

Contribution à l'étude microbiologique des eaux de l'oued Medjerda dans l'extrême Est Algérien : Souk Ahras

Ali Abdelmotaleb Barour¹, Mohamed Benslama², Azzedine Chefrour³ & Choukri Barour¹

¹ Département de Biologie, Centre Universitaire de Souk-Ahras,
B.P. N°39 R.P. Souk Ahras, Algérie

² Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Badji-Mokhtar Annaba,
BP12, 23000, Annaba, Algérie

³ Département de Pharmacie, Faculté des Sciences Médicales, Université Badji-Mokhta Annaba,
BP12, 23000, Annaba, Algérie

Révisé le 09/01/2012

Accepté le 23/04/2012

ملخص.

تعتبر مجردة واحدة من أكبر الأودية في شرق الجزائر. خلال الفترات الرطبة والجافة من العام 2009 تمت دراسة نوعية المياه ميكروبيولوجيا و ذلك في ست محطات، حيث أظهرت النتائج أن مفهوم الفصل يؤثر على زيادة تركيز الجراثيم خلال الموسم الجاف مقارنة بالموسم الممطر. وعلى الرغم من التركيز الكبير للبكتيريا البراز (الجراثيم الكلية، القولونيات البرازية، العقديات البرازية وسلفيت على الحد كلوستريديوم)، لم يتم اكتشاف جنس سالمونيلا. كما أن الوجود المحتمل لهذه الكائنات الحية في هيئة قابلة للحياة و غير قابلة للزرع، يشكل خطر في حد ذاته، ذلك أن الهيئة القابلة للحياة لا يمكن كشفها بواسطة تقنيات الزراعة التقليدية. علاوة على ذلك، الخمائر والعفن موجودة في جميع المواقع الشبئية الذي يدعم استنتاجاتنا لدى دراسة الكائنات السابقة. كما أظهرت النتائج تردي القيمة الميكروبيولوجية لمياه مجردة خاصة في المواقع 3 (حي الزعرورية) و 4 (حي المستشفى).

الكلمات المفتاحية: واد مجردة- المياه- البيئة- التلوث- النوعية الميكروبيولوجية.

Résumé

La Medjerda constitue l'un des plus importants oueds de l'Est algérien. Les analyses de la flore microbienne des eaux procurées de six stations pendant les périodes humides et sèches de l'année 2009 ont montré que la notion de saison a une influence certaine sur la concentration en germes.

Malgré la forte charge en bactéries indicatrices de la contamination fécale (germes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et Clostridium sulfite-réducteurs), les germes pathogènes du genre *Salmonella* n'ont pas été détectés. L'existence éventuelle de ces germes à l'état viable mais non cultivable constituerait un risque particulier du fait que les bactéries survivant à cet état ne sont pas détectables par les techniques de culture classique. Par ailleurs, les levures et les moisissures sont présentes dans tous les sites étudiés, ce qui rejoint nos conclusions concernant les germes précédemment étudiés.

Nos résultats montrent une dégradation importante dans la qualité des eaux de l'oued Medjerda notamment dans les sites 3 (cité Zarouria) et 4 (cité hospitalière).

Mots clés : Oued Medjerda – Eau – Environnement – Pollution - Qualité microbiologique.

Abstract

Medjerda is one of the most important oueds in eastern Algeria. During the late wet and dry periods of the year 2009, the microbiological water quality of six stations was studied and showed that the concept of season has some effects on increasing concentration of germs during the dry season compared to the wet season. Despite the heavy load of faecal indicator bacteria (Plate Count, fecal coliforms, faecal streptococci and sulphite-reducing Clostridium), pathogens of *Salmonella* genus were not detected. The probable existence of these organisms in a viable state but non- cultivable constitutes a particular risk because the bacteria surviving in this state are not detectable by conventional culture techniques. Moreover, the yeasts and molds are present in all sites which join our conclusions regarding the seeds previously studied. The results show a significant impairment of Medjerda water quality especially in sites 3 (Zarouria street) and 4 (Hospital street).

Keywords : Oued Medjerda – Water – Environment – Pollution - Microbiological quality.

Auteur correspondant : alibarour@yahoo.fr.

1. INTRODUCTION

L'eau peut jouer le rôle de vecteur d'agents potentiellement dangereux, notamment des micro-organismes pathogènes. La pénurie des ressources hydriques en régions semi-arides accentue ce risque [1]. Cependant, leurs réutilisations sans traitement préalable sont à l'origine d'impacts négatifs à la fois sur l'environnement et la santé des populations [2]. Sur le plan bactériologique, le problème majeur demeure dans l'introduction, au niveau des écosystèmes aquatiques, d'espèces bactériennes polluantes entraînant des perturbations environnementales et des risques sanitaires importants [3].

