

## **Recherche des indicateurs bactériens de contamination fécale dans les eaux du barrage de Lakhal (Bouira Algérie)**

**F. HAMAIDI\* & M.S. HAMAIDI**

Faculté Agro-Vétérinaires et Biologiques. Département de Biologie, Université de Blida, Route de Soumaa, Blida, Algérie

hamaidifella@yahoo.fr

### **Résumé**

L'Algérie face à des problèmes d'alimentation en eau accentués par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse, a construit en 1985, le barrage Lakhal. Les eaux de ce barrage sont utilisées pour l'irrigation des périmètres des Arribs et/ou la production d'eau potable pour Ain-Bessam, Sour El Ghozlane et sa zone industrielle. Ce barrage constitue, par ailleurs, un milieu récepteur de rejets urbains et industriels (usine de minoterie de semoule, usine de produits détergents, usine de cimenterie, usine de briqueterie...). Pour mettre en évidence la pollution microbienne de ce barrage, nous avons réalisé une étude bactériologique basée sur la recherche et le dénombrement des indicateurs bactériens de contamination fécale et une étude physico-chimique pour apprécier la qualité des eaux de ce barrage. Les résultats de cette étude montrent une concentration élevée en nitrites avec une valeur maximale de 0.758 mg/l au mois de Juillet plus élevée que la norme fixée à 0.1 mg/l. Les concentrations de la matière organique varient entre 6.3 et 9.5 mg/l, lesquelles dépassent les normes recommandées par l'OMS. Cependant, les eaux affichent des concentrations faibles en nitrates, en phosphates, en calcium et en magnésium.

Les eaux du barrage de Lakhhal présentent une pollution bactériologique, le nombre de coliformes totaux varie entre 4 et 54 CT/ 100 ml, celui des coliformes fécaux entre 1 et 20 CF/ 100 ml. On observe une diminution de la pollution fécale durant la période allant de Juillet à Septembre. Les germes pathogènes *Salmonella sp* et *Vibrio cholerae* ainsi que les spores *Clostridium* sulfito-réducteur n'ont pas été décelés durant toute la période d'étude (Mars 2007/ Septembre 2007).

**Mots clés** : barrage lakhal, bactériologie, physico-chimie, pollution.

### **Summary**

The Algeria deal with problems of water supply which accentuated by the population explosion, industrial and agricultural development as well as drought, built in 1985, the dam Lakhhal. These waters are used for irrigation perimeters of Arribs and / or production of potable water for Ain-Bessam, Sour El Ghozlane and its industrial zone. The dam constitutes a receptacle for urban and industrial wastes. The aims of the present work is the assessment of the impact of these various sources of the pollution on the microbial and physical chemistry quality of the surface water collected from dam Lakhhal. All waters are sampled during the spring (march-april) and summer season (june-september) 2007. The results of this study show a high concentration of nitrite with a maximum value of 0,758 mg / l in July higher than the standard set at 0.1 mg / l. The concentrations of organic matter vary between 6.3 and 9.5 mg / l, which exceed the standards recommended by WHO. However, the waters showed low concentrations of nitrates, phosphates, calcium and magnesium.

The waters of the dam Lakhhal presents a bacteriological pollution. The number of total coliform varies between 4 and 54 CT / 100 ml, that of faecal coliform between 1 and 20 FC / 100 ml. There is a decrease in fecal pollution during the period from July to September.

The pathogens *Salmonella* sp, *Vibrio cholerae* and the spores *Clostridium sulfite-reducing* were not detected during all study period (March 2007 / September 2007).

**Keywords:** dam lakhal, bacteriology, physical-chemistry, pollution

## Introduction

La pollution par contamination de l'eau due à des micro-organismes d'origine fécale est apparue très tôt dès que l'eau a été utilisée comme vecteur d'élimination des déchets. Avec le développement de l'urbanisation, les problèmes d'hygiène et de santé publique liés à cette contamination bactérienne de l'eau sont devenus de plus en plus critiques.

D'une manière générale, les bactéries croissent dans des milieux pauvres en nutriments (Lechevalier et al., 1988, Reasoner, 1989) et se retrouvent dans un grand nombre d'écosystèmes aquatiques (Olson et Nagy, 1984, Geldreich, 1986, Geldreich et Reasoner, 1989) et même les eaux potables (Geldreich et al., 1985, Payment et Hartmann, 1989). Les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants-*Escherichia coli*- et les streptocoques sont des indicateurs de contamination fécale (Figala et Hanak, 1986). Ils sont éliminés dans les excréments des animaux dans les pâturages à la surface du sol, puis transportés à travers le sol dans les eaux des rivières, les lacs et les eaux souterraines (McGechan et Vinten, 2004).

