

Etude de la contamination métallique des sédiments et des algues de l'Oued Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès (Maroc)

محمد فخاوي، حسين أبو زيد وعلي فوتلان

Mohammed FEKHAOUI, Houcine ABOU ZAID
& Ali FOUTLANE

Mots-clés : Cours d'eau, Pollution, Métaux lourds, Sédiment, Algues, Risques toxiques.

ملخص

التلوث المعدني لرواسب وطحالب وادي سبو نتيجة تأثيرات المياه المستعملة لوادي فاس. درست الكثافة المعدنية والتوزيع الزمكاني لعدة معادن ثقيلة في الرواسب والطحالب الخيطية بعالية وسافلة مدينة فاس نسبة للمياه المستعملة الأهلية منها والصناعية لمدينة فاس وذلك من أجل تقييم درجة تلوث هذا الوسط البيئي وتحديد التمدد المحتمل لهذه العناصر سافلة نهر سبو. وقد أظهرت النتائج المحصل عليها وجود كثافة معدنية مهمة بوادي فاس وكذا بمنطقة وادي سبو الموجودة تحت التأثير المباشر لوادي فاس أخذاً بعين الاعتبار التغييرات الموسمية فالكثافة المعدنية المهمة للرواسب لوحظت إبان التخاريق.

RESUME

Les variations spatio-temporelles des teneurs des principaux métaux lourds (Fe, Al, Zn, Mn, Cu, Pb, Cr, Se, Cd, As) des sédiments et des algues filamenteuses ont été étudiées en amont et en aval de la ville de Fès en relation avec les rejets des eaux usées domestiques et industriels véhiculées par l'Oued Fès.

Le but de ce travail est d'évaluer le degré de contamination de ce milieu et d'estimer l'extension possible de ces éléments au niveau du secteur aval. Les concentrations de tous les éléments considérés sont très importantes dans l'Oued Fès et au niveau de sa confluence avec le cours principal.

Considérant les variations saisonnières de l'ensemble, les teneurs les plus fortes du sédiment sont enregistrées en fin d'étiage (basses eaux), et les plus faibles en période humide en liaison avec le renouvellement et la décontamination du sédiment.

ABSTRACT

The heavy metals contamination of sediments and filamentous alga in the middle Sebou. The concentration and areal distribution of selected heavy metals (Fe, Al, Zn, Mn, Cu, Pb, Cr, Se, Cd, As) in sediments and filamentous alga were studied to determine the degree of contamination of the middle and to assess the extent of anthropogenic input.

Those measures showed a very important metallic contamination in both sediments and filamentous alga, principally in the lowest water level.

INTRODUCTION

L'Oued Sebou, l'un des principaux cours d'eau du Maroc, connaît une forte dégradation par les rejets, sans traitement préalable, des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès. Ses caractéristiques physico-chimiques montrent une forte turbidité, une forte charge organique et des déficits importants en oxygène dissous, principalement à l'aval immédiat du point des rejets (FEKHAOUI, 1990).

Le fonctionnement de ce système se caractérise par la variabilité saisonnière et même annuelle de l'autoépuration, elle-même gouvernée par le débit de la rivière. Dans cette étude, certains défauts dans la dégradation de la matière organique, et le retard dans

la nitrification, pouvait suggérer la présence de substances inhibitrices de l'activité bactérienne, telles les métaux lourds.

Pour répondre à cette question, nous envisageons ici l'étude de la contamination des sédiments et des algues filamenteuses, qui sont parmi les meilleurs intégrateurs de la micropollution en eau douce (MOUVET, 1986). Ils constituent le principal réservoir de polluants dans le milieu, susceptible d'accumuler et de relarguer ces polluants selon les circonstances. Selon PASTERNAK (1969), les sédiments reflètent dans une grande mesure, les divers processus physico-chimiques ayant eu lieu, non seulement au niveau du milieu aquatique, mais aussi à l'échelle du bassin versant.

MATERIEL ET METHODES

L'Oued Sebou, cours d'eau situé au nord ouest du Maroc (4 à 7°W et 33 à 35° N), prend ses sources dans le Moyen Atlas à 2100 m d'altitude. Le long de son parcours, il traverse des terrains calcaires et marno-calcaires. Au niveau de son cours moyen, il reçoit de la ville de Fès (550 000 habitants) une forte charge minérale et organique véhiculée par l'Oued Fès long de 5 km, véritable égout à ciel ouvert mais dans lequel commence vraisemblablement l'autoépuration de la macropollution (FEKHAOUI & PATTEE, 1993; dans le même numéro). Le secteur étudié a été décrit en détail dans le travail qui vient d'être mentionné. Nous nous limiterons à un résumé de ses caractéristiques.

Le débit de l'Oued Sebou montre deux types de variations, les unes saisonnières avec des hautes eaux hivernales et printanières (30-50 m³/s) suivies d'un étiage prononcé de juillet à octobre (6-10 m³/s), les autres annuelles avec une sécheresse relative de janvier 1984 à décembre 1985 et un retour des pluies pendant la première moitié de l'année 1986 (50-160 m³/s). Un débit minimum de 6 à 8 m³/s est assuré cependant, par les réservoirs du Moyen Atlas. L'Oued Fès suit approximativement le même régime, avec un débit moyen de 1 m³/s.

