

Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire de l'Oued Oum Er Rbia (côte atlantique, Maroc)

Yassir Benabdallaoui¹, Mohamed Chlaida¹ et Mohamed Zabari²

1 - Laboratoire d'Ecologie et d'Environnement, Faculté des Sciences Ben Msik B.P. 7955, Sidi Othmane Casablanca.

2 - Laboratoire de Biochimie, Faculté des Sciences Ben Msik B.P. 7955, Sidi Othmane -Casablanca

Résumé. Les variations spatio-temporelles de quelques paramètres physico-chimiques (pH, Température, Salinité, Oxygène dissous, Ortho phosphates et Azote nitreux) et des teneurs des sédiments en métaux traces (Fe, Zn, Cu, Cr, Pb et Cd) ont été étudiés au niveau de l'estuaire de l'Oued Qum Er Rbia en relation avec les rejets d'eaux usées et avec l'aménagement hydraulique local.

Les résultats obtenus montrent qu'au niveau de la station où se déversent les rejets d'eaux usées de la ville d'Azemmour, on assiste à une augmentation des concentrations en orthophosphates, une diminution des teneurs en oxygène dissous et une légère baisse du pH des eaux. La salinité, quant à elle, reste relativement élevée dans cet estuaire et ne subit de diminution importante qu'en période de lâchés de barrages en amont provoquant un débordement des eaux sur la digue du barrage Sidi Daoui situé à 14 Km de l'embouchure de l'Oued.

Les concentrations en métaux traces des sédiments sont plus importantes au niveau des stations les plus proches des rejets d'eaux usées brutes provenant du collecteur principal de la ville d'Azemmour. Ailleurs, les taux métalliques restent relativement plus faibles sauf pour le Plomb qui atteint des teneurs particulièrement élevées au voisinage du pont de la route d'El Jadida - Casablanca liées vraisemblablement à une pollution due au grand trafic routier à ce niveau.

Il ressort de ces résultats que si les taux des éléments métalliques restent généralement plus faibles au niveau de cet estuaire en comparaison avec d'autres estuaires marocains ou mondiaux plus pollués, l'aménagement hydraulique du cours d'eau et la mise en place du barrage de Sidi Daoui non loin de son embouchure a toutefois limité les apports en eaux fluviales et par conséquent diminué son pouvoir d'évacuation des polluants tout en favorisant son ensablement.

Mots clé: Estuaire, eaux usées, qualité, Sédiments, Métaux, Contamination

Impact of the hydraulic planning on the waters and sediments quality of the ouedi Oum Er Rbia estuary (Atlantic coast, Morocco)

Abstract. The spatio-temporal variations of some physical and chemical parameters (pH, Temperature, salinity, dissolved Oxygen, Ortho phosphates and nitrous Nitrogen) and the contents of the metals traces sediments (Fe, Zn, Cu, Cr, Pb and Cd) have been studied to the estuary of the ouedi Qum Er Rbia in relation with the wastes waters and with the local hydraulic planning. The results show that in the polluted stations with wastes waters of the Azemmour city, an increase of the concentrations in ortho phosphates, a reduction of the contents in dissolved oxygen and a light decrease of the pH. of waters. The salinity, as for it, remains relatively elevated in this estuary and doesn't undergo an important reduction that in period of draining of the dam upstream provoking an overflow of waters on the the dam Sidi Daoui situated to 14 Km of the mouth of the ouedi.

The metal contents of the sediments are more important to the level of the nearest stations of the dismissals of raw worn-out waters coming from the main collector of the city of Azemmour. Elsewhere, the metallic rates remain relatively weaker safe for the Lead that reaches particularly elevated contents in the neighborhood of the bridge of the road of Jadida El - Casablanca bound presumably to a pollution due to the big road traffic to this level.

He/it is evident from these results that if the rates of the metallic elements remain generally weaker to the level of this estuary in comparison with other Moroccan or foreign estuaries more polluted, the hydraulic planning of the river and the setting up of the dam of Sidi Daoui no far from his/her/its mouth limited the contributions however in fluvial waters and decreased his/her/its power of evacuation of the pollutants therefore while encouraging his/her/its blinding.

