

Etude de la contamination bactériologique de l'Oued Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès

زكرياء حماما ، محمد فخاوي وجميلة باحو

Zakaria HMAMA, Mohammed FEKHAOUI
& Jamila BAHOU

Mots clés : Cours d'eau, Pollution bactériologique, Auto-épuration, Risque sanitaire.

ملخص

دراسة للتلوث البكتريولوجي للمياه السطحية لنهر سبوو نسبة للمياه المستعملة لمدينة فاس . لقد أبانت النتائج المحصل عليها من خلال التقديرات الكمية لثلاث أنواع البكتريا على حدوث تأثيرات مهمة على الجودة البيولوجي للمياه السطحية أسفل مدينة فاس . فضلا عن ذلك ، واعتبارا لنوعية التدخل لمختلف مكونات الوسط المائي في إسترجاع جودته ، لوحظ تحسن ملموس سافلة النهر . مقابل ذلك ، فأخطار وبائية متمثلة أمتست مستمرة نظرا لبقاء بعض الجراثيم في الوسط المائي وبالتالي خطورة استعمال المياه السطحية لنهر سبوو .

RESUME

Sur la base des résultats obtenus, des changements très importants s'observent au sein de la population bactérienne indigène. L'activité bactérienne est par conséquent, très influencée par certains paramètres du milieu tel que la présence de matière organique. Par ailleurs, grâce à la spécificité d'intervention des différentes composantes de l'hydrosystème dans la récupération du cours d'eau, une nette amélioration est enregistrée le long du cours d'eau.

Enfin, des risques épidémiologiques potentiels sont permanents du fait d'une persistance dans le milieu de certains germes qui rendent l'utilisation de l'eau de l'Oued Sebou dangereuse.

ABSTRACT

Study of bacteriological contamination of superficial waters of Sebou, in relation with the discharge of urban waste of Fès city. In comparison with the obtained results, some modifications have been circumspected in the bosom of the indigenous bacterial population. Moreover the bacterial activity was, nevertheless, influenced by some factors of the medium.

In another connection, owing to the intervening specificity of the different components of the system, in the self-purification, a spotless improvement was enregistered in the lower part of the stream.

Finally, potential epidemiological risks were permanent due to the persistence in the medium of some germs wich makes the use of the Sebou waters dangerous to the health.

INTRODUCTION

Dans les milieux aquatiques, les micro-organismes tel que les bactéries, les levures, les moisissures, etc. jouent un rôle important dans le processus de la décomposition et de la minéralisation de la matière organique (SASSON, 1970). En dehors de toute agression, leur nombre est naturellement faible, mais peut être modifié par plusieurs facteurs tels que la température, l'enrichissement du milieu en substances nutritives, etc.

Par ailleurs, et en considérant l'importance de la charge polluante rejetée par la ville de Fès, riche en matière organique (FEKHAOUI, 1990), il nous a semblé utile de décrire les changements susceptibles de se produire au sein de la population bactérienne indigène de l'Oued Sebou, en réponse à ces rejets. Cette description est basée sur l'analyse et l'évaluation du taux de présence des germes totaux, et de deux groupes de bactéries liés à la présence de matières fécales.

Ce recensement est réalisé sur une distance d'une quarantaine de kilomètres dans le but d'estimer le degré de contamination bactériologique de l'Oued Sebou, de suivre la progression longitudinale de ces

germes et par conséquent d'évaluer le pouvoir auto-épurateur de ce cours d'eau.

Les fluctuations saisonnières du nombre de ces micro-organismes, ainsi que l'influence de plusieurs facteurs du milieu sur leur activité sont considérées.

MATERIEL ET METHODES

ECHANTILLONNAGE

Des prélèvements ponctuels ont été effectués au niveau des six stations choisies (Fig. 1) :

- cinq stations sur l'Oued Sebou ; la station A, de référence située en amont, et les stations B, C, D et E en aval réparties sur une distance d'une quarantaine de kilomètres;
- une station F, située sur l'Oued Fès, la plus perturbée.

Cinq campagnes d'échantillonnage ont réalisées: décembre 86, février, mai, juin et juillet 1987. Les prélèvements destinés à l'étude bactériologique ont été transportés à basse température (4°C) et les analyses sont faites aussitôt après leur arrivée au laboratoire ou à défaut dans les deux heures qui suivent.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'ensemble des résultats chimiques et bactériologiques figure dans les tableaux I à III et figures 2 à 4.

CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DU MILIEU

Cet aspect a été étudié en détail dans un précédent travail (FEKHAOUI & *al.*, 1988). Nous reprenons ici les principales caractéristiques hydrochimiques.

Paramètres physiques (Fig.2)

- Débit: les mesures de débits moyens mensuels enregistrés au niveau de l'Oued Sebou montrent un maximum en février 1987 (66,5 m³/s) et un minimum en décembre 1986 (10,6 m³/s).
- Températures: les températures de l'eau montrent deux types de variations:
 - des variations saisonnières avec des valeurs oscillants entre 12°C l'hiver et 27°C l'été.
 - des variations spatiales de faibles amplitudes avec toutefois, une légère augmentation au niveau de la station F.
- Matières en suspension (M.E.S.): composées en grande partie de matières organiques, les M.E.S. enregistrent leurs valeurs maximales au niveau des stations F et B (790 et 840 mg/l respectivement). Plus en aval, une décantation importante est à relever le long du cours d'eau. Les fortes valeurs enregistrées durant la campagne de février 1987, coïncidant avec une forte crue, seraient dues à une remise en suspension des matières décantées.

Paramètres chimiques (Fig.2)

En amont des rejets (st. A), la qualité de l'eau se caractérise par une bonne oxygénation (11-14 mg/l), des faibles indices de pollution organique (la D.B.O.₅ et l'oxydabilité de l'ordre de 1,8 et 1,25 mg/l d'O₂) et chimique (faibles teneurs en phosphates, en ion ammonium, en chlorures, en sulfates). Les nitrates représentent la forme principale de l'azote. La minéralisation de l'eau est importante, en relation avec la nature géologique essentiellement calcaire du bassin versant.

Au niveau de l'Oued Fès (station. F), la qualité de l'eau est très dégradée. On enregistre un fort déficit en oxygène (0,2-0,9 mg/l) et des charges importantes en matières organiques (310-340 mg/l de D.B.O.₅ et 60-70 mg/l d'oxydabilité). Les sulfates, les phosphates et les chlorures sont très abondants. L'alcalinité, la dureté et la conductivité montrent des valeurs élevées.

L'ion ammonium est la principale forme de l'azote. En rapport avec les conditions d'anaérobioses, il enregistre ses valeurs les plus élevées (7,4-13,6 mg/l).

