En absence de teneurs

de référence, S1, situé loin de toute activité anthropique, est considéré comme site de référence abritant des gambusies témoins. Les variations des teneurs métalliques entre les poissons de S1 et ceux de l'estuaire (S4 et S5) et du lac (S2 et S3) sont significatives ($P < 0,01$) pour tous les éléments métalliques à l'exception du cuivre qui ne montre aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les poissons témoins et ceux des autres stations (**Tableau 1**).

Le plomb

Ce métal existe majoritairement sous forme inorganique, par opposition à sa forme organique notamment le plomb tétraéthyl qui provient le plus souvent de la combustion des carburants et dont la toxicité est plus importante pour les organismes aquatiques [32]. [33] ont rapporté des facteurs de bioconcentration chez un cyprinidé, allant de 30 à 79 (poids sec) selon les saisons. Chez *G. holbrooki*, les teneurs oscillent entre 400 et 880ppm, ces valeurs restent très élevées par rapport à celles enregistrées en 1992 chez les poissons *Lisa ramada*, *Barbus callensis* et *Cyprinus caprio* de l'estuaire aux niveaux du reins, du foie et des branchies [30].

Une bioaccumulation donc très importante, liée probablement à une contamination importante des sites par les rejets chargés en plomb. L'impact des activités portuaire et artisanale (potier), les vidanges sauvages des moteurs de véhicule pratiquées très couramment à proximité des sites ainsi que l'activité du trafic autoroutier sont la principale source de contamination du milieu lacustre. Par ailleurs, aucune différence significative n'a été enregistrée entre les stations du lac et celles de Sebou, sauf pour la campagne du mois de juin ($P = 0,012$), où les teneurs au niveau de l'estuaire sont relativement plus faibles.

Le fer

Malgré son abondance dans les sédiments, le fer est considéré comme un métal peu toxique pour les organismes aquatiques [34]. Ses teneurs

moyennes maximales atteignent 2894 et 6508ppm respectivement chez les Gambusies du lac et de l'estuaire pendant la campagne du mois de décembre puis régressent significativement pendant les autres campagnes. Aussi bien au niveau de l'estuaire qu'au niveau du lac, les pics observés en hiver sont dus à l'enrichissement de ces milieux en fer par les apports amont du bassin versant et le lessivage des terrains agricoles lors des premières crues. Au niveau de l'estuaire les effets de la dynamique marégraphique dont résulte la remise en suspension de cet élément [25], pourraient expliquer aussi les différences significatives des teneurs entre les stations du lac et celles de l'estuaire. Au niveau des sédiments, le relargage du fer sous l'effet de la marée rend cet élément plus disponible dans le milieu, notamment pour les poissons. En revanche, pendant les autres campagnes, la contamination reste assez importante sous l'effet des rejets industriels mais avec des teneurs moins élevées dues probablement à une précipitation relative du fer qui fait partie intégrante de la composition minéralogique des sédiments.

Le cuivre

Un des éléments indispensables à la vie, mais dont la toxicité apparaît dès que sa concentration dépasse un certain seuil [10]. Chez les organismes aquatiques, la régulation interne de cet élément est difficile et nécessite l'intervention de mécanismes homéostatiques compliqués [35, 15]. Pour *Cyprinus caprio*, [36] ont rapporté un facteur de concentration de 13. Dans les milieux étudiés, la contamination est faiblement représentée chez les Gambusies et reste inférieure à celle des poissons de Sebou [30], ceci en dehors des deux pics observés chez les Gambusies de l'estuaire en mars (S5) et en juin (S4), dus aux rejets ponctuels d'unités industrielles à activité saisonnière. Chez ces derniers les teneurs en cuivre sont de l'ordre de 250ppm et sont concentrées principalement au niveau du foie. Par ailleurs, aucune différence significative des teneurs ($P > 0,05$) n'a été décelée entre les poissons témoins (S1) et ceux des autres sites (S2, S3, S4 et S5) ni entre les poissons lacustres (S2 et S3) et ceux estuariens (S4 et S5). En effet, par

sa présence sous forme particulaire dans l'eau, le cuivre tend à précipiter et à se complexer avec la matière organique très abondante dans les sédiments, ce qui pourrait influencer sa biodisponibilité dans le milieu.