En Algérie, les maladies d'origine hydrique ont été responsables de vastes épidémies de dysenterie, de fièvre typhoïde et de choléra (PNAE-DD, 2002). Ces maladies sont souvent transmises par voie féco-orale et la contamination de l'homme se fait par consommation d'eau de boisson ou d'aliments contaminés par l'eau (Haslay et Leclerc, 1993, Ashbolt et al., 2001, Hunter et al., 1999). Les agents pathogènes responsables sont d'origine fécale et incluent des bactéries, principalement les genres *Salmonella*, *Vibrio* et *Escherichia* (Burton et al., 1987, Servais et al., 1999, Schaffter,

2002, Baghel, 2005).

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux du barrage de Lakhal utilisées pour l'irrigation et/ou la production d'eau potable par la détermination des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques.

### **Matériel et méthodes**

Les ressources en eaux en Algérie dépendent des précipitations donc du climat. Ce climat varie du type désertique au sud au type méditerranéen au nord. La répartition spatiale des précipitations est caractérisée par un gradient Nord-Sud bien marqué et un gradient Est-Ouest plus faible (Touazi et Laborde, 2004). La moyenne des précipitations annuelles est estimée à environ 600 mm. Le minimum pluviométrique est enregistré dans les régions du Sud. En ce qui concerne les températures, le contraste est bien marqué entre l'hiver et l'été. Les températures moyennes mensuelles les plus basses se rencontrent au mois de Janvier (inférieures à 10°C) alors que les maximas sont atteints en Juillet ou Août (25 et 30°C).

### **Zone d'étude, sources de pollution et stations de prélèvement**

#### **Zone d'étude**

Le barrage de Lakhal est situé à 5 Km de Ain-Bessam dans la wilaya de Bouira et à 150 Km d'Alger (figure 1); il est implanté à la confluence des oueds Lakhal et Fahem. Les principales caractéristiques de ce barrage sont résumées dans le tableau 1.

**Tableau 1: Caractéristiques morphométriques du barrage de Lakhal (ANB, 2000).**

Capacité de la retenue (m <sup>3</sup> )	30 Millions
Superficie du bassin versant (Km <sup>2</sup> )	189
Profondeur moyenne (m)	25
Profondeur maximale (m)	45

Le climat de la région est sujet à l'influence de la mer mais avec une tendance continentale, l'hiver est plus long avec des températures basses, l'été est plus chaud et moins humide que sur le littoral. Le mois le plus froid est Janvier où la température minimale enregistrée est de 5 °C, le mois le plus chaud est Août avec une température maximale de 36.5°C (Agence Nationale des Ressources Hydriques).

### **Sources de pollution**

Du fait de sa situation, le lac barrage étudié est confronté à différentes sources de pollution qui menacent la qualité de ces eaux:

- Le rejet des eaux usées par le biais des oueds qui l'alimentent.
- Une pollution agricole intense dominée par la céréaliculture et les maraîchages.
- Une pollution industrielle due aux nombreuses usines (détergents, semoulerie, cimenterie, briqueterie....).

Toutes ces sources de pollutions influenceraient fortement la qualité des eaux du barrage. Cependant deux stations d'épuration celle de Sour El Ghozlane et celle de Bouira sont en cours de projet de réalisation et pourront renforcer celle qui existe à Lakhdaria.

### **Stations de prélèvement**

Trois stations d'amont en aval ont été choisies, sur lesquelles, ont été effectués des prélèvements.

La station 1 (S<sub>1</sub>) est située en aval du barrage, elle se caractérise par la présence d'une couverture végétale constituée essentiellement de cultures maraîchères.

D'accès difficile la station 2 (S<sub>2</sub>) est située à proximité de la digue, la profondeur de

l'eau est importante (45 mètres).

La station 3 (S<sub>3</sub>) située en amont du barrage, elle se caractérise par une faible profondeur et elle est bordée par une aire de jeux et de loisirs.