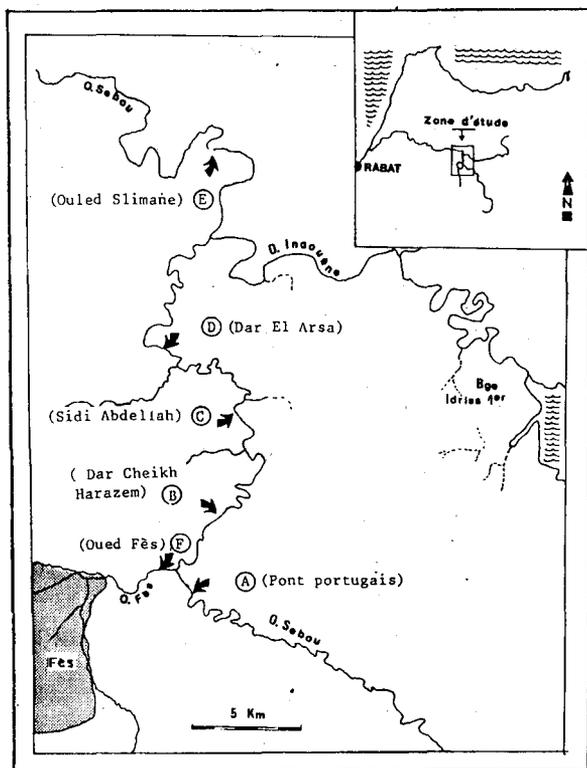


Figure 1: Situation géographique des stations d'étude.

Parallèlement, nous avons caractérisé le milieu récepteur par le recensement de plusieurs paramètres physico-chimiques.

ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Trois dénombrements de bactéries sont effectués par culture bactérienne. Il s'agit des germes totaux (G.T.), des coliformes fécaux (C.F.) et des streptocoques fécaux (S.F.).

Les SF et les CF sont recherchés respectivement en milieu liquide de ROTHE et en bouillon lactosé bilié au vert brillant. Le dénombrement est effectué à l'aide de la table de MAC-CRADY, qui permet le calcul du nombre le plus probable (NPP). Les techniques d'analyses sont décrites dans le manuel "standard methods of examination of water and wastewater" (1966).

Les G.T. sont recherchés par la méthode des tubes multiples, en milieu liquide (bouillon nutritif), selon le protocole mis au point par l'Institut Pasteur (1981). Leur dénombrement est effectué selon le NPP. Ces analyses ont été réalisées au Laboratoire de microbiologie de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz de Fès dans le cadre d'un projet commun.

Tableau I : Valeurs moyennes (x), minimales (Mn) et maximales (Mx) des paramètres physico-chimiques dans les stations de l'Oued Sebou et dans l'Oued Fès.

Stations		T	MES	pH	Cs	O ₂	DBO ₅	OX	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	ALc	D.T	Ca ⁺⁺
A	x	19,7	51	7,3	727	124	1,2	0,6	13	29,0	0,36	0,03	0,03	7,40	194	243	78
	Mx	27,4	110	7,8	140	140	1,8	1,5	20	55,0	0,64	0,04	0,06	10,0	270	250	90
	Mn	12,0	10	6,7	400	111	0,8	0,1	74	17,5	0,16	0,01	0,01	6,00	90	240	60
B	x	20,0	337	7,1	630	6,5	98,0	270	15	30,0	1,60	1,35	0,48	4,80	195	332	86
	Mx	25,4	840	7,4	780	119	1400	300	20	50,0	2,40	2,60	0,70	6,00	250	448	100
	Mn	14,6	140	6,7	430	3,0	32,0	235	57	20,0	0,35	0,20	0,36	3,00	120	240	56
C	x	18,5	263	7,4	575	8,5	30,0	190	17	28,0	1,30	1,00	1,10	6,30	121	218	104
	Mx	23,3	710	7,5	700	125	64,0	225	23	42,0	2,10	3,20	1,76	12,0	240	252	156
	Mn	14,4	90	7,0	410	4,9	11,0	13	57	22,5	0,10	0,12	3,00	3,00	50	200	85
D	x	18,7	276	7,5	718	105	10,0	4,9	10	31,0	0,75	0,54	1,34	6,60	219	188	81
	Mx	25,6	840	7,9	850	8,4	13,0	100	15	42,0	1,80	1,10	1,80	9,30	425	220	84
	Mn	14,4	42	7,1	540	124	4,5	3,0	46	24,5	0,22	0,33	0,30	3,60	90	180	80
E	x	19,7	303	7,3	558	104	3,3	5,0	15	44,0	0,72	0,27	0,92	12,0	152	199	80
	Mx	24,8	890	7,5	100	128	4,8	150	10	84,0	1,20	0,70	3,04	24,0	282	240	80
	Mn	17,0	81	6,7	220	8,4	1,4	1,5	57	18,0	0,30	0,02	0,04	6,40	55	86	80
F	x	22,9	654	7,4	114	0,5	2930	590	36	67,0	11,0	7,45	0,75	0,10	321	398	113
	Mx	27,3	684	8,0	140	0,9	3400	750	50	130	18,0	13,0	1,12	0,30	560	510	140
	Mn	18,4	540	6,7	156	0,2	2400	420	14	115	7,40	3,80	0,44	0,01	190	260	80