La température varie entre 13 et 28°C, avec une moyenne de 19 °C. Les matières en suspension (M.E.S.) et la turbidité de l'oued Sebou sont maximales au confluent avec l'Oued Fès et diminuent ensuite, par décantation. Elles peuvent atteindre des valeurs élevées (respectivement 5 g/l et 30 g/l de Si) lors des fortes crues.

En amont du confluent, la composition minérale et organique de l'eau du Sebou témoigne d'une bonne qualité. L'oued Fès apporte des teneurs importantes de sels minéraux et de matières organiques, causant un effondrement de la teneur en oxygène dissous. La situation s'améliore progressivement vers l'aval, en partie par l'autoépuration. Mais la récupération dépend davantage du débit, et notamment du lessivage par les crues. La comparaison avec d'autres cours d'eau soumis à une pression humaine équivalente laisse penser à la présence de substances inhibitrices de l'autoépuration et en particulier de l'ammonification. La constance du pH tout au long du secteur est attribuée à l'effet tampon du complexe carbonate-bicarbonates.

Les stations retenues dans cette étude sont les suivantes (Fig. 1):

- Station A: de référence en amont sur le Sebou,
- Station F: située sur l'Oued Fès, manifestement la plus perturbée et ne renfermant ni algues filamenteuses ni végétaux,

- Stations B, C, D et E: situées sur le Sebou, respectivement à 5, 19, 29 et 40 km en aval de la confluence des deux Oueds.

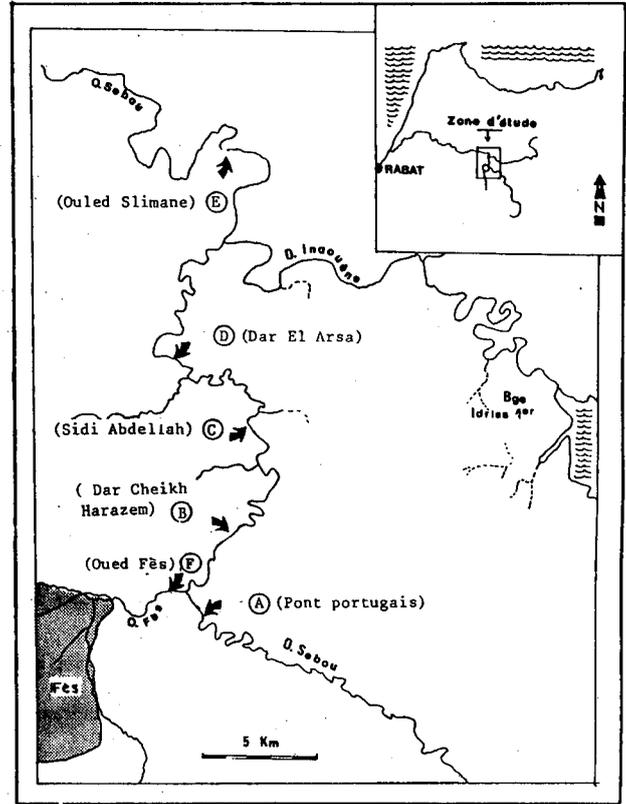


Figure 1: Situation géographique des stations d'étude.

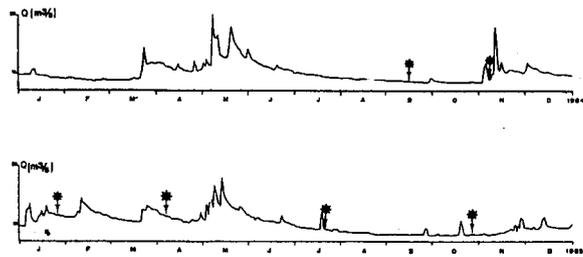


Figure 2: Variations journalières du débit (m³/s) au niveau de l'O. Sebou et localisations des campagnes de prélèvement entre janvier 1984 et décembre 1985.

Plusieurs campagnes de prélèvements simultanés dans les six stations ont été réalisées entre septembre 1984 et juillet 1985, donc pendant la période relativement sèche. Néanmoins, chaque campagne était séparée de la précédente par une ou plusieurs crues d'amplitudes diverses (Fig. 2).

Les sédiments, prélevés dans les zones les plus riches en matériaux fins de chaque station, étaient

chés à 105 °C pendant 24 heures, puis pesés. Après calcination au four à 550 °C pendant 6 heures, les cendres étaient reprises avec un mélange d'acide nitrique et chlorhydrique (2V/1V). Après cessation de tout dégagement de fumée blanche, de l'eau distillée était ajoutée et l'ensemble filtré sur filtre Wattman sans cendre et complété à 100 ml avec de l'eau distillée. Les dosages étaient effectués par spectrométrie d'absorption atomique en flamme essentiellement, et en four pour les faibles concentrations.

Les algues filamenteuses (détermination P. BOURELLY) étaient principalement représentées par *Cladophora glomerata* en amont et tout en aval, avec *Spyrogyra* sp., *Stigeoclonium* sp. et *Rhizoclonium* sp. en situation intermédiaire. Elles étaient lavées abondamment avec de l'eau distillée pour s'assurer de l'élimination de tout corps étranger, puis préparées de la même façon que le sédiment.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats sont représentés dans les tableaux I à V et les figures 3 à 4. Ils témoignent d'une contamination irrégulière et parfois importante.

SEDIMENTS

On constate une grande variation spatiale de sa composition minéralogique et principalement de sa teneur en matière organique mais avec une certaine stabilité dans le temps (tableau I).