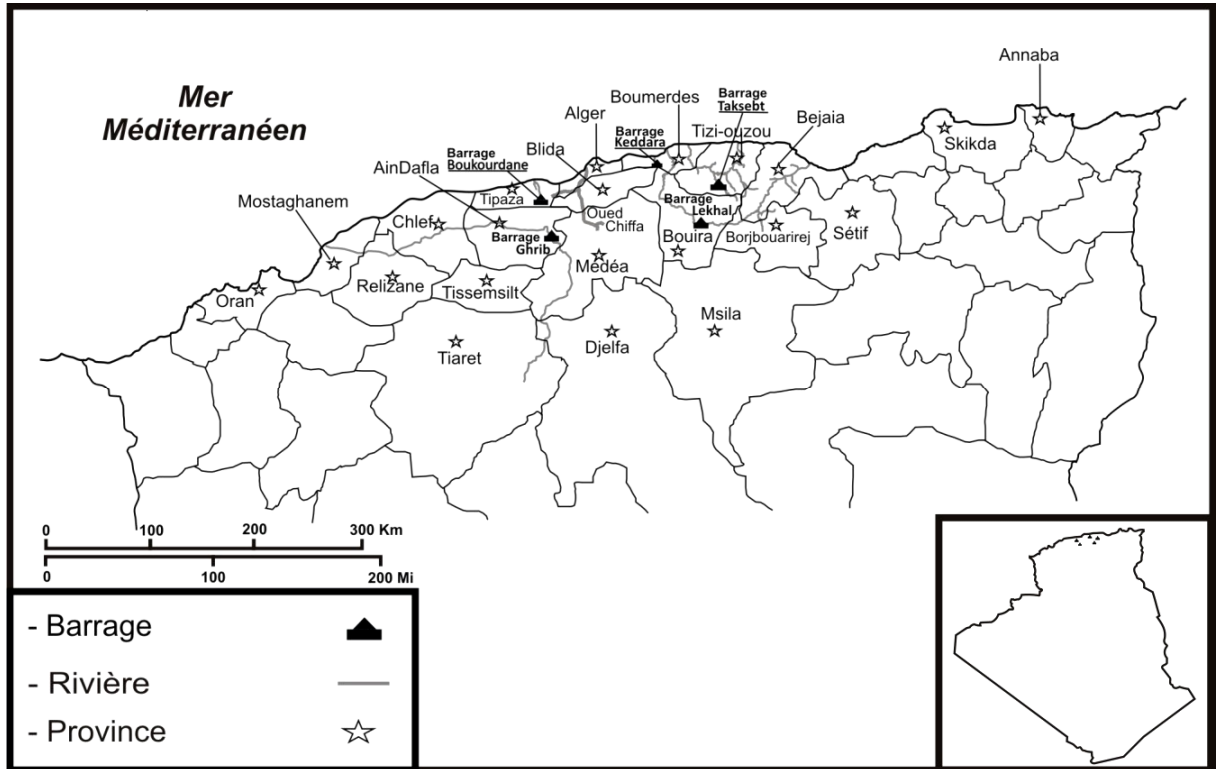


Figure 1 : Localisation du site d'étude.

### Echantillonnage et mode de prélèvement

La période d'échantillonnage se situe entre le mois de mars et le mois de septembre 2007. Les prélèvements sont effectués mensuellement le matin (8h00). L'échantillonnage au mois de Mai n'a pu être réalisé à cause de précipitations torrentielles (l'accès aux stations devient difficile).

Le suivi des paramètres physico-chimiques est effectué selon les techniques de Rodier et al., (1996). La température (T), le potentiel (pH), la conductivité électrique

(Cs) et l'oxygène dissous sont mesurés in situ à l'aide d'un multiparamètre (HACH). Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) et les sulfates ( $\text{SO}_4^-$ ) sont déterminés par dosage colorimétrique à l'aide d'un spectrophotomètre (D.L.S.7 Erma). Le calcium ( $\text{Ca}^+$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) sont dosés par la méthode volumétrique en EDTA. Le sodium ( $\text{Na}^+$ ) et le potassium ( $\text{K}^+$ ) sont déterminés par photomètre à flamme variant. La matière organique (MO) est déterminée par oxydation à chaud en milieu acide. Il est à noter que les prélèvements ont été effectués à la surface de l'eau.

Les échantillons d'eau pour les paramètres microbiologiques sont recueillis dans des flacons de 250 ml stérilisés au préalable. Ces flacons sont conservés dans une glacière réfrigérée ( $4^\circ\text{C}$ ) et acheminés jusqu'au laboratoire d'Hygiène de Blida où les analyses sont effectuées le jour même.

Quelques paramètres microbiologiques sont déterminés par la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP) (Rodier et *al.*, 1996 ; Lebres et *al.*, 2002 ; Delarras, 2006). Cette méthode consiste à ensemercer à l'aide de dilutions décimales appropriées de l'échantillon à analyser, une série de tubes contenant le milieu bouillon nutritif. Après une incubation de 24 h à  $37^\circ\text{C}$ , les tubes présentant un trouble sont considérés positifs. Les coliformes totaux sont dénombrés après une incubation de 24 h à 48 h à  $37^\circ\text{C}$ , les tubes contenant le milieu bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL), munis d'une cloche de Durham (Test présomptif).

Les tubes positifs (fermentation du lactose et production de gaz) sont repiqués pour un test confirmatif sur milieu Schubert muni d'une cloche de Durham puis incubé pendant 24 h à 48 h à  $44^\circ\text{C}$ . Après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs, il se forme un anneau rouge en surface, témoin de la production de l'indole et donc présence de coliformes fécaux.

La recherche des streptocoques est effectuée sur le milieu Rothe à  $37^\circ\text{C}$  pendant

24 h (Test présomptif). A partir des tubes de Rothe positifs, on effectue une subculture sur milieu Litsky pendant 24 h à 37 °C (Test confirmatif).