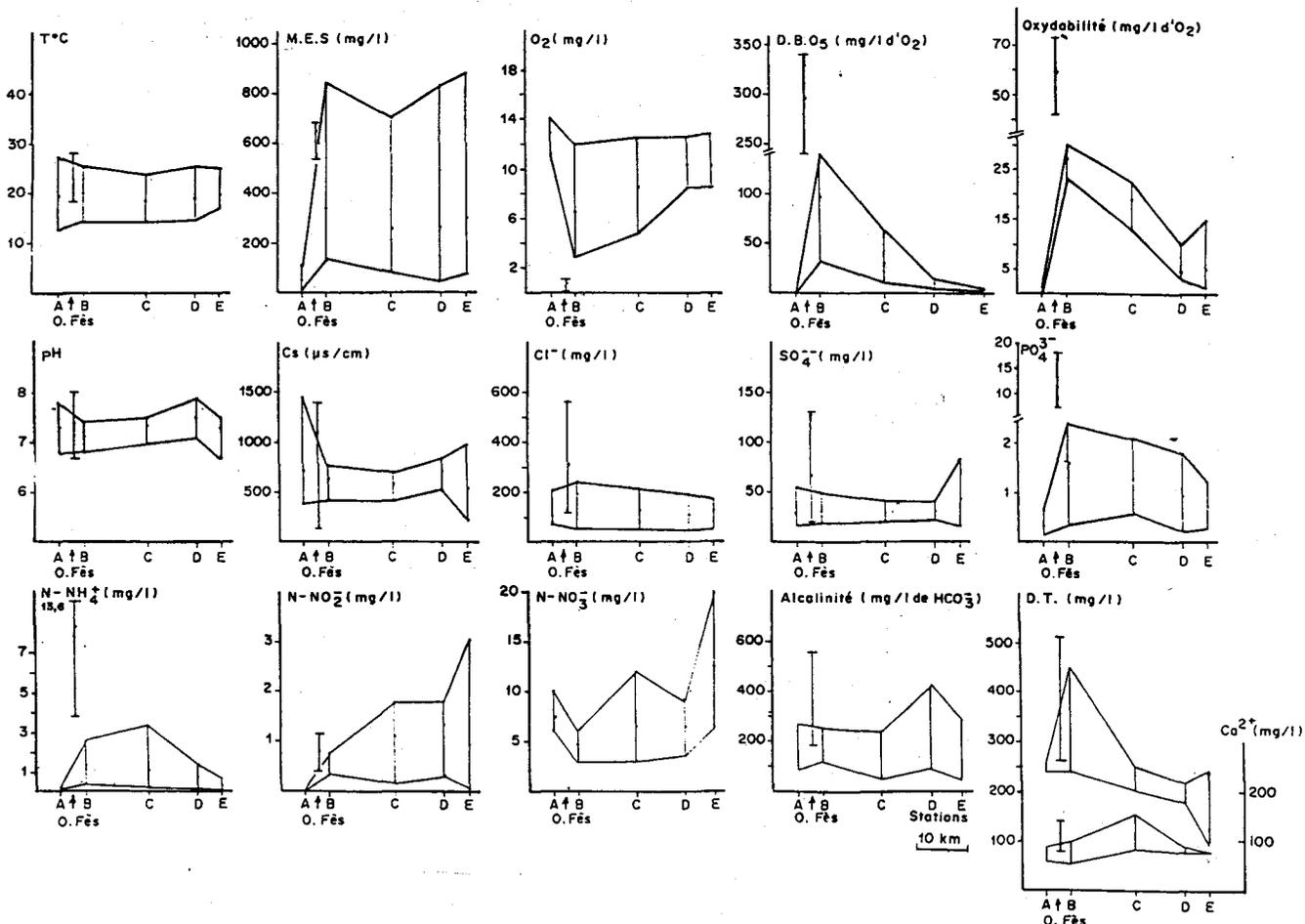


Figure 2 : Evolution spatiale des valeurs moyennes, minimales et maximales des différents physico-chimiques dans l'O. Fès et dans l'O. Sebou.

L'impact très important des rejets de la ville de Fès sur l'Oued Sebou, se traduit concrètement au niveau de la station B par un effondrement des teneurs en oxygène et une augmentation des IPO (130-140 mg/l de D.B.O.₅ et 29-30 mg/l d'oxydabilité) et des IPC (phosphates, sulfates, chlorures, etc.). L'ion ammonium est à des valeurs plus faibles que celles de l'Oued Fès dénotant un début de nitrification.

Plus en aval la situation s'améliore progressivement. On assiste à une régression de la charge organique et à un retour de la teneur en oxygène vers son état normale. L'azote ammoniacal, les nitrites et les phosphates disparaissent progressivement. Les nitrates deviennent de plus en plus prédominant pour devenir pratiquement la seule forme d'azote perceptible dans la station E. Par ailleurs, certains paramètres principalement ceux en relation avec la nature du substrat (chlorures, sulfates), semblent connaître des augmentations épisodiques en relation avec les apports de l'Oued Inaouène qui drainent des terrains salifères. La constance des valeurs du pH le long du cours d'eau doit sans doute être attribuées à l'effet tampon du complexe carbonates-bicarbonates.

Tableau II: Code des paramètres physico-chimiques utilisés.

Code	Variables	Unités
T	température	°C
M.E.S.	matières en suspension	mg/l
pH	potentiel Hydrogène	
Cs	conductivité électrique	µS/cm
D.B.O. ₅	demande biologique en O ₂	mg/l d'O ₂
Ox	oxydabilité au permanganate	mg/l d'O ₂
SO ₄ ²⁻	sulfates	mg/l
PO ₄ ³⁻	orthophosphate	mg/l
N-NH ₄ ⁺	azote ammoniacal	mg/l
NO ₂ ⁻	nitrites	mg/l
NO ₃ ⁻	nitrates	mg/l
Alc	alcalinité	mg/l (HCO ₃ ⁻)
D.T.	dureté totale	mg/l (CaCO ₃)
Ca ⁺⁺	dureté calcique	mg/l

L'amélioration progressive de la qualité de l'eau du Sebou témoigne d'une bonne intervention des phénomènes d'auto-épuration, malgré la présence de substances toxiques, tels les métaux lourds pouvant interférer dans la décomposition de la matière organique (FEKHAOUI & al., 1993). Cette récupération est aidée par les phénomènes de dilution par les eaux non polluées.

VARIATIONS DES GERMES ETUDIÉS

Germes totaux (G.T.)

En amont des rejets, station A, s'observent les valeurs les plus faibles de GT (4.10³-1.5.10³ GT/ml). Les valeurs les plus élevées ont été obtenues dans l'Oued Fès (9.10⁵ - 4.10⁹ GT/ml).

Tableau III: Résultats des analyses bactériologiques des germes totaux (GT/ml) des coliformes fécaux (CF/ml) et des Stréptocoques fécaux (SF/ml) dans les stations considérées.

	G.T.	C.F.	S.F.
A	5.10 ³	50	143
F	-	-	-
B	1.10 ⁸	9.10 ⁴	4.10 ²
C	9.10 ⁵	19.10 ³	15.10 ³
D	5.10 ⁶	2.5.10 ⁵	9.10 ³
E	1.2.10 ⁶	5.10 ⁴	9.10 ³
A	4.10 ³	50	90
F	5.10 ⁷	5.10 ⁴	5.10 ⁵
B	3.10 ⁵	19.10 ³	9.10 ²
C	5.10 ⁷	5.10 ³	2.10 ²
D	2.10 ⁵	5.10 ³	90
E	5.10 ⁸	13.10 ⁴	5.10 ⁴
A	15.10 ²	50	19
F	19.10 ⁶	3.10 ⁵	5.10 ⁴
B	30.10 ⁴	3.10 ³	2.10 ²
C	5.10 ⁴	19.10 ³	2.10 ²
D	3.10 ⁴	5.10 ³	2.10 ²
E	3.10 ⁴	9.10 ²	50
A	15.10 ²	9	5
F	9.10 ⁵	5.10 ⁴	19.10 ³
B	9.10 ³	15.10 ²	5.10 ²
C	23.10 ⁴	9.10 ³	5.10 ²
D	5.10 ⁴	9.10 ²	18
E	19.10 ²	15.10 ²	3.4
A	9.10 ⁶	50	90
F	40.10 ⁸	15.10 ⁴	9.10 ⁴
B	30.10 ⁷	15.10 ³	5.10 ²
C	4.10 ⁵	9.10 ²	90
D	5.10 ⁵	5.10 ⁴	9.10 ²
E	19.10 ³	4.10 ³	9

L'enrichissement de l'Oued Sebou par les germes rejetés par la ville de Fès s'observe au niveau de la station B, la plus proche du point de rejet, où les variations de ces germes suivent celles observées dans l'Oued Fès. Plus en aval, on assiste à une légère régression du nombre de GT, résultat d'une récupération partielle de l'Oued Sebou, jusqu'à la station la plus en aval (E) où les fluctuations semblent très importantes, avec des valeurs parfois supérieures à celles obtenues dans l'O. Fès, et parfois inférieures à celles de la station A.