Tableau I : Teneurs des sédiments en M.O. (%).

St.	09/84	27/11/84	24/01/85	06/04/85	20/07/85
A	2.0	3.5	1.0	1.0	2.0
B	20.0	12.5	15.0	28.0	30.0
C	-	10.0	15.0	10.0	10.0
D	5.0	7.0	5.0	5.0	5.0
E	-	5.0	5.0	5.0	5.0
F	60.0	60.0	32.0	40.0	50.0

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, les teneurs les plus faibles (1 à 3%) sont celles de l'amont et les plus fortes (30 à 60%) sont celles de l'Oued Fès. La charge organique diminue progressivement en aval du confluent. En fait, la macropollution de Fès se présente en grande partie sous forme de matériaux

insolubles, tels que fibres végétales ou débris animaux qui se décantent ainsi le long de l'Oued Sebou.

Par ailleurs, plusieurs méthodes ont été proposées pour l'évaluation de la contamination métallique d'un site donné. MOUVET (1986) propose 2 facteurs:

- Le facteur de contamination (valeur du site considéré /valeur amont),
- Le facteur de pollution (valeur du site considéré/valeur de référence des sites pollués), bien que toute référence absolue soit difficile à établir, étant donné l'hétérogénéité du sédiment.

Selon BELAMIE & PHELIPPOT(1982), le degré de contamination peut être établi par comparaison aux valeurs de références en calculant pour chaque station un indice I de contamination par métal ($I = \text{teneur métal} / \text{teneur référence} \times 100$) et un indice moyen de contamination ($I_m = I/n$). Cependant, l'interprétation et le choix des teneurs de références sont tributaires d'une parfaite connaissance des valeurs naturelles, difficiles à caractériser en raison de leur grande hétérogénéité liée aux contextes géologiques, aux climats très différents. S'ajoute à ceci les disparités dues aux méthodes analytiques.

A titre comparatif, ont été reproduites dans le tableau II certaines teneurs considérées comme naturelles par plusieurs auteurs.

D'une manière générale, les valeurs du secteur amont de l'Oued Sebou (station A de référence) se situent dans la gamme des teneurs naturelles à l'exception du fer et du manganèse dont les taux relevés montrent, selon certaines références, une sous-estimation de ces deux éléments.

Cependant, tous les graphiques montrent un point amont dépourvu de pollution, et par rapport auquel les concentrations dans l'Oued Fès et dans la suite de l'Oued Sebou sont significativement élevées. Les teneurs maximales se présentent globalement dans l'ordre suivant (Fig. 3 et Tableau III) :

Fe > Al > Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > Se > Cd > As

Tableau II : Comparaison des teneurs de références de l'Oued Sebou (amont) à certaines valeurs de la littérature.

Auteurs	Fe	Mn	Zn	Cu	Al	Pb	As	Se	Cr	Cd
VERNET & al. 1976	-	-	75	25	-	50	-	-	35	0,3
JOHNSON, 1977	-	-	120	26,7	-	28,7	-	-	-	0,7
SERODES, 1978	-	-	100	38	-	6,5	-	-	77	-
FORSTNER & WITTMAN, 1979	-	-	124	30	-	19	-	-	50	0,21
TURKIAN & WEDEPHOL, 1961	46700	850	95	45	-	20	-	0,05-0,17	90	0,30
BOWEN, 1979	-	-	95	33	-	19	-	-	72	0,17
BELAMIE & PHELIPPOT, 1982	-	-	150	25	-	30	-	-	37,5	0,50
MATHIS & CUMMINGS, 1973	-	-	18,41	35-11	-	13-27	-	-	3-7	0,3-0,5
HAKANSON, 1984	107	6,4	210	21,5	-	47	-	-	23	0,83
SYERS & al., 1978	-	-	15	22	-	14	-	-	7	2,5
WALTERS & al., 1974	-	-	7	18	-	-	-	-	13	0,14
ASTON & al., 1975	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-
COLBOURNE & al., 1975	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
SAY & GLANI, 1981	2110	40	19	10	-	-	-	-	-	1,10
Présente étude	19-2150	23-430	50-90	14-40	163-1110	0,5-19	0-0,4	0-1	0,4-1,7	0,005-0,055

Tableau III : Teneurs des sédiments en éléments métalliques (mg/kg de poids sec) lors des différentes campagnes de prélèvements.