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par 100 ml suivant la table de Mac-Grady.

La recherche des vibrions cholériques se fait en trois étapes, un enrichissement primaire s'effectue sur milieu eau peptonée alcalin (EPA). Après incubation de 6, 18 à 24 h à 37°C, la solution obtenue est appelée EPA<sub>I</sub>. La solution EPA<sub>I</sub> fera l'objet d'une part d'un deuxième enrichissement (EPA<sub>II</sub>) et d'autre part d'un isolement sur GNAB<sub>I</sub> (Gélose Nutritive Alcaline Biliée). L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h. Le tube EPA<sub>II</sub> fera l'objet d'un isolement sur GNAB<sub>II</sub> puis incubation à 37°C pendant 24 h. La boîte gélose GNAB<sub>I</sub> subira une lecture qui se limite à la présence ou à l'absence de colonies spécifiques.

Quant aux salmonelles, leur recherche est effectuée sur le milieu sélénite-cystéine (SFB). Un enrichissement primaire s'effectue en portant aseptiquement 50 ml d'eau à analyser dans un flacon de 100 ml de bouillon sélénite-cystéine, la solution obtenue est appelée SFB<sub>I</sub>. Après incubation à 37°C pendant 18 à 24 h, cette solution fera l'objet d'un deuxième enrichissement (SFB<sub>II</sub>) et d'un isolement sur gélose Hektoen (H<sub>I</sub>). L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h. Le bouillon SFB<sub>I</sub> fera l'objet d'un troisième enrichissement (SFB<sub>III</sub>) et d'un isolement sur gélose Hecktoen (H<sub>II</sub>). La gélose (H<sub>I</sub>) sera interprétée. Le bouillon SFB<sub>III</sub> fera l'objet d'un isolement sur gélose Hecktoen (H<sub>III</sub>) puis incubation à 37°C pendant 24 h, la gélose H<sub>II</sub> puis H<sub>III</sub> feront l'objet d'une lecture (présence ou absence de colonies).

La recherche et le dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs se fait sur le milieu gélose viande foie (VF) additionnée d'une ampoule de sulfite de sodium et d'une ampoule d'Alun de fer.

## Résultats et Discussion

### Caractéristiques physico-chimiques

Les résultats de l'analyse physico-chimique et des températures sont reportés dans les tableaux 2 et 3 , elles sont comparés aux normes de l'OMS (2004) et aux normes algériennes (journal officiel n°46, 1993) relatives à la qualité des eaux utilisées pour la production de l'eau destinée à la consommation.

**Tableau 2: Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des eaux du barrage de Lakhal (Mars 2007/Septembre 2007).**

Mois Paramètres	Mars	Avril	Juin	Juillet	Août	Septembre	Normes algériennes	OMS
pH	8.2	8	7.6	8.6	8	7.5	6.5-8.5	6.5-8.5
Cond. (Mmhos)	0.77	0.68	0.74	0.66	0.86	0.72	6.5- 8.5µs/cm	0.4-0.75
O <sub>2</sub> (%)	109.2	77.8	116	91.9	102.2	100.7	50-90	70-90
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.218	0.096	0	0.038	0.01	0.031	0.5	≤0.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	10.3	7.2	10.6	7.3	5.7	1.6	50	50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.267	0.226	0.453	0.758	0.278	0.511	0.1	≤0.1
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0.184	0.336	0.061	0.184	0	0	0.5	0.2
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	87	85	73	60	52	57	75	100
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	30	19	26	23	34	30		50
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	159	140	150	167	177	185	200	150
M.org (mg/l)	9.5	7.4	6.3	7.1	7.3	7.5		<5

D'une façon générale, les valeurs du pH montrent que tous les points d'eau se trouvent dans l'intervalle de la norme de potabilité et varie entre 7.5 et 8.6. Selon l'OMS (2004). Le pH d'une eau potable doit être compris entre 6.5 et 8.5, les eaux du barrage de Lakhal ont un pH voisin de la neutralité avec un léger caractère alcalin.

Les valeurs de la température sont similaires et suivent un rythme saisonnier pour les

deux stations (S1 et S 2) avec un maximum de 30°C au mois de juin et et un minimum de 14°C au mois de Mars (tableau 3). Toutefois, la station S<sub>2</sub> située à proximité de la digue, présente des valeurs moins élevées.

**Tableau 3: Variation mensuelle de la température au niveau des eaux des stations étudiées du barrage de Lakhal durant la période Mars 2007/Septembre 2007. Les données sont exprimées en °C.**

Mois Station	Mars	Avril	Juin	Juillet	Août	Septembre	OMS
S <sub>1</sub>	14	18.5	30	28.5	27	24	22-25
S <sub>2</sub>	10	12	20	18	18	17	
S <sub>3</sub>	15	19.5	29	29	28	23	

La variabilité de la conductivité (CE) montre des valeurs comprises entre 0.66 et 0.86 Mmhos, indiquant que cette eau est peu minéralisée donc relativement douce.