Cependant, en comparant l'évolution des GT campagne par campagne, en relation avec les fluctuations du débit, il apparaît une nette influence de ce dernier sur l'enrichissement de certaines stations en germes totaux. En effet, après les fortes pluies enregistrées durant le mois d'avril 1987, voire

Tableau I : Valeurs moyennes (x), minimales (Mn) et maximales (Mx) des paramètres physico-chimiques dans les stations de l'Oued Sebou et dans l'Oued Fès.

Stations	T	MES	pH	Cs	O ₂	DBO ₅	OX	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	ALc	D.T	Ca ⁺⁺	
A	x	19,7	51	7,3	727	124	1,2	0,6	13	29,0	0,36	0,03	0,03	7,40	194	243	78
	Mx	27,4	110	7,8	140	140	1,8	1,5	20	55,0	0,64	0,04	0,06	10,0	270	250	90
	Mn	12,0	10	6,7	400	111	0,8	0,1	74	17,5	0,16	0,01	0,01	6,00	90	240	60
B	x	20,0	337	7,1	630	6,5	98,0	270	15	30,0	1,60	1,35	0,48	4,80	195	332	86
	Mx	25,4	840	7,4	780	119	1400	300	20	50,0	2,40	2,60	0,70	6,00	250	448	100
	Mn	14,6	140	6,7	430	3,0	32,0	235	57	20,0	0,35	0,20	0,36	3,00	120	240	56
C	x	18,5	263	7,4	575	8,5	30,0	190	17	28,0	1,30	1,00	1,10	6,30	121	218	104
	Mx	23,3	710	7,5	700	125	64,0	225	23	42,0	2,10	3,20	1,76	12,0	240	252	156
	Mn	14,4	90	7,0	410	4,9	11,0	13	57	22,5	0,10	0,12	3,00	3,00	50	200	85
D	x	18,7	276	7,5	718	105	10,0	4,9	10	31,0	0,75	0,54	1,34	6,60	219	188	81
	Mx	25,6	840	7,9	850	8,4	13,0	100	15	42,0	1,80	1,10	1,80	9,30	425	220	84
	Mn	14,4	42	7,1	540	124	4,5	3,0	46	24,5	0,22	0,33	0,30	3,60	90	180	80
E	x	19,7	303	7,3	558	104	3,3	5,0	15	44,0	0,72	0,27	0,92	12,0	152	199	80
	Mx	24,8	890	7,5	100	128	4,8	150	10	84,0	1,20	0,70	3,04	24,0	282	240	80
	Mn	17,0	81	6,7	220	8,4	1,4	1,5	57	18,0	0,30	0,02	0,04	6,40	55	86	80
F	x	22,9	654	7,4	114	0,5	2930	590	36	67,0	11,0	7,45	0,75	0,10	321	398	113
	Mx	27,3	684	8,0	140	0,9	3400	750	50	130	18,0	13,0	1,12	0,30	560	510	140
	Mn	18,4	540	6,7	156	0,2	2400	420	14	115	7,40	3,80	0,44	0,01	190	260	80

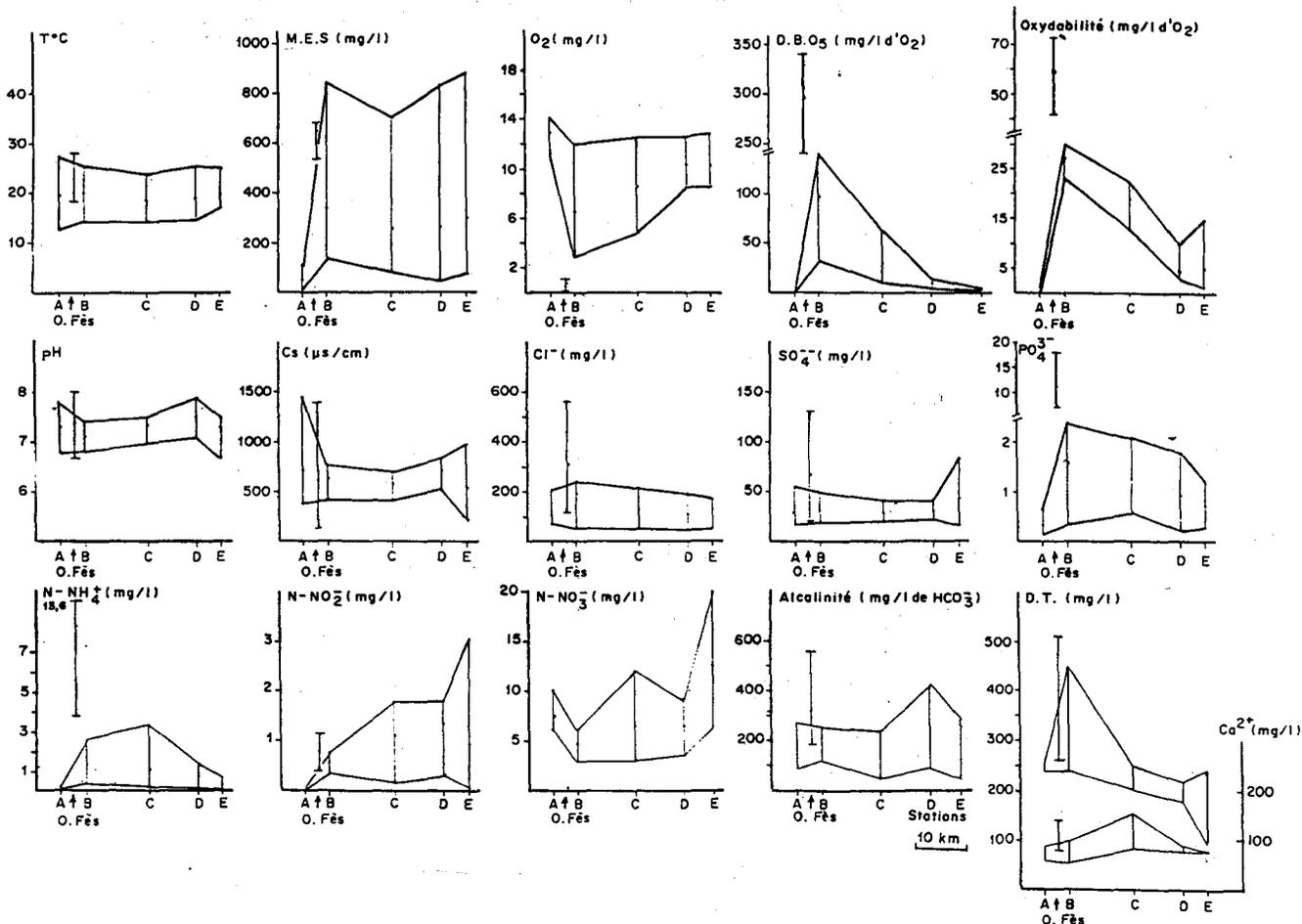


Figure 2 : Evolution spatiale des valeurs moyennes, minimales et maximales des différents physico-chimiques dans l'O. Fès et dans l'O. Sebou.