Stations	Fe	Mn	Zn	Cu	Al	Pb	As	Se	Cr	Cd
A	80	23	80	n.d	n.d	19.0	0.44	0.25	1.23	n.d
F	9200	270	620	n.d	n.d	370.0	0.57	0.25	65.00	1.10
B	9800	210	260	n.d	n.d	190.0	0.54	0.25	63.00	0.90
C	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
D	9200	210	100	n.d	n.d	100.0	0.56	0.25	46.00	0.56
E	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
A	863	313	50	12.5	163.7	6.1	0.02	0.01	1.70	0.02
F	14062	235	1250	87.5	4000.0	92.5	0.01	0.03	77.50	0.02
B	12375	375	305	57.5	5025.0	38.5	0.02	0.04	51.00	0.02
C	11250	313	355	100.0	2562.0	51.3	0.02	0.04	50.25	0.02
D	3940	60	104	27.0	915.0	22.5	0.02	0.02	29.00	0.01
E	3437	51	30	16.0	1342.5	65.0	0.01	0.01	16.50	0.01
A	1690	430	80	14.0	183.5	0.8	0.00	0.00	0.80	0.04
F	30300	616	320	230.0	7400.0	3.5	0.00	0.06	18.00	0.04
B	20220	460	220	57.0	2430.0	1.4	0.00	0.01	6.00	0.10
C	12000	300	150	66.0	11500.0	1.1	0.00	0.01	0.95	0.06
D	28600	520	190	79.0	3000.0	1.2	0.00	0.04	3.00	0.08
E	21400	460	170	35.0	2430.0	1.0	0.00	0.09	2.50	0.10
A	1685	260	90	18.5	1110.0	0.5	0.01	0.05	0.48	0.01
F	12050	170	455	250.0	n.d	n.d	0.00	0.05	3.00	0.03
B	6950	140	95	20.5	7550.0	0.5	0.00	0.04	0.47	0.02
C	11650	160	110	36.5	8950.0	0.5	0.00	0.05	0.75	0.02
D	16000	205	210	65.0	14508.0	2.5	0.00	0.07	13.00	0.03
E	6400	160	155	48.5	1800.0	0.7	0.00	0.08	0.50	0.01
A	19	325	55	27.0	490.0	8.5	0.01	0.50	1.10	0.34
F	4300	203	700	625.0	475.0	80.0	0.02	3.00	10.50	0.09
B	2162	410	75	35.5	500.0	9.5	0.01	1.00	12.50	0.35
C	1937	365	65	29.5	480.0	8.5	0.01	0.50	12.00	0.27
D	2300	230	105	55.0	375.0	22.5	0.01	0.50	10.00	0.29
E	1537	375	85	34.0	515.0	13.0	0.01	1.00	12.50	0.33
A	2150	291	75	40.0	560.0	13.5	0.01	1.00	1.50	0.55
F	13250	750	600	600.0	440.0	90.0	0.02	3.00	21.50	0.95
B	4950	475	105	105.0	575.0	16.0	0.01	1.00	17.50	0.35
C	410	410	85	85.0	540.0	0210	0.01	1.00	9.00	0.33
D	3900	390	95	94.0	525.0	17.0	0.03	1.00	11.00	0.33
E	4050	407	100	100.0	575.0	170	0.01	1.50	13.00	0.40

Tous ces éléments n'ont évidemment pas la même toxicité ni le même mode d'accumulation et de distribution dans les milieux naturels. La comparaison avec la station amont fournit cependant l'évaluation relative du degré d'accumulation de chacun dans les sédiments et la comparaison entre campagne celle de son degré de mobilité.

Les sédiments de l'Oued Fès sont les plus chargés, après quoi les concentrations vont décroissant le long du Sebou, dont la charge métallique la plus forte se trouve au niveau du confluent. Jamais on n'observe d'exception à cette décroissance progressive des valeurs relevées.

Ainsi les résultats sont cohérents dans chacune des campagnes. Les très fortes contaminations en cuivre et dans certaines mesure en zinc et en plomb, ne dépassent guère l'Oued Fès avec des valeurs qui sont celles du Sebou amont multipliées par le coefficient suivant: 6 à 15,6 pour le cuivre, 6,4 à 13 pour le zinc, 7 à 19,5 pour le plomb et 6,25 à 45,3 pour le chrome. Ces valeurs élevées s'expliquent d'abord par la proximité des rejets, mais il faut aussi tenir compte de la différence du débit entre le fleuve principal et son confluent.

Bien que l'aluminium soit généralement considéré comme un métal "conservatif" (BELAMIE & PHELIPPOT, 1982), il montre aussi des coefficients importants dans l'Oued Fès par rapport à l'amont du Sebou (x 2,7 à 6,7). Mais au contraire des précédents, les valeurs élevées de ce métal persistent plus loin vers l'aval. Sa mobilité semble plus grande que celle des autres métaux, par suite peut être d'une fixation préférentielle sur les particules fines qui sont les plus longues à sédimenter.

Le Fer et le manganèse sont deux éléments importants pour le pouvoir complexant d'un sédiment. Ils se présentent généralement sous forme d'hydroxydes insolubles. En plus de leur propre accumulation, ils peuvent entraîner celle des autres métaux lourds (FORSTNER & WITTMAN 1979). Ce sont, en fait, les deux éléments dont les concentrations décroissent le moins dans l'Oued Sebou.

Si les variations spatiales se caractérisent par une décroissance générale de l'ensemble des éléments, force est de constater que les variations temporelles montrent des fluctuations importantes entre les différentes campagnes. L'arsenic, le cadmium et le sélénium apparaissent à des concentrations mesurables en septembre ou juillet seulement.

Quant aux autres éléments, sauf peut être pour le fer, les concentrations diffèrent pratiquement de 1 à 10 au cours du temps, sans toutefois qu'il y ait incohérence à l'intérieur d'une campagne donnée. Ceci indiquerait que le sédiment superficiel se décontamine ou plutôt est entièrement renouvelé d'une campagne à une autre. Effectivement, la figure 3 montre que chacune de ces campagnes est séparée de la précédente par au moins un épisode de crue. Le même phénomène est d'ailleurs susceptible d'expliquer les variations temporelles de la teneur en matière organique des sédiments.