Key words: Estuary, worn-out waters, quality, sediments, metals, contamination

INTRODUCTION

Les estuaires et les zones paraliques en général sont des milieux à grande importance écologique et économique. Cependant, ce sont des milieux où l'activité humaine est intense conduisant au déversement de divers types de polluants ou à la mise en place d'aménagements qui perturbent le fonctionnement naturel de ces écosystèmes. Nombreux polluants organiques et divers oligo-éléments métalliques introduits dans ces milieux aquatiques sont susceptibles de se concentrer chez les végétaux et les animaux à des niveaux parfois considérablement plus élevés que leurs taux enregistrés au niveau du biotope (eaux et sédiments) et peuvent donc entraîner des problèmes d'ordre écologique, sanitaire et économique (Amiard-

Triquet, 1989 & Bryan & Langston, 1992). Dans les estuaires marocains, plusieurs auteurs ont mis en évidence de telles contaminations (CHeggour, 1988; Dahbi, 1989; Seghrouchni, 1995; Kaimoussi, Bennisser, et al 2000; et Belbachir, 1997) dues aux importantes activités domestiques et industrielles que connaît la côte marocaine.

Un diagnostic plus complet de la situation actuelle de la pollution et un suivi rigoureux de son évolution, s'avère d'une grande nécessité pour la sauvegarde de ces écosystèmes littoraux. C'est dans cette perspective que s'inscrit notre travail qui consiste à étudier de l'impact des eaux usées de la ville d'Azemmour et du barrage Sidi Daoui sur la qualité des eaux de l'estuaire de l'oued Oum Rbia et sur la contamination métallique de ses sédiments.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

L'estuaire de l'Oued Oum Er Rbia est situé sur la côte atlantique marocaine à 17 Km au Nord de la ville d'El Jadida et tout près de la petite ville d'Azemour installée sur la rive gauche de son embouchure. Orienté Est - Ouest et d'une longueur initiale de presque 25 Km, cet estuaire ne se répand plus qu'à 14 Km de son embouchure suite de la mise en place d'une digue limitant le mélange direct entre les eaux marines et les eaux douces. Sa largeur est variable selon les zones, toutefois, ses berges restent moins développées que celles d'autres estuaires comme le Sebou ou le Bouregreg (Figure 1).

L'estuaire repose sur des terrains quaternaires du type argileux mélangé avec du sable. Le climat est du type semi aride à hiver tempéré et doux. Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 395 mm et la moyenne des températures annuelles oscille autour de 17° C mais elle peut atteindre des valeurs maximale et minimales respectivement égales à 8,2 °C et 25,5 °C.

En plus du barrage de Sidi Daoui, d'autres types d'actions anthropiques ont profondément changé les conditions naturelles de ce milieu, entre autres:

Les rejets des eaux usées d'origine domestique provenant de l'émissaire principal et des autres égouts secondaires de la ville d'Azemour.