D'une manière générale, les bactéries croissent dans des milieux pauvres en nutriments [4, 5] et se retrouvent dans un grand nombre d'écosystèmes aquatiques [6-8] et même les eaux potables [9,10]. Les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants-*Escherichia coli*- et les streptocoques sont des indicateurs de contamination fécale [11]. 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 [12].

En Algérie, les maladies d'origine hydrique ont été responsables de vastes épidémies de dysenterie, de fièvre typhoïde et de choléra [13].

L'oued Medjerda constitue l'un des plus importants oueds de l'Est Algérien. Ce cours d'eau est exposé à d'importants rejets domestiques, agricoles et industriels du fait de l'utilisation abusive de ces eaux par les ménages, l'industrie et l'agriculture (irrigation et abreuvement). Notre étude pourra apporter des informations sur la qualité microbiologique de ces eaux et mettre en évidence le risque encouru par le consommateur.

2. MATERIEL ET METHODES

La région d'étude est située dans l'extrême Est algérien dans le territoire de la wilaya de Souk-Ahras, plus exactement dans la haute vallée de la Medjerda.

L'oued Medjerda se range parmi les oueds de portée internationale. Il traverse le territoire de deux états : L'Algérie dans la partie haute du courant et la Tunisie dans ses parties moyennes

et basses, pour se jeter ensuite dans la Méditerranée. L'oued Medjerda est caractérisé par une longueur de 460 km, avec un bassin d'alimentation de 22000 km² [14]. Le réseau hydrographique de cette région est constitué, par l'oued Medjerda et ses principaux affluents, tels que Elchouk, Djedra, Berich et Renem, ainsi que par plus d'une centaine de très petites rivières et de ruisseaux. Le réseau fluvial de cette partie du bassin est très développé. Le coefficient de densité du réseau hydrographique varie suivant le bassin à partir de 1 jusqu'à 3,3 km/km² [15]. Selon l'agence des bassins hydrographiques [16], Medjerda a un débit irrégulier allant de 1 à 1000 m³/s.

Le climat de la région est de type méditerranéen : subhumide au nord et semi-aride au Sud. Les températures varient selon les saisons de 10°C en janvier à 45°C en août. La pluviométrie moyenne annuelle est autour de 650 mm.

Les eaux courantes de la région sont exposées aux différentes formes de pollutions urbaines, industrielles (déchets des unités de productions de peinture, de stylo, de verre, de textile) et agricoles (déchets des élevages ruminants et avicoles ainsi que ceux des terres de culture céréalières et maraichères).

Le choix des sites d'échantillonnages a été établi selon un plan fondé sur la recherche des lieux les plus pollués. Nous avons choisi 02 principaux sites en amont et en aval du chef lieu de wilaya de Souk Ahras qui sont respectivement les sites 1 et 6. Le site 2 est situé en aval d'une région urbaine moyennement dense, par contre les sites 3 (en aval de la cité Zarouria), 4 (en aval de la cité 108) et 5 (en aval de la cité hospitalière) se trouvent dans des zones urbaines particulièrement denses (Fig. 1). Afin de mettre en évidence l'effet des saisons humide et sèche sur la qualité microbiologique de ce cours d'eau; deux séries d'analyses microbiologiques ont été réalisées, la première durant la fin de la période humide (avril 2009) et la deuxième durant la fin de la période sèche (septembre 2009).

Les coordonnées géographiques des 6 sites d'échantillonnage, établies par un système de positionnement global GPS sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1. Données GPS des 6 sites échantillonnés.

| les sites | Position nord | Position est | Altitude |
|-----------|---------------|--------------|----------|
| Site 1 | 36°.16.199 | 7°.53.682 | 515m |
| Site 2 | 36°.14.853 | 7°.56.883 | 495m |
| Site 3 | 36°.15.544 | 7°.58.647 | 465m |
| Site 4 | 36°.16.202 | 7°.59.827 | 463m |
| Site 5 | 36°.16.224 | 8°.00.332 | 460m |
| Site 6 | 36°.16.972 | 8°.00.807 | 441m |

Les échantillons sont prélevés à une profondeur d'au moins 20 cm dans des flacons en verre stériles de 250 ml, assez loin des rives afin d'éviter les obstacles naturels. Ils ont été conservés dans une glacière à une température approximative de 4°C et transportés au laboratoire pour subir les analyses appropriées 4 heures après les prélèvements.