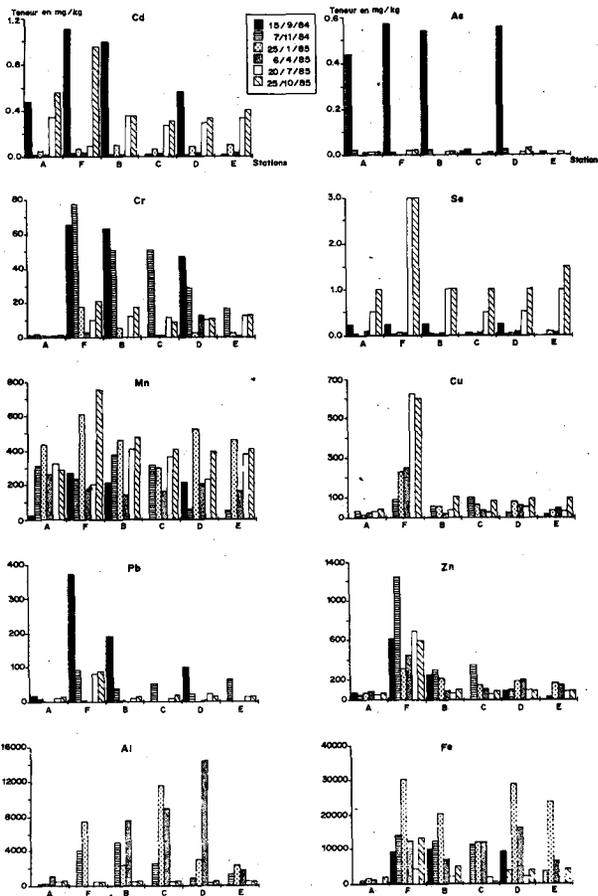


Figure 3 : Variations des teneurs métalliques des sédiments dans les différentes stations entre septembre 1984 et octobre 1985

Enfin, si l'on recherche des variations saisonnières d'ensemble, on constate que les sédiments de septembre et juillet sont plutôt plus chargés. Les valeurs du plomb dans l'O. Fès décrivent un cycle avec un maximum en septembre, à la fin de l'été, valeurs faibles en hiver pendant la période la plus humide, et remontée en juillet. Le fait qu'il n'y ait pas de dépôt de micropolluants dans l'O. Fès en période de hautes eaux ne signifie pas que le secteur

prospecté de l'O. Sebou en reçoit alors d'avantage: les concentrations les plus fortes dans l'O. Fès sont celles que l'on retrouve, atténuées, dans l'O. Sebou lors de la même campagne. En fait, l'âge des sédiments et le temps écoulé depuis la dernière crue interviennent certainement aussi dans la charge benthique: la campagne de septembre est celle qui a été précédée par la plus longue période de basses eaux, qui propagent plus efficacement la pollution (Fig. 2).

Ainsi, les facteurs de contamination à l'aval du secteur étudié, dans la station E, sont variables et peuvent encore être appréciables: Al x 2,2 à 8,17, Fe x 11 à 81, Mn x 1 à 2,2, Zn x 0,6 à 2,5, Cu x 1,1 à 2 et Cr x 1,25 à 10.

ALGUES

Seulement quatre campagnes ont été effectuées, entre septembre 1984 et avril 1985, et sur l'Oued Sebou. La figure 4 et le tableau IV font apparaître des concentrations maximales dans l'ordre suivant :

Fe > Cr > Al > Zn > Pb > Cu > Mn > Se > As > Cd.

Sauf pour la place du chrome, cette série rappelle assez celle des sédiments.

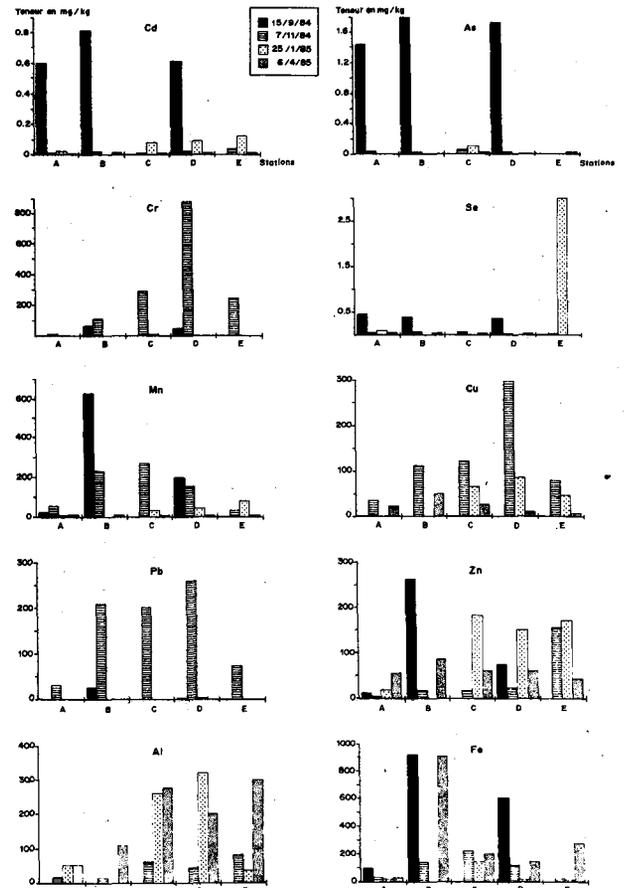


Figure 4 : Variations des teneurs métalliques des algues au niveau des différentes stations de l'O. Sebou entre septembre 1984 et avril 1985.