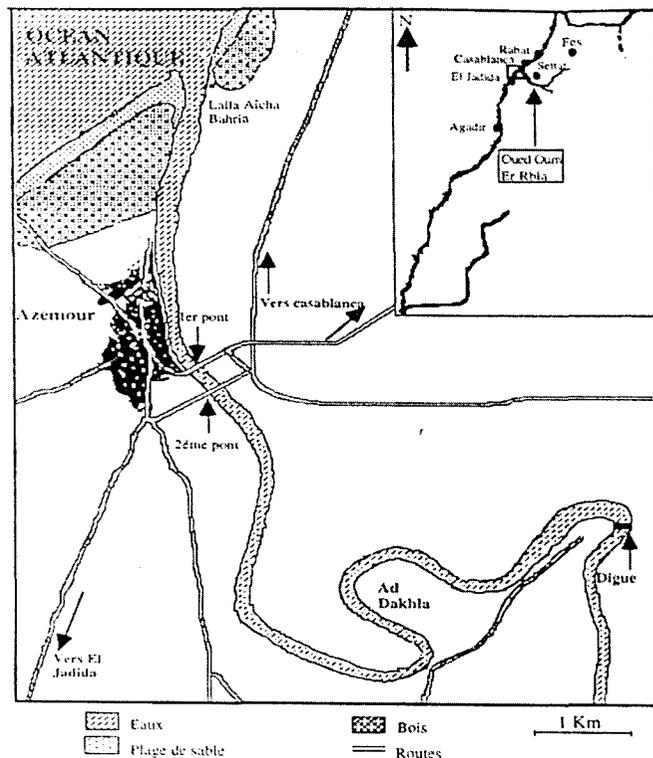


Figure 1 -Milieu d'étude

Les rejets solides et liquides émanant des unités d'industrie agro-alimentaire localisées au voisinage de la ville d'Azemour.

Les infiltrations des eaux chargées en pesticides et en engrais d'origine agricole abondantes particulièrement en amont de l'estuaire.

Stations d'étude

Le choix des stations est basé sur leur accessibilité et leur représentativité du milieu en rapport avec les différentes sources de pollution (Figure 2).

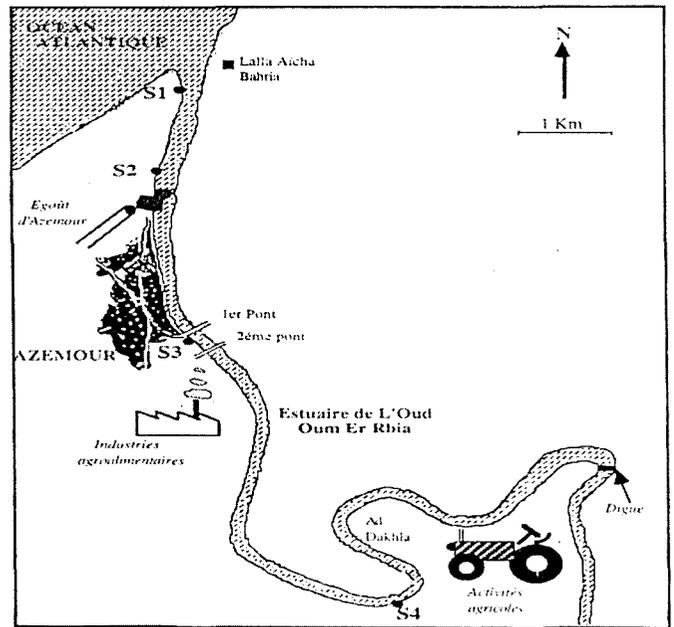


Figure 2-Stations d'étude

- Station S1 : C'est une station localisée à 400 m de la mer en face du marabout Lalla Aïcha Al Bahria Elle constitue la station estuarienne la plus influencée par la mer.

- Station S2 : Elle se situe à 200 m en aval du point des rejets de l'égout de la ville d'Azemour et à 2 Km de la mer. Sa prospection permet de voir l'influence des rejets domestiques sur la qualité des eaux de l'estuaire.

- Station S3 : Elle se trouve entre les deux ponts d'Azemour à 4,5 Km de la mer.

Cette station se localise juste en aval de quelques unités d'industrie agro-alimentaire de traitement des fruits et des légumes.

- Station S4 : Cette station se trouve dans la région de Dekhla à 9 Km de l'embouchure.

Elle est relativement plus éloignée des sources de pollution urbaine et peut ainsi constituer un témoin de l'impact de ces sources sur la qualité de l'eau. Cette région se caractérise également par une importante activité agricole sous serres.

Prélèvement des eaux et mesure des facteurs physico-chimiques.

Les prélèvements d'eau sont effectués mensuellement à marée basse durant le cycle annuel 1996 -1997. Les échantillons d'eau sont prélevés près du bord, à 20 cm de la surface et à l'aide de bouteilles en plastique préalablement

rincées à l'eau de la station. Ils sont ensuite gardés à une température de 4°C et transportés ainsi jusqu'au laboratoire.

Les paramètres ayant fait l'objet de mesure in situ sont la température, le pH et l'oxygène dissous tandis que la salinité et les sels nutritifs (Nitrites et Ortho-phosphates) sont dosés au laboratoire respectivement soit par volumétrie ou par colorimétrie. Le matériel de mesure et les méthodes d'analyse utilisées pour cette étude figurent dans le tabl I.