L'impact très important des rejets de la ville de Fès sur l'Oued Sebou, se traduit concrètement au niveau de la station B par un effondrement des teneurs en oxygène et une augmentation des IPO (130-140 mg/l de D.B.O.₅ et 29-30 mg/l d'oxydabilité) et des IPC (phosphates, sulfates, chlorures, etc.). L'ion ammonium est à des valeurs plus faibles que celles de l'Oued Fès dénotant un début de nitrification.

Plus en aval la situation s'améliore progressivement. On assiste à une régression de la charge organique et à un retour de la teneur en oxygène vers son état normale. L'azote ammoniacal, les nitrites et les phosphates disparaissent progressivement. Les nitrates deviennent de plus en plus prédominant pour devenir pratiquement la seule forme d'azote perceptible dans la station E. Par ailleurs, certains paramètres principalement ceux en relation avec la nature du substrat (chlorures, sulfates), semblent connaître des augmentations épisodiques en relation avec les apports de l'Oued Inaouène qui drainent des terrains salifères. La constance des valeurs du pH le long du cours d'eau doit sans doute être attribuées à l'effet tampon du complexe carbonates-bicarbonates.

Tableau II: Code des paramètres physico-chimiques utilisés.

Code	Variables	Unités
T	température	°C
M.E.S.	matières en suspension	mg/l
pH	potentiel Hydrogène	
Cs	conductivité électrique	µS/cm
D.B.O. ₅	demande biologique en O ₂	mg/l d'O ₂
Ox	oxydabilité au permanganate	mg/l d'O ₂
SO ₄ ⁻⁻	sulfates	mg/l
PO ₄ ⁻⁻⁻	orthophosphate	mg/l
N-NH ₄ ⁺	azote ammoniacal	mg/l
NO ₂ ⁻	nitrites	mg/l
NO ₃ ⁻	nitrates	mg/l
Alc	alcalinité	mg/l (HCO ₃ ⁻)
D.T.	dureté totale	mg/l (CaCO ₃)
Ca ⁺⁺	dureté calcique	mg/l

L'amélioration progressive de la qualité de l'eau du Sebou témoigne d'une bonne intervention des phénomènes d'auto-épuration, malgré la présence de substances toxiques, tels les métaux lourds pouvant interférer dans la décomposition de la matière organique (FEKHAOUÏ & al., 1993). Cette récupération est aidée par les phénomènes de dilution par les eaux non polluées.

VARIATIONS DES GERMES ETUDIÉS

Germe totaux (G.T.)

En amont des rejets, station A, s'observent les valeurs les plus faibles de GT (4.10³-1,5.10³ GT/ml). Les valeurs les plus élevées ont été obtenues dans l'Oued Fès (9.10⁵ - 4.10⁹ GT/ml).

Tableau III: Résultats des analyses bactériologiques des germes totaux (GT/ml) des coliformes fécaux (CF/ml) et des Stréptocoques fécaux (SF/ml) dans les stations considérées.

	G.T.	C.F.	S.F.
A	5.10 ³	50	143
F	-	-	-
B	1.10 ⁸	9.10 ⁴	4.10 ²
C	9.10 ⁵	19.10 ³	15.10 ³
D	5.10 ⁶	2.510 ⁵	910 ³
E	1,2 10 ⁶	5.10 ⁴	9.10 ³
A	4.10 ³	50	90
F	5.10 ⁷	5.10 ⁴	5.10 ⁵
B	3.10 ⁵	19.10 ³	9.10 ²
C	5.10 ⁷	5.10 ³	2.10 ²
D	2.10 ⁵	5.10 ³	90
E	5.10 ⁸	13.10 ⁴	5.10 ⁴
A	15.10 ²	50	19
F	19.10 ⁶	3.10 ⁵	5.10 ⁴
B	30.10 ⁴	3.10 ³	2.10 ²
C	5.10 ⁴	19.10 ³	2.10 ²
D	3.10 ⁴	5.10 ³	2.10 ²
E	3.10 ⁴	9.10 ²	50
A	15.10 ²	9	5
F	9.10 ⁵	5.10 ⁴	19.10 ³
B	9.10 ³	15.10 ²	5.10 ²
C	23.10 ⁴	9.10 ³	5.10 ²
D	5.10 ⁴	9.10 ²	18
E	19.10 ²	15.10 ²	3,4
A	9.10 ⁶	50	90
F	40.10 ⁸	15.10 ⁴	9.10 ⁴
B	30.10 ⁷	15.10 ³	5.10 ²
C	4.10 ⁵	9.10 ²	90
D	5.10 ⁵	5.10 ⁴	9.10 ²
E	19.10 ³	4.10 ³	9

L'enrichissement de l'Oued Sebou par les germes rejetés par la ville de Fès s'observe au niveau de la station B, la plus proche du point de rejet, où les variations de ces germes suivent celles observées dans l'Oued Fès. Plus en aval, on assiste à une légère régression du nombre de GT, résultat d'une récupération partielle de l'Oued Sebou, jusqu'à la station la plus en aval (E) où les fluctuations semblent très importantes, avec des valeurs parfois supérieures à celles obtenues dans l'O. Fès, et parfois inférieures à celles de la station A.

Cependant, en comparant l'évolution des GT campagne par campagne, en relation avec les fluctuations du débit, il apparaît une nette influence de ce dernier sur l'enrichissement de certaines stations en germes totaux. En effet, après les fortes pluies enregistrées durant le mois d'avril 1987, voire

avant, les eaux de ruissellements par lessivage des terrains avoisinants charrient une masse importante de germes, venant s'ajouter à la population bactérienne indigène. Cet enrichissement s'observe principalement au niveau de la station E, où les apports de l'Oued Inaouène pourront expliquer cette augmentation.

Concernant l'état de récupération du cours principal (Fig. 3), il est variable en fonction des saisons. Elle est très active et parfaite lors de la campagne de juillet 1987. On assiste à un retour à l'état initial du cours d'eau; l'augmentation de la température et les faibles apports latéraux favorisent ce retour. Ceci se constate également au niveau du degré de contamination (défini par le Logarithme du rapport entre les GT de la station considérée et les GT de la station de référence) qui reste le plus faible (tableau IV).

Tableau IV : Degré de contamination (D.D.C.) (exprimé en log. nb de germes/ml) dans les différentes stations considérées.

	12/86	02/87	05/87	06/87	07/87
GTA/GTA	0	0	0	0	0
GTB/GTA	4,40	1,90	2,30	0,78	1,50
GTC/GTA	2,35	4,10	1,50	2,20	0
GTD/GTA	3,10	2,70	1,30	1,50	0
GTE/GTA	2,50	5,10	1,30	1,50	0
GTF/GTA	nd	4,10	4,10	2,80	2,64

Cette même auto-épuration est faible lors des campagnes de décembre 1986, mai et juin 1987; l'enrichissement de la station C au mois de juin 1987 et de la station D au mois de décembre 1986 en germes d'origine terrestre, paraît entraver le processus normal de l'auto-épuration et par conséquent retarder la récupération de l'O. Sebou dans sa partie aval.