Les paramètres physico-chimiques : Température, pH et conductivité électrique ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multiparamètre de terrain.

L'énumération des microorganismes a été réalisée selon les techniques décrites par Rodier *et al.* [17] et Delarras [18].

Concernant le dénombrement des germes totaux, les coliformes et les streptocoques et avant la réalisation des ensemencements, nous avons fait des dilutions décimales pour chaque échantillon, de l'ordre de 10^0 , 10^{-1} et 10^{-2} .

La méthode d'analyse utilisée pour le dénombrement des bactéries indicatrices de la

contamination fécale est le dénombrement direct par numération des colonies après ensemencement sur une gélose nutritive après étalement en surface.

Pour les Coliformes Totaux (CT) et les Coliformes Fécaux (CF), le milieu utilisé est le bouillant lactosé bilié au vert brillant, la température d'incubation est 37°C.

Pour les Streptocoques Fécaux (SF), le milieu de culture est le milieu d'Eva Litsky, et l'incubation est 37°C.

La recherche et le dénombrement des *Clostridium* Sulfito-Réducteurs, sont réalisés par ensemencement sur milieu Viande-Foie, incubé à 37°C pendant 24 à 72h avec une première lecture après 18h d'incubation [19].

La recherche de Salmonella, est réalisée en milieu Salmonella-Shigella (SS), incubé à 37°C pendant 24 à 72h [19]. Les levures et champignons sont recherchés sur milieu de Sabouraud incubés à 37°C pendant 24h.

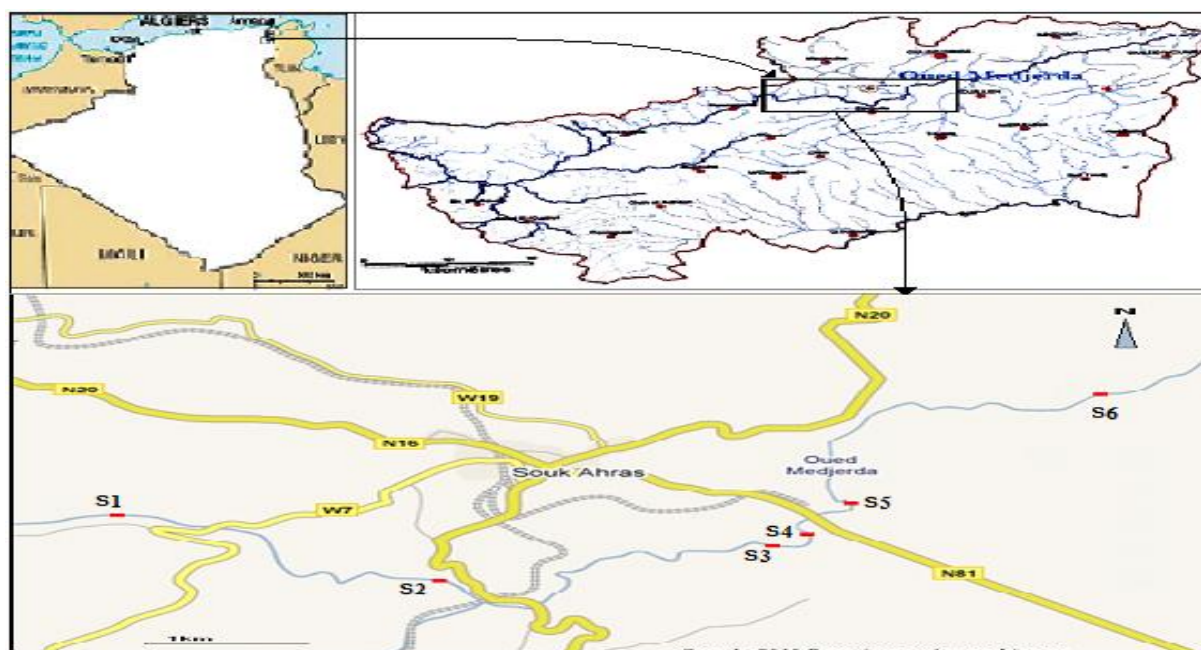


Figure 1. Localisation géographique de la zone d'étude et des sites d'échantillonnages.