Tableau I. Méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques

Paramètres	Méthodes d'analyses
Température	Thermomètre
pH	pH-mètre portable de type WTW -LF9
Oxygène dissous	Méthode de Winkler (Rodier, 1986)
salinité	Méthode au AgNO ₃ (Rodier, 1986)
Orthophosphates	Méthode au Molybdate d'ammonium (Aminot)
Nitrites	Chaussepied, 1993) Méthode au Sulfanilamide (Aminot et Chaussepied, 1993)

Minéralisation et dosage des métaux traces

Dans les sédiments prélevés au niveau des différentes stations d'étude, le dosage des métaux traces est effectué sur la fraction fine à diamètre des particules inférieur à 50 µm. Pour cela, les sédiments sont tout d'abord séchés à 120°C pendant 48h, broyés dans un mortier et tamisés dans un tamis à vide de maille inférieur à 50 µm (CHeggour, 1988). La minéralisation est ensuite effectuée par attaque acide en utilisant l'acide nitrique et l'acide perchlorique (1/1) et en laissant évaporer jusqu'à consistance pâteuse. On reprend le résidu par l'acide nitrique concentré puis on le filtre sur papier dans des fioles de 25 ml avec de l'eau distillée. Les filtrats obtenus sont analysés par dosage au spectrophotomètre d'absorption atomique équipé de lampe de correction deutérium.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le suivi des paramètres physico-chimiques au niveau des eaux de l'estuaire permet de détecter l'influence des différents facteurs anthropiques sur leur qualité alors que l'évolution des moyennes annuelles des teneurs en métaux traces des sédiments chaque station renseigne sur le degré de leur contamination métallique ainsi que sur la biodisponibilité des métaux. Cette biodisponibilité est liée à leur abondance dans l'environnement, au mode de nutrition des organismes vivants qui les absorbent et à la

forme chimique sous laquelle ces métaux se présentent dans le milieu (Bryan, 1984). Parmi les métaux que nous avons dosés, le Fe, le Zn et le Cu sont des oligo-éléments essentiels au métabolisme normal de la plupart des organismes vivants, mais en excès ils deviennent toxiques. Quant au Cd, Pb et Cr ils n'ont pas de fonctions physiologiques connues et exerceraient uniquement des effets néfastes sur les êtres vivants (Metayer & Coll., 1985).

Caractéristiques physico chimique des eaux (Figure 3)

Selon les stations d'étude, les valeurs moyennes annuelles des différents paramètres mesurés montrent que:

Les températures des eaux de l'estuaire restent relativement constantes et oscillent généralement entre 20 et 21° C. Ces Valeurs sont toutefois assez élevées par rapport à celle des estuaires des régions tempérées mais comparables aux valeurs signalées par CHeggour (1988) au niveau de l'estuaire de Bouregreg. Il semble que le faible volume des eaux présent dans l'estuaire à marée basse, la formation d'un bouchon sablo vaseux au niveau de l'embouchure et la diminution des apports fluviaux après aménagement hydraulique du bassin versant du cours de son cours d'eau et la construction de la digue du barrage Sidi Daoui ont provoqué la réduction de la hauteur des eaux et donc son réchauffement par le rayonnement solaire.

La salinité reste élevée le long de l'estuaire et ne diminue pas généralement, en dessous de 28 g/l enregistrée au niveau de la station S4. L'installation de la digue du barrage Sidi Daoui a limité considérablement les apports en eaux fluviales et entraîné une dominance totale de l'hydrodynamique marine et par conséquent une sur salinité des eaux estuariennes. Ce même constat, également signalé par CHeggour (1988) au niveau de l'estuaire de Bouregreg, ne change que lors des lâchers temporaires des barrages Daourat et Imfout situés en amont de l'estuaire

Le pH et la quantité d'oxygène dissous varient dans le même sens puisqu'ils sont intimement liés par les réactions de photosynthèse et de respiration. Les valeurs de ces deux paramètres restent relativement élevées le long de l'estuaire sauf au niveau de la station S2 où on assiste à une légère sous oxygénation des eaux (7,35 mg/l). Cette diminution de la quantité d'oxygène dissous est liée aux apports des rejets d'eaux usées provenant du collecteur principal des égouts de la ville d'Azemour.