Coliformes fécaux (C.F.).

Ils permettent de déceler une pollution fécale. Leur présence dans l'Oued Sebou est liée principalement aux apports de l'Oued Fès, très chargé en matières fécales.

Concernant l'évolution de ces organismes fécaux, leur nombre apparaît stable et faible en amont ($9-50$ CF/ml), par contre il est variable et élevé dans l'Oued Fès (5.10^4 et 3.10^5 CF/ml). Les fluctuations observées au niveau de ce dernier sont dues aux modifications des habitudes humaines (nutrition, etc.) et à la qualité de matière fécale reçue par l'Oued Fès (Fig. 3).

En aval du point du rejet, le taux de CF diminue très lentement pour atteindre au niveau de la station E des taux de l'ordre de $9.10^2-1,5.10^5$. Ces valeurs restent très importantes par rapport à celles de la station témoin A. Ceci témoigne de la non récupération totale du secteur aval qui reste assez

chargé en CF, qui sont des organismes très résistants dans les milieux extérieurs à l'homme, même hostiles à leur croissance.

Par ailleurs les fluctuations du débit ne semblent pas trop affecter l'évolution saisonnière des CF dans les différentes stations; les variations possibles sont probablement d'ordre local; présence de bétail, etc....

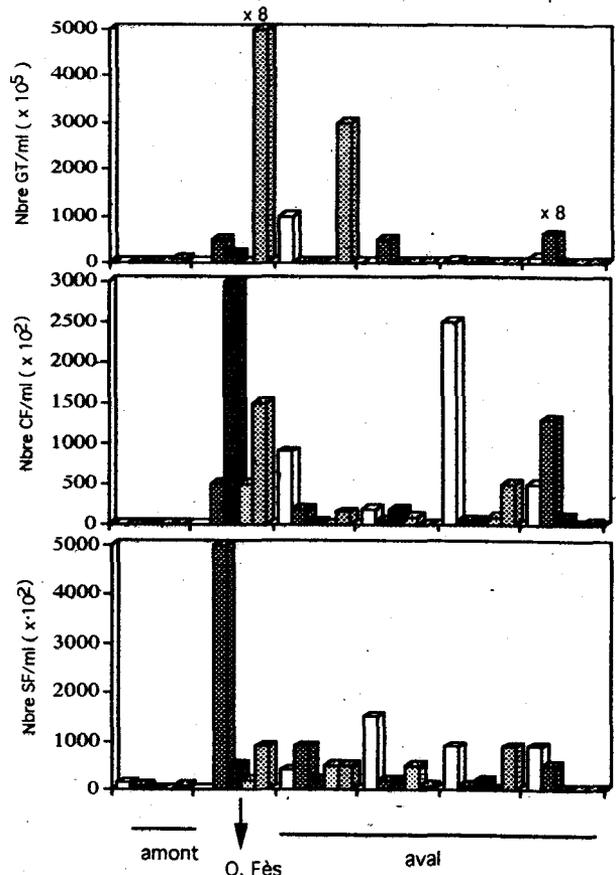


Figure 3 : Variations spatio-temporelles des germes totaux (GT), des Coliformes fécaux (CF) et des Streptocoques fécaux (SF) dans l'Oued Fès (F) et dans l'Oued Sebou.

Streptocoques fécaux (S.F.).

Leur nombre est directement lié à la quantité de matière fécale animale se trouvant dans l'eau (Fig.3).

A l'image des CF, l'évolution des SF se caractérise par des valeurs très élevées dans l'Oued Fès ($5.10^5-2.10^4$ SF/ml) et une faible charge de ces micro-organismes en amont des rejets ($15-143$ SF/ml).

Cependant, la progression longitudinale de ces organismes le long de l'Oued Sebou montre, d'une manière générale, une diminution du taux de SF pour atteindre au niveau de la station E, des valeurs qui se rapprochent plus au moins de celles de la station A (Fig. 3).

En effet, et à l'exception des campagnes de décembre 1986 et février 1987, pour lesquelles on assiste à un enrichissement des stations C, D et E par les apports latéraux, plus importants lors de la première campagne, pour le reste on assiste à un retour à l'état initial du cours d'eau, confirmant par conséquent la récupération parfaite de l'Oued Sebou.

Par ailleurs, si l'action du débit est appréciable en amont, précisément au niveau de la station B, permettant une dilution de la charge fécale de la ville de Fès par les eaux amont non contaminées, il n'en est pas de même plus en aval, où on assiste au contraire à un enrichissement en SF par lessivage des terrains agricoles chargés d'énormes quantités de fumier. S'ajoute à ceci l'impact du bétail utilisant le cours d'eau comme abreuvoir. Ceci rend l'auto-épuration et la récupération plus difficile dans ce secteur aval.

Contrairement aux CF, qui persistent dans le milieu extérieur, les SF disparaissent plus rapidement que leur support organique (matière fécale animale).

INFLUENCE DE CERTAINS PARAMETRES DU MILIEU SUR L'ACTIVITE BACTERIENNE

Les bactéries sont des organismes capables d'affecter le flux d'énergie et le cycle de plusieurs éléments dans l'environnement. Elles sont capables à la fois d'absorber activement la matière organique dissoute et de n'utiliser que le minimum de cette matière (ZOBELL & GRANT, 1943). Par suite du métabolisme, leur croissance et leur développement sont des indices significatifs de la présence dans l'eau de substances nutritives (OSTROWSKI, 1969; STARZECKA & *al.*, 1979). En revanche, elles sont limitées par plusieurs facteurs du milieu tels que la disponibilité en substances nutritives, la concentration en oxygène dissout, la température de l'eau, etc. (DAUBNER, 1969; ALLEN, 1969; OVERBECK, 1974; JONES, 1977).

Il semble donc utile de tenter de mettre en évidence l'influence de certains paramètres du milieu sur l'activité bactérienne, estimée par son degré de contamination.

Cette influence ne sera considérée qu'au niveau de deux stations :

- au niveau de la station B, la plus directement soumise aux rejets de la ville de Fès et aux diverses fluctuations liées aux apports des eaux amont non polluées, dont l'importance varie en fonction des campagnes;
- au niveau de la station E, afin d'estimer le degré de récupération de ce cours d'eau et sa variation en fonction des saisons.

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE, DE L'OXYGENE ET DE LA D.B.O.₅ (Fig.4).

Lors des deux premières campagnes, une diminution de l'activité hétérotrophe des bactéries est à relever au niveau de la station B, comme en témoigne la baisse du degré de contamination de cette station (de 4,43 à 1,9). Cette diminution est à corréler avec la réduction de la matière organique rejetée par la ville de Fès; la D.B.O.₅ passe de 140 à 32 mg/l d'O₂.