Les algues et les mousses ont prouvé être de bons indicateurs de la présence des métaux lourds dans l'environnement aquatique. En l'absence de données relatives à la bioaccumulation du fer, du manganèse, du cadmium, de l'arsenic et du sélénium chez les espèces d'algues examinées, nous pouvons faire appel, à titre indicatif, aux teneurs de références

établies par MOUVET (1986) pour les bryophytes en France et en Belgique.

Elles permettent selon toute vraisemblance d'éliminer l'indication d'une pollution par le fer (valeur de référence dans les mousses 3000 mg/kg), le manganèse (600 mg/kg) et l'arsenic (3 mg/kg).

Tableau IV : Teneurs métalliques des algues (en mg/kg de poids sec) lors des différentes campagnes de prélèvements.

Stations	Fe	Mn	Zn	Cu	Al	Pb	Cr	As	Se	Cd
A	95.00	20.00	10.00	n.d	n.d	1.00	2.30	1.430	0.425	0.600
B	916.00	625.00	261.00	n.d	n.d	25.00	62.30	1.800	0.370	0.810
C	n.d	n.d	n.d	n.d						
D	815.00	199.00	75.00	n.d	n.d	4.45	48.00	1.720	0.550	0.610
E	n.d	n.d	n.d	n.d						
A	27.50	52.00	3.60	34.00	16.40	30.00	9.50	0.030	0.040	0.010
B	137.00	230.00	16.00	110.00	13.40	209.00	110.00	0.010	0.060	0.020
C	225.00	270.00	16.50	120.00	63.00	202.00	290.00	0.060	0.060	0.010
D	124.00	155.00	22.00	295.00	44.40	260.00	875.00	0.020	0.020	0.020
E	25.80	31.00	152.00	80.00	83.00	75.00	245.00	0.020	0.020	0.035
A	21.50	7.00	20.00	0.00	50.00	0.10	0.16	0.000	0.070	0.020
B	n.d	n.d	n.d	n.d						
C	143.00	32.00	180.00	65.00	260.00	0.80	11.00	0.100	0.010	0.080
D	20.80	47.00	150.00	86.00	320.00	1.50	n.d	0.000	0.010	0.090
E	18.00	80.00	170.00	47.00	34.00	0.95	3.00	0.000	3.000	0.120
A	32.00	9.00	55.00	22.50	50.00	0.30	0.50	0.005	0.040	0.010
B	905.00	9.10	85.00	49.00	108.00	0.50	3.00	0.005	0.045	0.015
C	210.00	3.80	60.00	27.00	275.00	0.25	0.50	0.010	0.020	0.005
D	151.50	3.60	60.00	11.50	200.00	0.18	0.50	0.005	0.020	0.005
E	280.00	6.15	42.50	6.50	300.00	0.18	0.45	0.000	0.005	0.005

Il en est vraisemblablement de même pour le sélénium. Les teneurs retrouvées pour le cadmium, en comparaison avec les niveaux de référence, ne devraient pas être considérées comme indicatrices d'une pollution. La présence au niveau de la station A, d'une colonne du Cd et de l'As est due à l'absence de contamination ultérieure et donc à l'échelle utilisée. Pour les autres métaux, nous avons représenté dans le tableau V, les teneurs observées par plusieurs auteurs chez les algues, particulièrement du

genre *Cladophora*. Il ressort de cette comparaison à l'exception du cadmium, une nette contamination des algues du Sebou. Toutes les valeurs mesurées sont situées soit dans la gamme des valeurs retrouvées par les différents auteurs soit légèrement au dessus dans certains cas. Par ailleurs, les niveaux de référence des Bryophytes qui sont de 7 ppm pour le Cr, 19 ppm pour le Cu et le Pb confirment la présence d'une nette contamination du secteur aval.

Tableau V : Comparaison des teneurs en éléments métalliques des algues de l'O. Sebou à d'autres teneurs recensées dans d'autres cours d'eau.

Algues	Zn	Cu	Al	Pb	Cr	Cd	Auteurs
<i>Spirogyra</i> sp.	-	-	-	-	-	1.8	HOLZINGER, 1977
<i>Cladophora glomerata</i>	23.7	7.2	-	9.5	-	3.9	KENEY <i>et al.</i> , 1976
<i>Cladophora glomerata</i>	8.2	6.4	-	12.2	-	1.4	KENEY <i>et al.</i> , 1976
<i>Cladophora</i> sp.	-	-	-	14.9-347	-	-	LELAND & Mc NURNEY, 1974
<i>Cladophora glomerata</i>	62-190	9.1-23	-	5.2-49.2	-	0.29-0.94	ABOURADY, 1977
<i>Cladophora rivularis</i>	24-375	0.8-31.7	-	5.8-43.2	-	0.08-1.37	REAY, 1972
<i>Lyngbya</i> sp.	400-1320	120-335	-	55-190	-	1.70-9.50	BARTELT & FORSTNER, 1977
Algues	151-242	22.7-45.5	-	10.5-20.4	-	1.40-2.00	BIBO, 1977
Algues	16-261	6.5-295	13.4-320	0.10-260	0.16-875	0.005-0.81	Présente étude
Macrophytes	-	-	-	-	16.8	-	PFEIFFER <i>et al.</i> , 1982
Macrophytes	-	-	-	-	1.3-1.7	-	MURDOCH & CAPOBLANCO, 1978

Or, pour la majorité des métaux, les variations temporelles ressortent les valeurs de novembre 1984 et, loin derrière, celle de janvier et avril 1985. Les valeurs sont donc plus faibles pour ces campagnes et l'on doit conclure, soit que les algues se sont décontaminées pendant deux mois d'intervalle, soit qu'elles ont été arrachées lors des crues d'hiver et renouvelées. La première hypothèse a été confirmée par MAYES & MC INTOSH (1975) chez

Ceratophyllum demersum. L'état de saturation a été obtenu après 6 à 9 semaines d'exposition au Zn, Cd et Pb. Par ailleurs, la décontamination commence à partir de la 12 semaine.