Ceci se confirme au niveau des teneurs en ortho phosphates des eaux qui atteignent jusqu'à 0,35 mg/l en S2 et seraient liées aux grandes quantités de matière organique déversées à ce niveau. Ces matières sont par la suite soumises à une dégradation par la flore bactérienne entraînant ainsi une consommation d'oxygène. On note que l'apport en ortho phosphates par l'émissaire de la ville d'Azemour atteint jusqu'à 5,08 mg/l

Les teneurs en nitrites varient généralement entre 0,08 et 0,15 mg/l et sont plus importantes au niveau de la station S4 atteignant parfois les 0,14 mg/L. Cette augmentation des concentrations en nitrites de cette station serait due aux importantes activités agricoles sous serres présentes dans cette zone et qui utilisent les engrais azotés pour la fertilisation des cultures.

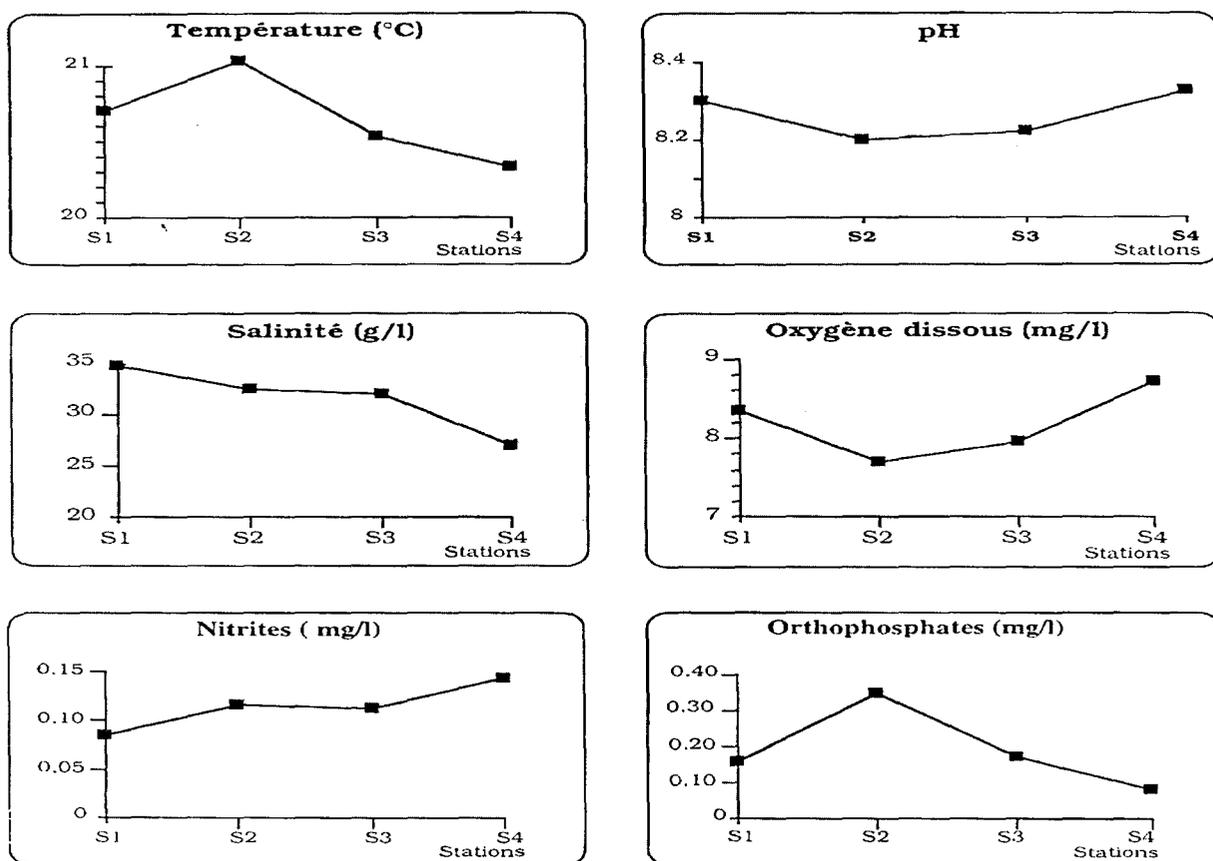


Figure 3-Variations spatiales des paramètres hydrochimiques

Contamination métallique des sédiments (Figure 4)