Le zinc

Ce métal est reconnu par sa toxicité pour les organismes aquatiques [37] bien qu'il soit indispensable à l'activité de certaines enzymes. Des teneurs moyennes maximales de 680 et 850ppm sont enregistrées respectivement chez les Gambusies du lac et de l'estuaire. Elles sont 2 à 3 fois égales à celles des témoins. La contamination est significativement élevée au niveau de l'estuaire pendant les campagnes des mois de décembre, mars et septembre, mais pour celle du mois de juin la contamination des Gambusies est plutôt élevée au niveau du lac, probablement pour des raisons climatiques. En effet, pendant l'été la concentration des micropolluants a tendance à augmenter dans le milieu lacustre par manque de précipitations et par excès d'évaporation d'autant plus que le milieu est fermé. En comparaison avec les teneurs enregistrées par [30] chez les poissons de l'estuaire, les teneurs chez les Gambusies sont plus importantes, elles sont multipliées par un facteur de 1,4 à 2. La présence du zinc à des teneurs aussi élevées pourrait être attribuée à l'effet des rejets domestiques, industriels et agricoles. Les travaux d'aménagement et de construction peuvent aussi contribuer à la contamination de ces milieux suite à la mobilisation facile du zinc par altération des roches.

Le manganèse

La contamination des Gambusies estuariennes et lacustres est appréciable par cet élément dont les teneurs sont égales à 2 à 2,5 fois celles des témoins. Les variations des teneurs entre les poissons lacustres et ceux estuariens ne sont pas significatives sauf pour la campagne de juin où les teneurs sont relativement importantes chez les poissons lacustres et dont les facteurs climatiques sont à l'origine de

cette augmentation. Quant aux variations saisonnières des teneurs, elles ne montrent aucune différence significative pour cet élément.

Le chrome

Deux pics anormalement élevés (110 et 38ppm) ont été enregistrés chez les Gambusies de l'estuaire pendant la campagne de décembre, dus certainement aux rejets chromiques ponctuels de la tannerie installée sur la rive de l'estuaire. Pour les autres campagnes et les autres sites, les teneurs sont de moindre importance ne dépassant pas 20ppm. Les apports amont et les eaux résiduelles d'une unité industrielle de textile située près du lac, contiennent aussi des quantités non négligeables en éléments chromiques.

4. Discussion

Les travaux antérieurs réalisés sur le lac Fouarat [28] et sur l'estuaire de Sebou [29] ont mis en évidence une contamination métallique des eaux et des sédiments, dominée le plus souvent par les métaux les plus toxiques tels le mercure, le plomb et le chrome. D'autres travaux ayant fait l'objet d'une étude sur la bioaccumulation et la distribution tissulaire des éléments métallique chez la faune ichtyologique de l'estuaire de Sebou [30, 31] ont confirmé l'effet de la micropollution sur les poissons et les risques toxicologiques induits. Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de l'impact de l'activité anthropique sur la qualité des hydrosystèmes de la région du Gharb à travers le suivi des teneurs métalliques chez *G. holbrooki*, choisie pour sa capacité de concentrer les polluants inorganiques et pour son abondance dans ces milieux.

A travers les résultats obtenus, les Gambusies s'avèrent de bons indicateurs de la pollution métallique. En effet, les concentrations métalliques des Gambusies aussi bien du lac que de l'estuaire sont significativement élevées par rapport à celles des témoins, une contamination imputable aux rejets industriels, domestiques et agricoles

permanents, chargés en éléments métalliques à l'exception du cuivre qui a montré des contaminations chroniques et de moindre importance.