En effet, la réduction de la disponibilité de cette matière organique riche en substances nutritives, freine le développement des bactéries responsables de sa dégradation et par conséquent leur activité hétérotrophe. Le milieu devient oxydant, la teneur en oxygène de l'eau passe de 4,5 à 11,9 mg/l. La faible variation de la température reste sans effet sur l'activité des différents micro-organismes.

Durant les campagnes suivantes, l'augmentation de la température d'une part, et le taux de matière organique, donc la disponibilité de substances nutritives d'autre part, permettent le maintien de l'activité hétérotrophe, avec une augmentation de la population bactérienne stimulée par l'apport nutritif (le degré de contamination augmente). La baisse de l'oxygène est due à son utilisation pour la biodégradation. L'ensemble de ces processus témoigne d'une autoépuration fonctionnelle.

Par ailleurs, la surcharge de la station B en matière organique, lors des dernières campagnes, l'augmentation de la température et la nature réductrice du milieu, permettent l'installation d'un métabolisme fermentaire, permettant de fournir une énergie de substitution aux bactéries. Il s'ensuit une baisse du degré de contamination de 2,3 à 0,77 et par conséquent un ralentissement de l'auto-épuration avec une accumulation de la matière organique.

Plus en aval, au niveau de la station E, on assiste à une augmentation importante du degré de contamination qui passe de 2,5 à 5,1, lors des campagnes de décembre 1986 et février 1987, fait en contradiction avec une prolifération microbienne. En effet, suite à une diminution du taux de matières organiques, la D.B.O.₅ passe de 4,5 à 1,5 mg/l et l'oxygène se maintient à des taux élevés (12,8 mg/l); on devrait donc s'attendre plutôt à une diminution du degré de contamination, c-à-d de l'activité bactérienne.

Ce fait constaté est lié probablement à un enrichissement de la station E par des germes terrestres ramenés, après lessivage des terrains traversés, par les apports de l'Oued Inaouène. S'ajoute à ceci, par moment, des germes apportés directement par le bétail utilisant ce point d'eau comme abreuvoir.

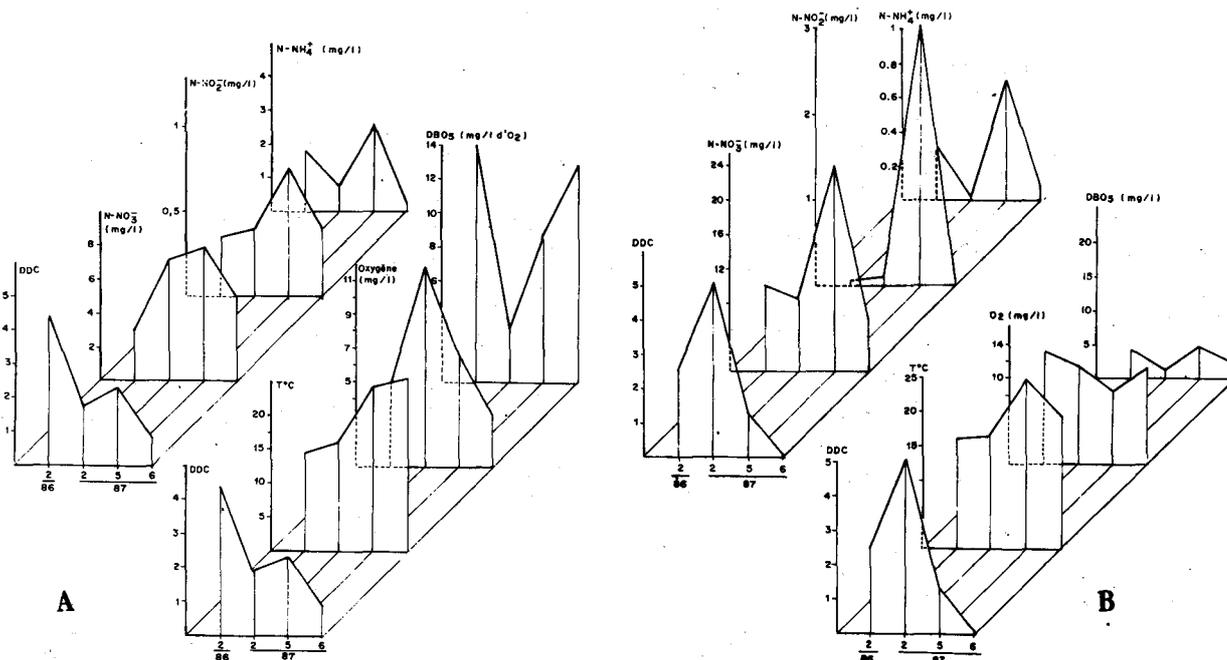


Figure 4 : a- Corrélation entre le D.D.C. et certains paramètres physico-chimiques dans la station B.
b- Corrélation entre le D.D.C. et certains paramètres physico-chimiques dans la station E.

La réduction des apports de germes exogènes par l'O. Inaouène, le maintien de la bonne oxygénation du milieu et la faible présence de matière organique (1,4-4,8 mg/l de D.B.O.₅), observés lors des campagnes suivantes, entraîne une baisse importante du degré de contamination (de 5,1 à 0,1). Le processus de biodégradation arrive à terme, le nombre global des germes diminue et la qualité de l'eau s'améliore au niveau de cette station.

INFLUENCE DES ELEMENTS AZOTES (Fig. 4).

Les bactéries autotrophes et hétérotrophes jouent un rôle important dans le cycle de l'azote et des sulfates (RHEINHEIMER, 1980; GUNDERSEN, 1981). Dans l'environnement aquatique, le passage de l'azote minéral de la forme réduite NH_4^+ obtenue lors de la biodégradation des protéines par ammonification bactérienne, à la forme la plus oxydée NO_3^- dépend en grande partie des bactéries spécialisées du cycle de l'azote; *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*. Par contre la réduction des nitrates en ion ammonium dans l'eau peut se faire par une grande majorité de bactéries notamment les Entérobactériacées.

Cependant, les bactéries responsables de l'oxydation ont un taux de croissance plus lent que les bactéries hétérotrophes et sont éliminées au fur et

à mesure de leur prolifération pendant l'auto-épuration (BROUZES, 1973). De ce fait, les variations des concentrations en azote minéral (en dehors d'apports exogène), sont plutôt fonction des activités bactériennes et par conséquent peu susceptibles de modifier le degré de contamination.

Ainsi au niveau de la station B, l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrites, puis en nitrates est favorisée par un taux d'oxygène assez important lors des premières campagnes. L'augmentation de la matière organique (relevée par les mesures de la D.B.O.₅) lors des campagnes suivantes, stimule la prolifération des bactéries, notamment les ammonifiantes, la concentration en ion ammonium passe de 0,8 à 2,6 mg/l. L'activité hétérotrophe augmente, l'ion ammonium sert, par conséquent, comme une source d'énergie pour les bactéries qui l'oxydent en nitrites par nitrification, puis en nitrates par nitratation. L'utilisation accrue de l'oxygène fait passer la teneur de 11,9 à 6,6 mg/l d'O₂. Par conséquent l'oxydation de l'ion ammonium se trouve ralentie.