Durant la période de l'échantillonnage, les eaux de surface du barrage de Lakhal présentaient une oxygénation très élevée. Le maximum de sursaturation en oxygène a été observé au mois de Juin (116%). Durant cette période, nous supposons qu'une très grande quantité de phytoplancton (surtout les cyanobactéries) libèrent une grande quantité d'oxygène à partir de la photosynthèse. Ces résultats concordent avec ceux observées par Deniel et *al.*, (2006), des teneurs supérieures à la teneur naturelle de saturation en oxygène indiquent une eutrophisation du milieu se traduisant par une activité photosynthétique intense.

Par ailleurs, la présence de nitrates dans les échantillons pourrait être due à la pratique agricole qui consiste à utiliser abondamment des engrais industriels ou du fumier. Ces concentrations restent cependant inférieures à la concentration maximale acceptable selon la directive européenne (OMS, 2004) et les normes algériennes qui sont de 50 mg/l. Les faibles teneurs obtenues en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> montrent que ces particules proviennent

principalement du métabolisme. En effet, en présence des microorganismes, l'azote organique contenu dans les matières organiques est oxydé en  $\text{NH}_4^+$ . La nitrification convertit le  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$  en passant par le  $\text{NO}_2$ . Cette biotransformation s'effectue en deux étapes, en présence de *Nitrosomas* et de *Nitrobacter* respectivement. En effet, le nitrate formé peut subir la dénitrification par réduction, essentiellement en  $\text{NO}_2$ . La dénitrification est assurée par *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus* et *Achronobacter* (Chausse et al., 2003). Tous ces processus microbiens entre les nitrates, nitrites et l'ammonium dépendent de la présence ou de l'absence de l'oxygène (Sukop, 2006), de la température et du pH (Burton et Turner, 2003). L'ammonium est un indicateur de la contamination des sources d'eau par la matière organique (Figala et Hanak, 1986). Les nitrites ne sont retrouvés que rarement en concentrations importantes dans les eaux naturelles (Debieche, 2002), les teneurs élevées en  $\text{NO}_2$  dans les prélèvements indiquent une pollution organique récente due probablement par le libre accès des ovins et des bovins à l'alimentation en eau. Pour le phosphore, son évolution est presque homogène, avec des valeurs moyennes allant de 0 à près de 0.336 mg/l. Les valeurs du calcium, du magnésium et des sulfates correspondent aux normes algériennes.

La charge organique obtenue par oxydabilité au  $\text{KMnO}_4$  varie entre 6.3 et 9.5 mg/l. Ces valeurs montrent que les échantillons sont fortement chargés en matière organique oxydable et dépassent la norme fixée par l'organisation mondiale de la santé. Selon Dupieux (2004), cette concentration élevée est due aux rejets urbains et à une pollution industrielle. Cependant, au mois de Juin, la diminution de la teneur en matières organiques serait due à l'augmentation de la température ( $30^\circ\text{C}$ ) qui accélère le processus de la dégradation de la matière organique par la flore bactérienne. Selon CEAEQ (2006), ces valeurs élevées peuvent perturber l'équilibre biologique naturel et peut aussi gêner la production en eau potable.

### **Qualité bactériologique**

L'analyse bactériologique des échantillons analysés montre que les eaux du barrage de Lakhal utilisées pour l'irrigation et la production d'eau potable sont

contaminées. Le tableau récapitulatif ci dessous regroupe l'ensemble des germes rencontrés ainsi que leur nombre dans chaque prélèvement.

**Tableau 4: Résultats des analyses bactériologiques.**

Mois	Mars P <sub>1</sub>			Avril P <sub>2</sub>			Juin P <sub>3</sub>			Juillet P <sub>4</sub>			Août P <sub>5</sub>			Septembre P <sub>6</sub>			Normes algériennes	OMS (2002)	
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>			
Stations	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>			
Coliformes totaux 37°C/ 100 ml	1 7	1 0	-	7 0	1 0	8	5 4	2 4	6	7	6	1 2	8	5	1 2	1 0	4	8	< 10/ 100 ml	10/ 100 ml	
Coliformes fécaux 44°C/ 100 ml	-	-	-	3	5	1	1 7	1 3	1	2	2	3	1	-	2	2	-	2	3	0/ 100 ml	0/ 100 ml
Streptocoques fécaux 37°C/ 100 ml	-	-	-	-	1	-	3	1	1	-	1	2	-	-	1	1	-	1	0/ 100 ml	0/ 100 ml	
<i>Clostridium Sulfito-réducteur</i> / 20 ml	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/ 20 ml	0/ 20 ml	
Salmonelles / 100 ml	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/ 100ml	0/ 100ml	
Vibrions cholériques/ 100 ml	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/ 100 ml	0/ 100 ml	

- : Non détectable.