D'une manière générale, les analyses métalliques des échantillons prélevés au niveau des différentes stations révèlent la présence de concentrations détectables par nos moyens d'analyse. Les concentrations moyennes les plus élevées sont celles du Fer (plus de 6500 ppm en S3) suivi du Zn (65,5 ppm en S2), le Cu (15,5 ppm en S3), le Pb (13,25 ppm en S3), le Cr (12,25 ppm en S1) et le Cd (0,65 ppm en S1 et S2). Les stations S2 et S3 présentent donc les taux les plus élevés en éléments métalliques

notamment dans le cas du Cu, Pb, Zn et Fe en comparaison avec la station S4 localisée plus amont de l'estuaire. Cet enrichissement en éléments métalliques, déjà rapportées par Cheggour (1988) au niveau de l'estuaire de Bouregreg, et Bennasser et al suggère la présence d'une pollution liée aux apports des anthropogéniques rejets d'eaux usées de la ville d'Azemour qui se déversent au voisinage des stations S2 et S3. Ces constatations rejoignent celles de Lauenstein et Dolvin (1992) qui rapportent que le Cu, Pb, Zn, et Fe sont des métaux caractéristiques de la pollution de type urbaine.

Tableau II- Comparaison des teneurs métalliques de l'estuaire de l'Oued Oum Rbia avec d'autres estuaires marocains et mondiaux.

Nom de l'estuaire	Cu	Zn	Fe	Cr	Pb	Cd	Référence
Estuaire de la Loire	6	118			25	0,22	Amiard J.C. (1987)
Piotr Szefer (1990) Tyne (UK)	92	421	28206	46	187	2,17	Bryan et coll. (1991)
Harnble (UK)	31	259	28132	37	89	0,34	Bryan et coll. (1991)
Solway (UK)	7	59	14816	30	25	0,23	Bryan et coll. (1991)
Retronguet Creek (UK)	2398	2821	49071	32	341	1,53	Bryan et coll. (1991)
Basse Moulouya	5,5-17,5	63-244	1163-1248		0-39	1,7-3,75	Rahhou J. (1995)
Bouregreg	4-30	100-430	10000-50000	10-100	12,5-108		Cheggour (1990)
Estuaire Oum Rbia	8,8-14,75	39,8-66,7	6416-6688	17,1-22,6	2,76-13,24	0,49-0,76	Présent travail