Devant une forte charge en matière organique (130 mg/l de D.B.O.₅) et un faible taux d'oxygène dissous (3 mg/l), l'activité hétérotrophe, notamment l'ammonification, devrait s'accélérer et le taux d'ammonium augmenter. Or on assiste au processus

inverse, une baisse de la teneur de l'eau en ion ammonium. Ceci témoigne d'une inhibition de l'ammonification et d'un blocage dans le processus de dégradation de la matière organique, par la présence de substances inhibitrices qui ne sont entre autres que les métaux lourds dont les analyses ont révélé des teneurs très importantes dans ce secteur (FEKHAOUI & al., 1993).

Plus loin en aval, l'activité bactérienne dépend d'une part des apports latéraux en éléments azotés et en germes exogènes, et d'autre par des apports azotés en provenance des stations amonts, apports très variables en fonction des campagnes.

Ainsi lors de la première campagne, l'enrichissement en germes et la faible charge organique du milieu donc de l'azote organique, stimulent le développement des bactéries capables d'assimiler l'azote des ions ammoniums. Par ailleurs, lors des campagnes suivantes, seul le processus de nitrification semble très actif, la teneur passe de 8,5 à 24 mg/l de NO_3^- . Celle des autres éléments varie peu.

Par contre, on assiste à une diminution générale durant la dernière campagne de la teneur de l'ensemble des éléments azotés, ion ammonium, nitrites et nitrates. Si pour les deux premiers la bonne oxygénation du milieu favorise leur oxydation et pourrait expliquer leur diminution, pour les nitrates seul l'assimilation par la couverture végétale, très développée en cette période, pourrait expliquer cette baisse.

CONCLUSION

Sur la base des valeurs relevées dans les différents groupes étudiés, durant la période décembre 1986-juillet 1987, l'Oued Sebou montre une forte pression engendrée par les rejets des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès.

Les différences présentées dans le nombre des groupes de bactéries examinés (GT, CF et SF) illustrent bien les changements qui se sont produits au sein de la population bactérienne naturelle.

En effet, au niveau de la station A, les valeurs les plus faibles en germes totaux, en coliformes fécaux

et en streptocoques fécaux ont été relevées. Par contre les valeurs les plus élevées se retrouvent au niveau de l'Oued Fès (St. F).

Par ailleurs, l'impact très important de ces rejets sur l'Oued Sebou, se traduit concrètement par des valeurs élevées de ces groupes au niveau de la station B. Le nombre de CF, assez élevé à cette station nous donne une idée sur l'importance de la charge fécale rejetée par l'Oued Fès.

La progression de ces germes le long de l'Oued Sebou, montre une régression du taux de ces organismes en relation avec le potentiel du récupération du milieu récepteur et la spécificité d'intervention des différents groupes bactériens dans la biodégradation, l'assimilation et le recyclage des différents éléments issus de la décomposition de la matière organique.

Cependant, si nous assistons à une disparition progressive et totale des SF et une réduction très importante des GT, il n'en est pas de même des CF dont le nombre reste élevé même à une quarantaine de Km du point de rejet. A ce niveau et à l'inverse des autres parties du cours d'eau, les fluctuations saisonnières des différents groupes semblent plus importantes. L'état de contamination de cette station reste lié aux apports périodiques de l'O. Inaouène en germes non fécaux, venant enrichir le milieu et par conséquent retarder la récupération totale du milieu.

De tous les facteurs examinés, la charge en matière organique représentée par la D.B.O.5, la température et l'oxygène restent les principaux paramètres de bonnes corrélations avec l'activité bactérienne.

Enfin, nous tenons à souligner le risque épidémiologique potentiel permanent auquel sont confrontés les nombreux utilisateurs de l'eau de l'Oued Sebou. La présence très élevée dans les stations aval des différents germes examinés, ainsi que la présence certaine d'autres germes responsables d'infections transmises par l'eau, à des taux supérieurs à ceux requis pour les eaux de baignades ou pour l'alimentation constituent une menace pour les habitants des communes situées le long de l'Oued Sebou qui en tirent l'eau nécessaire à la majeure partie de leurs besoins.

REFERENCES

- ALLEN, H.L.(1969).-Chemo-organotrophic utilisation of dissolved organic compounds by planctonic algae and bacteria in a pond. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 54, 1-33.
- BROUZES, P.(1973).-*Précis d'épuration biologique*. Tec. Doc., 114p.
- DAUBNER, I.(1969).-The effect of some ecological factors on bacteria in water. *Verh. Intern. Verein. Limnol.*, 17, 731-743.
- FEKHAOUI, M.; ABOU ZAID H. & FOUTLANE A. (1993) - Etude de la contamination métallique des sédiments et des algues de l'Oued Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès (MAROC). *Bull. Inst. Sci.*, Rabat, 17, 15-22.
- 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 son incidence sur les composantes physiques, chimiques et biologiques de l'écosystème*. Thèse d'Etat, Fac. Sci., Rabat, 173p.
- FEKHAOUI M.; HAMADA S. & DAKKI M. (1988) - Fonctionnement de l'Oued Sebou à l'aval de la ville de Fès:

- étude du peuplement d'algues benthiques. *Bull. Inst. Sci., Rabat*, 12, 59-68.
- GUNDERSEN K. (1981) - The distribution and biological transformations of nitrogen in the baltic sea. *Arch. hydrobiol.*, 101, 3, 373-400.
- JONES, J.G. (1977). The effect of environmental factors on estimated viable and total populations of planktonic bacteria in Lakes and experimental enclosures. *Freshwater Biol.*, 7, 67-91.
- OSTROWSKI, M. (1976).- Valuation of characteristics of water purity. 4-classification of pollution of waters based on norms of micro-biological, hydro-biological and chemical characteristics determined by numerical methods. *Acta Microbiol. Pol.*, 25, 269-277.
- OVERBECK, J. (1974) - Microbiology and biochemistry. *Mitt. Intern. Verein. Limnol.*, 20, 198-228.
- RHEINHEIMER, G. (1980).- *Aquatic Microbiology*. 2nd Edition. Wiley, London, New York.
- SASSON, A. (1970).-Le rôle des micro-organismes dans la biosphère et l'avenir de la microbiologie appliquée. *Bull Soc. Sci., Nat. phy. Maroc.*, p.8.
- STARZECKA, A.; PASTERNAK, K. & OSTROWSKI, M. (1979).- Essay in water purity classification on the basis of chosen biological and chemical properties. *Acta Hydrobiol.*, 21, 397-421.
- ZOBELL, C.E. & GRANT, C.W. (1943).- Bacterial utilisation of Low-concentrations of organic matter. *J. bacterial.*, 45, 555-564.

Adresses des auteurs :

Z. HMAMA & J. BAHOU
Faculté des Sciences Fès Dhar El Mahraz
Département de Biologie.
B.P. 1796 - Fès

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