Un autre phénomène est également difficile à expliquer pour certains métaux, principalement le chrome, le cuivre et le plomb, le maximum de novembre se rencontre à la station D. Or, considérant

la dispersion de l'habitat humain dans le secteur étudié de la vallée du Sebou où ne se trouve, entre le confluent et la station D pas d'autres installations que quelques fermes isolées, un apport polluant autre que celui de Fès paraît exclus. Peut être s'agit-il de différences dans la bioaccumulation (*Stigoecloonium* et *Rhizoclonium* sont signalées plutôt en D, *Spyrogyra* en B). Comme ceci a été signalé par FRIANT (1979) chez plusieurs espèces de macrophytes aquatiques dans lesquelles l'accumulation du zinc paraît spécifique. Ou alors les algues filamenteuses sont-elles plus mobiles que les autres végétaux et que le sédiment et dérivent-elles lentement en automne sous l'effet du faible courant et du bétail qui s'abreuve dans la rivière? Dans ce dernier cas, les algues de la station D auraient été soumises à la pollution de l'O. Fès plus longtemps que celles qui venaient d'arriver à la station B en provenance de l'amont. Encore une autre hypothèse pourrait être liée à la forme sous laquelle se trouvent les métaux, en liaison avec la desoxygénation du cours d'eau et la teneur en matière organique du sédiment, cette teneur est plus faible en D qu'à l'amont; cependant elle décroît en E.

CONCLUSION

A l'aval de la ville de Fès, des concentrations importantes de micropolluants sont décelées dans les sédiments et les algues, au moins à certaines périodes de l'année et particulièrement en basses eaux.

Les sédiments sont peut être décontaminés, mais plus probablement renouvelés à chaque crue. Ils contiennent, en quantité anormale, zinc, cuivre, plomb et chrome. Les algues considérées dans ce travail sont absentes à l'O. Fès, trop pollué. Elles

permettent de déceler chrome, cuivre et plomb dans le Sebou avec une bioaccumulation importante par rapport à l'amont et aux références possibles. Cependant, des doutes apparaissent quant à leur sédentarité et à la valeur exacte des indications spatio-temporelles fournies, qui méritent des investigations ultérieures. De ce fait ces algues peuvent être considérées comme des bioindicateurs souhaitables pour des durées limitées et des effets de pollution très localisés.

La charge majeure se manifeste dans l'Oued Fès, qui en retient, au moins temporairement, une grande partie. Cependant, la contamination est toujours significative dans l'Oued Sebou, à peu de distance du confluent; elle persiste jusqu'à l'aval du secteur (et certainement au delà) ou non, selon la saison. Une légère amélioration se manifeste plutôt en hiver. Ces concentrations dans le milieu permettent effectivement d'expliquer l'inhibition de phénomènes biologiques comme l'autoépuration, et notamment la nitrification évoquée précédemment.

Enfin, si les métaux lourds considérés disparaissent périodiquement du secteur étudié, sous l'effet des processus physique engendré par la remontée des eaux, ou chimique tels que l'acidification du milieu, l'oxydation des sédiments suite à la desoxygénation ou encore par la mobilisation de ces éléments par l'activité microbienne très intense dans ce secteur, les métaux doivent se retrouver plus vers l'aval et, en particulier, dans le sédiment des réservoirs où il serait intéressant d'évaluer leurs teneurs, sans considérer les implications toxicologiques chroniques que pourrait présenter une telle disponibilité, particulièrement en phase aqueuse pour l'ensemble de la faune et l'utilisation de ces eaux dans l'irrigation et l'alimentation.