Les résultats montrent que la contamination de l'eau de surface en coliformes totaux diffère d'une station à l'autre (tableau 4). Les échantillons prélevés de la station 1

sont plus contaminés que ceux des deux autres stations surtout durant les mois de Mars et Juin, le nombre de germes varie faiblement entre 7 CT/100ml et 54 CT/100ml, par rapport à la station 2 où ce nombre varie de 4 CT/100 ml à 24CT/100 ml et dans la station 3 de 6 CT/100 ml et 12 CT/100 ml.

Quant aux coliformes fécaux, aucun germe n'a été détecté au premier mois de prélèvement (Mars). La plus forte contamination par ces germes au niveau de la station 3 a été observée en Avril (17 CF/100 ml).

Pour les streptocoques fécaux, une faible contamination au niveau de la station 1 a été décelée au mois de Juin.

Aucun prélèvement ne s'est révélé positif ni pour les spores de *Clostridium* sulfito-réducteur, ni pour le genre *Salmonella*, ni pour l'espèce *Vibrio cholerae* dans les trois stations.

Durant la saison printanière, l'analyse microbiologique du barrage de Lakhal révèle une faible présence des coliformes totaux et fécaux et une absence des streptocoques fécaux au mois de Mars. Cela est dû aux basses températures de la saison qui ne sont pas favorable au développement des germes (tableau 3).

La contamination atteint des valeurs maximales durant le mois de juin. Cette abondance de germes est favorisée durant la saison chaude par une élévation de la température de l'eau ainsi que par la baisse du débit. Selon Larpent et Champiat (1988), cet accroissement correspond aussi à une contamination fécale due aux infiltrations des matières organiques fécales. En effet, la composition de cette flore bactérienne dépend de la richesse en nutriments provenant des rejets humains et animaux.

La période allant de juillet à septembre se caractérise par une diminution importante des coliformes totaux et fécaux avec cependant une faible présence de streptocoques fécaux. Cette baisse est due à l'effet combiné de la sédimentation et des longs séjours de l'eau dans le barrage. Ces conditions sont peu favorables à la survie de

ces germes. Selon Coyne et Howelm (1994), plus le temps entre l'épandage des fumiers et la pluie est long, plus le taux de contamination fécale est faible, en effet la zone d'étude reçoit 90% des précipitations entre Novembre et Février. Les plus grandes fluctuations ainsi que les plus importants apports ont lieu du mois de Décembre au mois de Mai. Pendant le reste de l'année, les apports sont moins importants, conséquence de la brusque diminution des précipitations, les oueds ne sont pratiquement alimentés que par les eaux souterraines et par les rejets urbains et industriels. Ces mêmes observations ont été rapportées par Vinten *et al.*, (2004) qui notent que la concentration des bactéries (*Escherichia coli*) dans les cours d'eau est faible en été qu'au printemps et à l'automne et d'après Deeks *et al.*, (2005), ceci est en relation avec l'intensité des précipitations déjà mentionné précédemment. Au niveau des prélèvements d'Avril et de Juin dans la station S<sub>3</sub>, nous avons les premiers pics des coliformes fécaux qui cependant correspondent à une baisse de coliformes totaux, ce qui explique que les coliformes présents dans l'eau sont d'origines fécales due probablement à une activité humaine intense. Les trois stations se caractérisent également par une faible concentration en streptocoques fécaux par rapport aux coliformes fécaux. Ces résultats, concordent avec les observations faites par Fernandez-Alvarez *et al.*, (1991), Chahlaoui, (1996) et Hunter *et al.*, (1999).

Les germes pathogènes (Salmonelles et vibrions cholériques) ainsi que les spores de *Clostridium sulfito-réducteur* n'ont pas été détecté malgré la présence de bactéries d'origine fécale. Cette absence a été mentionnée dans les études faites par Galès et Baleux (1992) dans le lagon Thau (France); Chahlaoui, (1996) dans l'oued Boufekrane (Maroc), Schaffter et Parriaux, (2002) et Aboukacem *et al.*, (2007) dans les oueds Boufekrane et Ouislane (Maroc).

### **Variations des germes en fonction des stations**

**Station 1 :** Cette station située en aval est modérément contaminée par les micro-

organismes. Les sources de cette contamination sont les rejets sanitaires et pluviaux des villes riveraines, de même que l'apport des engrais qui sont charriés par les oueds Lakhhal et Fahem. L'existence d'une station d'épuration des eaux usées avant leur évacuation dans ce barrage s'est avéré être une bonne solution pour diminuer le nombre de germes pathogènes.