Par ailleurs, comparés aux poissons de l'estuaire, les Gambusies ont témoigné d'une contamination métallique plus importante parfois multipliée par rapport aux références par un facteur de 3 voire de 4 pour certains éléments. Une différence qu'on pourrait attribuer à certaines caractéristiques propres aux Gambusies telles que leur taille, leur mobilité, leur biotope et leur régime alimentaire. Ce petit poisson sédentaire, long de 3 à 6cm selon le sexe, à régime omnivore, se nourrissant de détritiques organiques, de phytoplancton et de larves, colonisant en particulier les milieux calmes, pollués et riches en larves d'anophèles [16], ne peut qu'être la cible idéale d'une contamination et d'une bioaccumulation des métaux. En effet, [38] ont suggéré l'existence de corrélation entre la tolérance des organismes aquatiques et le degré de contamination des sites de prélèvement. Le mode de contamination est aussi à prendre en considération pour évaluer la contamination. Cependant, Des divergences peuvent apparaître quant à l'interprétation des résultats dans la mesure où les teneurs sont sous estimées lorsque l'évaluation se fait sur le corps entier plutôt que sur un organe donné. L'importance des teneurs enregistrées chez les Gambusies de l'estuaire par rapport à celles des autres poissons relève probablement d'une adsorption par les branchies principal organe en contact direct avec les polluants organiques [39] et inorganiques [40]. Comme a pu le constater [10] chez la langouste, les concentrations les plus élevées en métaux, sont enregistrées aux niveaux des branchies, essentiellement par adsorption. [31] a observé chez la sole (*Solea vulgaris*) et le sar (*Diplodus sargus*) de Sebou une bioaccumulation de métaux plus importante plutôt au niveau des gonades puis des branchies et des autres organes.

Pour la comparaison des niveaux de contamination entre les Gambusies du lac et celles de l'estuaire, les résultats statistiques reportés sur le tableau 1 montrent que les différences sont significativement élevées pour le zinc, le fer et le chrome ($P_{(SF-SS)} < 0.05$) pour toutes les campagnes, excepté pour celle du mois de mars. Cette contamination

prononcée au niveau de l'estuaire est due d'une part, à l'effet de la dynamique marégraphique [25] qui favorise la remise en suspension de certains éléments métalliques qui adhèrent à la surface de l'organisme et des branchies, et d'autre part à la nature des rejets intra estuariens notamment ceux des tanneries riches en chrome, sans toutefois négliger les apports latéraux d'origine agricole. En revanche, les Gambusies du lac montrent une contamination par le plomb plus importante que celle de l'estuaire. Ce métal, dont l'origine est sans doute liée aux rejets des unités de traitement de surface, des activités artisanales (poterie) et surtout des rejets sauvages des vidanges de moteurs de véhicules, pratique très courante sur le site, contribue aussi à la dégradation de la qualité de ce milieu.

5. Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer l'impact de l'activité anthropique sur la qualité du lac Fouarat et de l'estuaire de Sebou qui ne cesse de se détériorer. Les Gambusies s'avèrent de bons indicateurs de la pollution métallique dans ces milieux, abritant des charges corporelles importantes en plomb, zinc, chrome, fer et cuivre. La comparaison de la contamination entre les deux écosystèmes a permis de dégager des différences aussi bien quantitatives que qualitative qui dépendent de la nature des rejets et de la dynamique des milieux. Les variations saisonnières ressenties principalement au niveau du lac, ne sont pas sans influence sur la contamination. Une prédominance du plomb, du zinc et du manganèse a été enregistrée pendant l'été au niveau du lac. Au niveau de l'estuaire, ce sont le chrome, le fer et le cuivre qui prédominent.

A des niveaux de contamination aussi élevés chez ce poisson, le risque de contamination de la nappe phréatique qui aliment toute la région en eau potable n'est pas exclu. L'irrigation courante des parcelles agricoles avec les eaux contaminées du lac comporte aussi des risques qu'il convient d'éviter et surtout d'évaluer.