REFERENCES

- ABOURADI, M.D.K. (1977).- *Die belastung der oberen leine mit schwermetallen durch kommunale und industrielle Abwässer, ermittelt anhand von Wasser-Sediment-Fish und Pflanzenuntersuchungen*. Diss. Univ. Gottingen (FRG), 120p.
- ASTON, S.R.; THORNTON, I.; WEBB, J.S., MILFORD, B.L. & PURVES, J.B. (1975).- Arsenic in stream sediment and waters of southwest England. *Sci. Total Environ.*, 4, 347-358
- BARTELT, R.D. & FORSTNER, U. (1977).- Schwermetalle in staugeregelten Neckar. Untersuchungen an sedimenten, Algen und wasserproben. *Jahresber. Mitt. Oberrheinischen Geol. Ver.* 59, 247-263.
- BELAMIE, R. & PHELIPPOT, S. (1982).- *Etude du niveau de contamination des sédiments de plusieurs cours d'eau du bassin parisien (France) par les métaux et les composés organochlorés*. C.E.M.A.G.R.E.F., division qualité des Eaux, pêche et pisciculture, rapport n° 16, 8p.
- BIBO, J. (1977).- *Schwermetalluntersuchungen an wasser, schwebstoffen, Aufwuchs und Cladophora rivularis der Elsenz*. Diplom. Arbeit, Univ. 111p.
- BOWEN, H.Y.M. (1979).- *Environmental chemistry of element*. Academic press. 333p.
- COLBOURNE, P.; ALLOWAY B.J. & THORNTON I. (1975).- Arsenic and heavy metals in soils associated with regional geochemical anomalies in southwest England. *Sci. Total Environ.* 4, 359-363.
- FEKHAOUI, M. (1990).- *Recherches hydrobiologiques sur le moyen Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès; suivi d'une macro-pollution et évaluation de ses incidences sur les composantes de l'écosystème*. Thèse d'Etat, Fac. Sci., Rabat, 173p.
- FRIANT, S.L. (1979).- Trace metal concentration in selected Biological, sediment and water column samples in a northern new england river. *Water, Air and Soil Pollution*, 11, 455-465.
- FORSTNER, V. & WITMANN G.T.W. (1979).- *Metal pollution in aquatic environment*. Springer Verlag, 468p.
- HAKANSON, L. (1984).- Metals in fish and sediment from the river kolbäcksan water system, Sweden. *Arch. Hydrobiol.*, 101, 3, 373-400.
- HOLZINGER, J. (1977).- Der Einfluss von Sulfid Zellstoff Abwässen und schwermetallen auf das Okosystem des Opfinger Donaustausees. *J. Ornith.*, 11, 329-415.

- JOHNSON, L. H. (1977).- *Geochemistry of selected sediment cores from the kingston Bassinupper St. Lawrence River Area*. Conf. Great Lakes Res.
- KEENEY, W.L.; BRECK, W.C.; VAN LOON, G.W. & PAGE, J.A. (1976) - The determination of trace metals in *Cladophora glomerata* as a potential biological monitor. *Water Res.*, 10, 981-984.
- LELAND, H.V. & McNURNEY, J.M. (1974).- Lead transport in a river ecosystem. *Proc. Int. Conf. Transp. Persist. Chem. Aquatic Ecosyst.*, Ottawa III, 17-23.
- MATHIS, B.J. & CUMMINGS, T.F. (1973).- Selected metals in sediments, water and biota in the Illinois River. *J.W.P.C.F.*, 1573-1583.
- MAYES. & MC. INTOSH A. (1975)- Use of aquatic macrophytes as indicators of trace metal contamination in fresh water lakes. In Hemphill, D.D. (Ed): *trace substances in Environmental Health*, vol. IX. Columbia Univ. Missouri, 157-167.
- MOUVET, C., CORDEBAR, P. & BOURG, A. (1982).- Repartition du Cu, Pb et Zn entre les fractions dissoutes et particulaires dans l'Orne, rivière recevant d'importants rejets sidérurgiques: comparaison entre les valeurs expérimentales et celles calculées par un modèle mathématique. *J. Français Hydro.*, 13, Fasc. 3 (39), 299-309.
- MURDROCH, A. & CAPOBIANCO, J. (1978) - Study of selected metals in marches on Lakes St. Clair, Ontario. *Arch. Hydrobiol.*, 84, 87-108.
- PASTERNAK, K. (1969).- Bottom sediment of the polluted dam reservoir at Otmuchow. *Acta hydrobiol.*, 12, 277-390
- PFEIFFER W.C, FISZMANN M., DRUDE L., VAN WEERELT M. & CARBONELL N. (1982).- Chromium in water suspended particles, sediment and biota in traja River Estuary. *Environ. Pollut., ser. B*, 193-205.
- REAY, P.F. (1972).- The accumulation of arsenic from arsenic rich natural waters by aquatic plants. *J. Appl. Ecol.*, 9, 557-565.
- SAY, P.J. & GIANI N. (1981).- The Riou Mort, tributary to the river lot polluted by heavy metals II Accumulation of zinc by Oligochaetes and Chironomids. *Acta Oecologia, Oecologia Applicata*, 2, 4, 339-355.
- SERODES, S. (1978).- *Qualité des sédiments du fond du fleuve Saint Laurent entre Cornwall et Montmagny*. Comité d'étude sur le fleuve St. Laurent. Rapport technique n°15.
- SYERS, J.K.; ISKANDAR, J. & KEENEY D.R. (1973).- Distribution and background levels of mercury in sediment cores from selected Wisconsin Lakes. *Water Air Soil Pollut.*, 2, 105-118.
- TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.H. (1961).- Distribution of the element in some major units of the earth's crust. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 72, 175-192.
- VERNET, J.P.; SCOLARI, G. & RAPIN, F. (1976).- Teneurs en métaux lourds des sédiments de rivières Suisses, du Rhône Français et de ses affluents. *Bull. B.R.G.M.*, 2(III), 1/2, 31-45.
- WALTERS, L.J.; WOLERY, T.J. & MYSER, R.D. (1974).- Occurrence of As Cd Co Cr Cu Fe Ni and Zn in Erie sediment. *Proc. 17th Conf. Great Lakes Res.*, 219-237.

Adresses des auteurs :

M. FEKHAOUI
 Institut Scientifique
 Dépt. Zoologie et Ecologie Animale
 B.P. 703 Rabat-Agdal

H. ABOUZAIID & A. FOUTLANE
 Laboratoire de Contrôle de la Qualité des Eaux,
 O.N.E.P.- Rabat (Maroc)