**Station 2** : située dans la zone pélagique, les prélèvements d'eau ont été faits à 1.5 m de profondeur et semblent de bonne qualité microbiologique. En effet, selon Payment et *al.*, (1991), la survie des micro-organismes est principalement liée à la température : plus la température de l'eau est élevée, plus les micro-organismes seront activées. En corollaire, lorsque les eaux sont plus froides, leur survie est réduite. Les températures mesurées au niveau de cette station sont de l'ordre de 10°C au mois de mars, 12°C avril, 20°C juin, 18°C juillet, 18°C août et 17°C au mois de septembre (Tableau 3).

**Station 3** : Les sources de contamination de cette station sont d'origine humaine. C'est une aire de loisirs et donc sujette à une forte fréquentation.

Le nombre de Coliformes Totaux et des Coliformes Fécaux dans les eaux analysés dépassant parfois les normes recommandées par l'OMS (2002) et les normes algériennes (1993) (10 CT dans 100 ml d'échantillon et 0 CF dans 100 ml d'échantillon) atteste une pollution du barrage de notre étude.

## **Conclusion**

Dans cette étude, nous avons déterminé les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux du barrage de Lakhhal utilisées en agriculture ainsi que pour la production d'eau potable en vue d'évaluer les impacts sur les risques sanitaires.

Les résultats obtenus indiquent qu'aussi bien la qualité physico-chimique que microbiologique des eaux ne réponde pas toujours aux critères en vigueur.

Les eaux du barrage étudiées affichent des concentrations moyennes élevées en

matière organique supérieures aux normes de 5 mg/l selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) et une concentration en nitrites avec une valeur maximale (0.758 mg/l) qui a atteint un niveau plus élevée que la norme fixée à 0.1 mg/l. Ces résultats confirment l'impact des rejets des eaux usées domestiques et industrielles. La présence de germes indicateurs de la contamination fécale, ainsi que la présence certaine d'autres germes responsables d'infections transmises par l'eau, constitue sans doute une menace pour les habitants. Un réseau de surveillance doit être mis pour éviter tout risque sanitaire. Il serait utile de poursuivre les travaux pour dénombrer les parasites et les virus humains qui sont très résistants aux procédés de traitement de l'eau.

### **Références bibliographiques**

**Aboukacem A., Chahlaoui A., Soulaymani A., Rhazi-Filali F. et Benali D. (2007).**

Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc). *Remise*. 1 (1): 10-22.

**ANB. (2000).** Cahier d'instruction du barrage de Lakhal. 30p.

**Ashbolt, N.J., Grabow, W.O.K., Snozzi, M., (2001).** Indicators of microbial water quality. In: Fewtrell, L., Bartram, J. (Eds.), *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Risk assessment and management for water-related infectious disease*. IWA Publishing, London (Chapter 13), pp. 289–315.

**Baghel V.S., Gopal K., Dwivedi S., Tripathi R. D. (2005),** Bacterial indicator of fecal contamination of the Gangetic river system right at its source. *Ecological Indicators* 5: 49-56.

**Burton J.A. Gunnison D. et Lanza C.R. (1987).** Survival of pathogenic bacteria in various freshwater sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 53: 633-638.

- Burton, C.H., Turner, C. (2003).** Manure management. Treatment Strategie for Sustainable Agriculture. 2nd edition. Bedford: Silsoe Research Institute, 451p.
- CEAEQ. (2006).** Recherche et dénombrement simultanés des coliformes totaux et d'E.coli dans l'eau potable avec le milieu de culture MI, méthode par filtration sur membrane. Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (CEAEQ). Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec. 24p.
- Chahlaoui A. (1996).** Etude Hydrobiologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse d'Etat, Fac. Sci. Meknès. 234 p.
- Chausse K., Phaneuf D. et Levallois P. (2003).** Nitrates/Nitrites dans fiche de synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Institut National de santé public. Québec. contamination of the Gangetic river system rigth at its source. *Ecological Indicators* 5: 49-
- Coyne M.S. et Howell J.M. (1994).** Agricultural impacts on fecal contamination of shallow groundwaters in the bluegrass region of Kentucky. *Soil. Science. News and Views*. 15 (6): 1-3.
- Debieche T.H. (2004).** Evolution de la qualité des eaux sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle: La basse plaine Seybousse. Thèse de doctorat. Université Franche-Comté des sciences et techniques. 199p.
- Deeks L.K., McHugh M. et Owens P.N. (2005).** Faecal contamination of watercourses from farm waste disposal for three sites in the UK with contrasting soil types. *Soil and Management*. 21 (2): 212-220.
- Delarras C. (2006).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation- Prélèvements- Analyses. Lavoisier, éd. Paris. 269 p.
- Deniel A., Cado S., Miletie A. et Glisie J. (2006).** Physical-chemical characteristics and phytoplankton composition of the Sava River on its lower flow stretch through Serbia. Environmental control department. 188p.