Références

- [1] - A. RAYMS-KELLER, K. E. OLSON, M. MCGAW, C. ORAY, J. O. CARLSON and B. J. BEATY, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 39 (1998) 41-47
- [2] - W. J. LANGSTON, G. R. BURT, and N. D. POPE, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48 (1999) 519-540
- [3] - L. D. ZWEIG, C. F. RABENI, *Journal of the North American Benthological Society*, 20 (4) (1999) 643-657
- [4] - W. J. ADAMS, R. A. KIMERLE and J. W. BARNETT, *Environ. Sci. Technol.*, 26 (1992) 1865-1878
- [5] - C. O. ERMOSELE, I. C. ERMOSELE, S. A. MUKTAR AND S. A. BIRDLING, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 54 (1995) 8-14
- [6] - R. S. H. YANG and E. J. RAUCKMANN, *Toxicology*, 47 (1987) 15-34
- [7] - J. F. Chiffolleau, D. Auger, E. Chartier, P. Michel, I. Truquet, A. Ficht, J-L. Gonzalez and L. Romana, *Estuaries*, 24 (6B) (Special issue) (2001) 1029-1040
- [8] - B. VAN HATTUM, G. KORTHALS, N. M. VAN STAALLEN, H. A. J. GOVERS and E. N. G. JOOSSE, *Water Res.*, 27 (1993) 669-684
- [9] - P. T. S. WONG, D. G. DIXON, *Environ. Toxicol. Wat. Qual.*, 10 (1995) 9-17.
- [10] - G. ALLINSON, L. J. LAURENSEN, G. PISTONE, F. STAGNITTI and P. L. JONES, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 46 (2000) 117-123
- [11] - [11]- J. BURGER, K. F. GAINES, C. S. BORING, W. L. STEPHENS, J. SNODGRASS, C. DIXON, M. MC MAHON, S. SHUKLA, T. SHUKLA and M. GOCHFELD, *Environ. Res.*, 89 (2002) 85-97
- [12] - D. COSSA, *Oceanologica acta*, 12 (4) (1989) 417-432
- [13] - B. S. MOHAN and B. B. HOSETTI, *Environ. Res.*, 81(1999) 259-274
- [14] - A. ROSSO, M. LAFONT and A. EXINGER, *Annl. Limnol.*, 29 (3-4) (1993) 295-305
- [15] - B. WIDIANARKO, C. A. M. VAN GESTEL, R. A. VERWEIJ and N. M. VAN STRAALLEN, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 46 (2000) 101-107

- [16] - F. G. MARGARITORA, O. FERRARA and D. VAGAGGINI, *Journal Limnol.*, 60 (2) (2001) 189-193
- [17] - A. BISAZZA and G. MARIN, *Ethol. Ecol. Evol.*, 7 (1995) 169-183.
- [18] - A. BISAZZA and A. PILASTRO, *J. Fish Biol.*, 50 (1997) 397-406
- [19] - S. BLANCO, S. ROMO, M. VILLENA, *Inter. Rev. Hydrobiol.*, 89 (3) (2004) 250-262
- [20] - [BOUDOU, A. DELARCHE, F. RIBEYRE and R. MARTY, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 22 (1979) 813-818
- [21] - W. A. HOPKINS, C. P. TATARA, H. A. BRANT and C. H. JAGOE, *Environ. Toxicol. Chem.*, 22 (3) (2003) 586-590
- [22] - C. J. LEE, M. C. NEWMAN and M. MULVEY, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 22 (3) (1992) 284-287
- [23] - M. C. NEWMAN and S. V. MITZ, *Aquatic Toxicol.*, 12 (1988) 17-32
- [24] - H. NASSALI, H. BEN BOUIH, A. SRHIRI and M. DHAHBI, *Afrique Science*, 01(1) (2005) 145-165, <http://www.afriquescience.org>
- [25] - L. BENNASSER, M. FEKHAOUI, J. L. BENOIT-GUYOD and G. MERLIN, *Water Res.*, 31 (4) (1997) 859-867
- [26] - IAEA, Report N° 36 (1987)
- [27] - D. BEAUVILLIER, Programmes d'application SAS pour l'analyse des données. Québec, SMG (1995) 57-130
- [28] - H. BENBOUIH, Thèse Doct. Univ. Ibn Tofaïl (2000) 147 p.
- [29] - L. BENNASSER, M. FEKHAOUI, O. MAMELI and P. MELIS, *Annali di chimica*, 90 (2000) 637-644
- [30] - M. BOUACHRINE, M. FEKHAOUI, L. BENNASSER and L. IDRISSE, *Acta hydrobiol.*, 40 (3) (1998) 173-179
- [31] - O. BENKIRANE, Thèse Doct. Etat, Univ. Ibno Tofail. (2002) 180 p.
- [32] - P. E. BODY, G. INGLIS, P. R. DOLAN and D. E. MULCAHY, *Critical Reviews in Environmental Control*, 20 (1991) 299-310