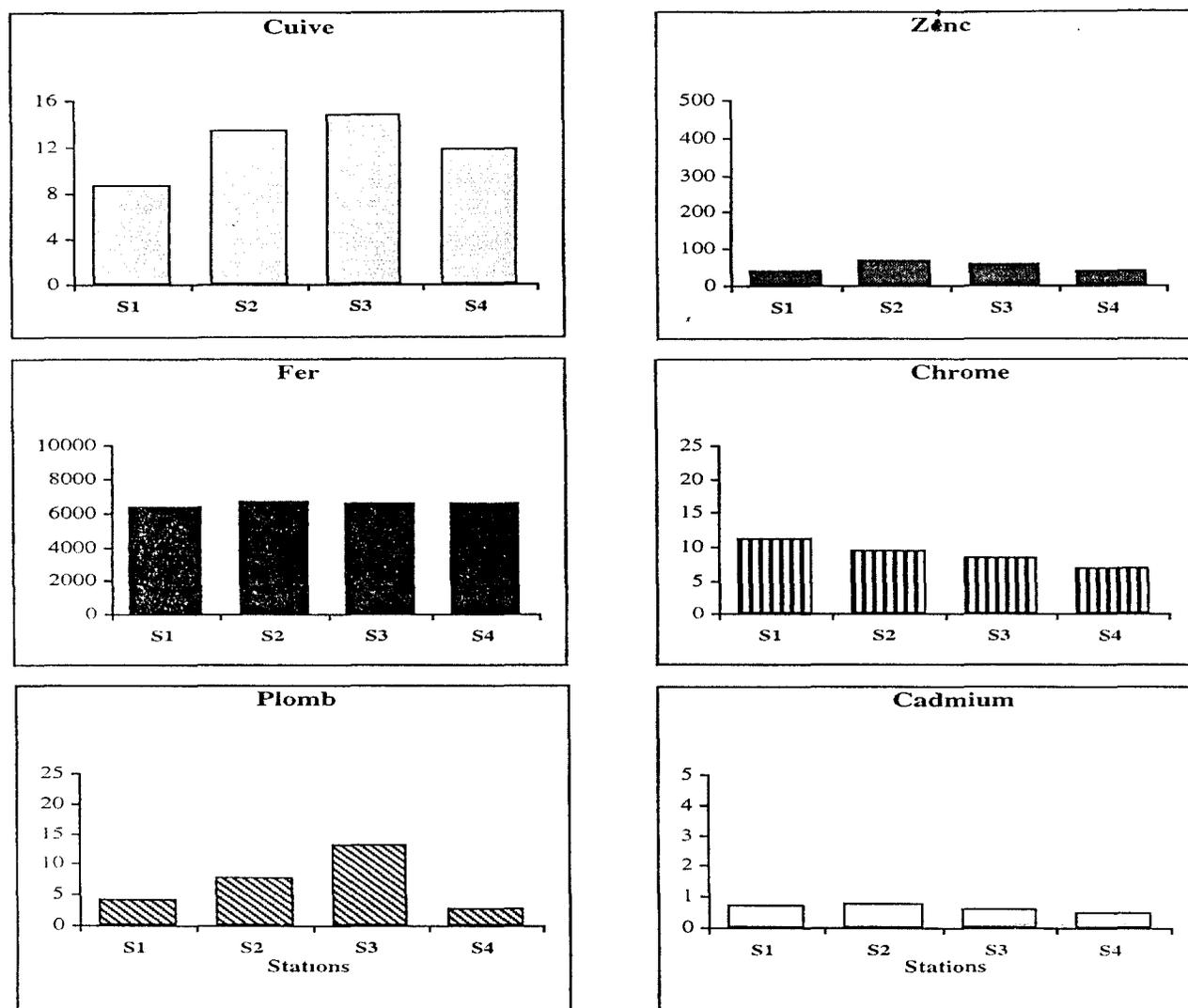


Figure 4-Variations spatiales des teneurs métalliques des sédiments (mg/kg)

Quant aux concentrations élevées du Pb surtout au niveau de la Station S3, il semble qu'elles soient liées au grand trafic routier à travers le pont de la ville d'Azemour. Le plomb utilisé comme antidétonant dans les carburants des moteurs des véhicules est libéré directement dans l'atmosphère par les tuyaux d'échappement et les sédiments de l'estuaire se contamineraient directement par les retombées atmosphériques ou de manière indirecte après lessivage des routes par les eaux de pluie.

Le Cd quant à lui constitue une source de pollution plutôt d'origine industrielle (peintures, batteries...) ou agricole vu ses concentrations parfois élevées dans les engrais (Patin, 1982). Dans l'estuaire de l'Oued Oum Er Rbia, les concentrations de cet élément sont relativement importantes en S1 et S1 par rapport aux eaux naturelles où Urekian (1962) (*in* Dahbi, 1988) rapporte un taux maximal de 0,3 ppm.

Nos résultats laissent supposer la présence d'une source de contamination de l'estuaire par le Cd localisée du côté de la mer qui serait liée à un apport d'eaux contaminées

provenant de l'émissaire de l'industrie des phosphates qui se rejette au niveau de Jorf Lasfar.

CONCLUSION

A la lumière des résultats obtenus au niveau des paramètres physico-chimiques mesurés dans l'eau et de la charge métallique des sédiments, on constate l'existence d'une dégradation de la qualité des eaux et d'une contamination métallique de l'estuaire de l'oued Oum Rbia particulièrement au niveau de la zone soumise aux rejets d'eaux usées provenant de la ville d'Azemour.