**Dupieux N. (2004).** Une proposition de protocole commun pour la description et le suivi des annexes hydrauliques du bassin de la Loire. 18 p.

**Fernandez-Alvarez, R.M., Carballo-Cuervo S., De la Rosa-Jorge M.C. et Rodriguez-De Lecea J. (1991).** The influence of agricultural run-off on bacterial populations in a river. *J.Appl. Bacteriol.* 70: 437-442.

**Figala J. et Hanak P. (1986).** Nauka o zivotnim prostredi Praha: Vysoka skola zemedelska Praha. Videopress MON. 63-79.

**Galès P. et Baleux B. (1992).** Influence of the drainage basin input on a pathogenic bacteria (Salmonella) contamination of a Mediterranean lagoon (the Thau lagoon-France) and the survival of this bacteria in brackish water. *Water Sci. Technol.* 25: 105-114.

**Geldreich E. E., Taylor R. H., Blannon J. C. et Reasoner D. J. (1985).** Bacterial colonization of point-of-use water treatment devices. *J. Am. Water Works Assc.* 77: 72-80.

**Geldreich E. E. (1986).** Potable water: new directions in microbial regulations. *ASM. News.* 52: 530-534.

**Geldreich E. E. et Reasoner D. J. (1989).** Home water treatment devices and water quality, p. 147-167. In G. A. McFeters (ed), drinking water microbiology: progress and recent developments. Springer-Verlag. New York.

**Haslay C. et Leclerc H. (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Lavoisier, éd. Paris. 367p.

**Hunter C., Perkins J., Tranter J. et Gunn J. (1999).** Agricultural land-use effects on the indicator bacterial quality of an upland stream in the Derbyshire peak district in the U.K. *Water Res.* 33 (17): 3577-3586.

**Larpent J.P et Champiat D. (1988).** Biologie des eaux : Méthodes et techniques. Masson, éd. Paris. 187p.

- Lebres E., Azizi D., Hamza A., Taleb F. et Taouchichet B. (2002).** Manuel des travaux pratiques. Institut Pasteur d'Algérie. 20p.
- Lechevalier M., Cawthon C. D. et Lee R. G. (1988).** Factors promoting survival of bacteria in chlorinated water supplies. *Appl. Environ. Microbiol.* 54: 649-654.
- Législation –Eau-Eaux de surface-Normes de qualité. (1993). Journal officiel de la république Algérienne N°46.
- McGechan M.B. et Vinten A.J.A. (2004).** Simulating transport of E.coli derived from faeces of grazing livestock using the MACROmodel. *Soil Use and Management.* 20 (2): 195-202.
- Olson B. H. et Nagy L. A. (1984).** Microbiology of potable water. *Adv. Appl. Microbiol.* 30: 73-132.
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (2004).** Guidelines for drinking-water quality. Vol.1. Recommandations, 3<sup>rd</sup> Ed. World Health Organization. Geneva.
- Payment P. et Hartmann P. (1989).** Les contaminants de l'eau et leurs effets sur la santé. *Rev. Sci. Eau.* 11: 199-210.
- Payment P., Franco E., Richardson L. et Siemiatycki J. (1991).** Gastrointestinal health effects associated with the consumption of drinking water produced by point-of-use domestic reverse-osmosis filtration units. *Appl. Environ. Microbiol.* 57(4): 945-948.
- PNAE-DD. (2002).** Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD). Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement. 148 p.
- Reasoner D. J. (1989).** Monitoring heterotrophic bacteria in potable water, p. 452-477. In G. A. McFeters (ed), drinking water microbiology: progress and recent developments. Springer-Verlag. New York.

**Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H et Rodi L. (1996).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod, 8ème éd. Paris.1384 p.

**Schaffter N. et Parriaux A. (2002).** Pathogenic-bacterial water contamination in mountainous catchments. *Water Res.* 36 (1): 131-139.

**Servais P., Billen G. et Rego J.V. (1985).** Rate of bacterial mortality in aquatic environments. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (6): 1448-1458.

**Servais P., Castignolles N., Petit F., Georges G., Buffet C. et Ficht A. (1999).** Contamination bactérienne et virale. ISBN. Programme Seine-Aval. 28p.

**Sukop I. (2006).** Ekologie vodniho prostredi. Brno. Mendelova zemedelska a lesnicka universita v Brne. 199p.

**Touazi M. et Laborde J.P. (2004).** Modélisation pluie-débit à l'échelle annuelle en Algérie du Nord. *Rev. Sci. Eau.* 17 (4): 503-516.

**Vinten A.J.A., Douglas J.T., Lewis D.R., Aitken M.N. et Fenlon D.R. (2004).** Relative risk of surface water pollution by E.coli derived from faeces of grazing animals compared to slurry application. *Soil Use an*