La comparaison de la contamination métallique de l'estuaire de l'oued Oum Rbia avec d'autres estuaires marocains et mondiaux (Tab.II) montre que celle-ci reste moins grave en raison du faible degré de développement socio-économique de la ville d'Azemour pouvant générer des pollutions plus importantes.

Néanmoins, la mise en place du Barrage Sidi Daoui a diminué les capacités de l'estuaire à évacuer les polluants car la dynamique fluviale est devenue très faible par rapport

à celle de la mer. Ces changements hydrodynamiques, qui ont déjà provoqué une sur salinité des eaux de l'estuaire, pourraient être à l'origine de son confinement par ensablement massif de son embouchure. Ceci risque d'entraîner une accentuation de la contamination de ce

milieu par les métaux traces et autres types de polluants. Un suivi minutieux de l'évolution de cette pollution s'avère d'une grande nécessité pour sauver et protéger cet écosystème, préserver ces potentialités bioécologiques et améliorer l'état de santé de la population riveraine.

Références

- Amiard- Triquet, C. (1989).- Bioaccumulation et nocivité relatives de quelques polluants métalliques à l'égard des espèces marines. *Bull. Ecol.*, T.20, 2, 129 - 151A.
- Aminot, A. & Chaussepied, M. (1993).- *Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Ouvrage du Centre National pour l'Exploitation des Océans*, 395p.
- Belbachir, C. (1997).- *Contribution à l'étude de la pollution bactérienne et métallique du littoral méditerranéen du Maroc Oriental (cas de l'embouchure de la Moulouya)*. Thèse 3° cycle, Univ. Mohamed 1er, Fac. Sc., Oujda, 145p.
- Benasser, L. Fekhaoui, M. Mameli, D. & Melis, P. 2000 – Assesment of the metals contannuation of the Low Sebou Sediments (Marocco). *Annali di chimica*, 90,637, 644.
- Bryan, G. W. (1984).- *Pollution due to heavy metals and theirs compounds*. Marine Ecology, Ed. O. Kinn., J. Wiley and Sons, London, 1289 - 1431.
- Bryan, G. W. & Langston, W.J. (1992).- Bioavailability, accumulation and effects heavy metals in sediments with special reference to United Kinkdom estuaire. *Environmental Pollution*, 76,89 - 131.
- Cheggour, M. (1988).- *Contribution à l'étude d'un milieu paralique: l'estuaire de Bouregreg (côte atlantique marocaine); conditions écologiques globales et étude de la contamination métallique*. Thèse 3° cycle, E.N.S. Takadoum - Rabat, 337 p.
- Dahbi, N. (1989).- *Contribution à l'étude d'un milieu paralique: l'estuaire de Bouregreg (côte atlantique marocaine); Hydrologie, Hydrodynamique et Pollution métallique*. Thèse 3° cycle, E.N.S. Takadoum - Rabat, 150 p.
- Kaimoussi, A. (1996).- *Étude de la variabilité de l'accumulation des métaux lourds dans les différents compartiments (sédiment, mollusques et algues) du littoral de la région d'El Jadida*. Thèse de 3° cycle, Un. Chouaib Doukkali, Fac. Sc. El Jadida, 147p.
- Lauenstein, G.G. & Dolvin, S.S. (1992).- Mollusk monitoring of United State coastal and estuaire environments. *Analisis Magazine*, V. 20, n06.
- M et A Yer, C. & Coll. (1985).- Facteurs biologiques et écologiques contrôlant le niveau d'éléments traces (Cd, Pb, Cu, Zn) chez les moules et les huîtres de la baie de Bourgneuf. *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France*, Nlle série, T 7, (2), 53 – 69.
- Patin, (1982).- *Pollution and biological ressources of the oceans*. London, Butterworth, 287p.
- Serghouchni, M. (1995).- *Contribution à l'étude écologique et toxicologique des civelles d'Anguilla anguilla de la basse Moulouya*. Thèse 3° cycle, Un. Mohamed 1er, Fac. SC. Oujda, 159p.