3. RESULTATS

3.1 Résultats de l'analyse bactériologique

Les résultats des analyses bactériologiques obtenus peuvent être sommairement résumés comme suit :

3.1.1 Germes Totaux

Les résultats, concernant les germes totaux, sont détaillés dans le tableau 2. Le dénombrement des germes totaux aux différentes dilutions, aussi bien pour le mois d'avril que pour le mois de septembre, montre l'existence d'un gradient croissant des charges bactériennes de l'amont vers l'aval du cours d'eau à l'exception du site 5 qui subit l'effet de la dilution apporté par certaines sources d'eau douce. La charge en germes totaux augmente avec la température de l'eau (effet saison).

3.1.2 Germes fécaux

En ce qui concerne les germes fécaux une très forte contamination, en coliformes fécaux, a été constatée sur la plupart des sites et durant les deux périodes d'études (Tab. 3).

Une très forte contamination en streptocoques fécaux est également observée sur les quatre premiers sites étudiés, alors qu'elle devient minime pour les sites 5 et 6, probablement par le fait du déversement des eaux usées de la cité hospitalière situé en amont de ces sites et qui sont chargés par des produits nocifs à ce genre de bactérie.

La principale source de contamination fécale de ces eaux courantes est d'origine humaine (Tab. 4). L'origine animale dans la contamination n'apparaît que dans les 3 premiers sites. L'effet saison est inapparent.

Tableau 2. Résultats de dénombrement des germes totaux (U.F.C/ml).

| Prélèvements | Site | Dilution 10 ⁰ | Dilution 10 ⁻¹ | Dilution 10 ⁻² |
|--------------|------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Avril | S1 | 90 | 67 | 100 |
| | S2 | 200 | 42 | 20 |
| | S3 | 224 | 800 | 82 |
| | S4 | 336 | 304 | 92 |
| | S5 | 190 | 116 | 66 |
| | S6 | 336 | 184 | 120 |
| Septembre | S1 | 125 | 100 | 96 |
| | S2 | 458 | 189 | 100 |
| | S3 | 321 | 300 | 285 |
| | S4 | 500 | 452 | 352 |
| | S5 | 356 | 236 | 210 |
| | S6 | 485 | 365 | 258 |

Tableau 3. Dénombrement des germes fécaux pendant les deux périodes d'étude.

| Prélèvement | Site | Coliformes fécaux | | Streptocoques fécaux | |
|-------------|------|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | N.C. | N.P.P | N.C. | N.P.P |
| Avril | S1 | 333 | 140 x 10 ² | 320 | 9 x 10 ¹ |
| | S2 | 333 | 140 x 10 ² | 333 | 140 x 10 ² |
| | S3 | 333 | 140 x 10 ² | 333 | 140 x 10 ² |
| | S4 | 333 | 140 x 10 ² | 333 | 140 x 10 ² |
| | S5 | 333 | 140 x 10 ² | 110 | 0.7 x 10 ¹ |
| | S6 | 333 | 140 x 10 ² | 110 | 0.7 x 10 ¹ |
| Septembre | S1 | 333 | 140 x 10 ² | 333 | 140 x 10 ² |
| | S2 | 333 | 140 x 10 ² | 333 | 140 x 10 ² |
| | S3 | 333 | 140 x 10 ² | 333 | 140 x 10 ² |
| | S4 | 333 | 140 x 10 ² | 310 | 4 x 10 ¹ |
| | S5 | 333 | 140 x 10 ² | 300 | 2.3 x 10 ⁰ |
| | S6 | 333 | 140 x 10 ² | 001 | 0.3 x 10 ² |

N.C.: nombre caractéristique ;
N.P.P.: nombre le plus probable.

Tableau 4. Source probable de contamination fécale [19].

| Prélèvement | Site | CF/SF | Source probable de contamination |
|-------------|------|-------|-----------------------------------|
| Avril | S1 | 155 | CF/SF>4 : Contamination humaine |
| | S2 | 1 | 0.7<CF/SF<4 : Contamination mixte |
| | S3 | 1 | 0.7<CF/SF<4 : Contamination mixte |
| | S4 | 1 | 0.7<CF/SF<4 : Contamination mixte |
| | S5 | 2000 | CF/SF>4 : Contamination humaine |
| | S6 | 2000 | CF/SF>4 : Contamination humaine |
| Septembre | S1 | 1 | 0.7<CF/SF<4 : Contamination mixte |
| | S2 | 1 | 0.7<CF/SF<4 : Contamination mixte |
| | S3 | 1 | 0.7<CF/SF<4 : Contamination mixte |
| | S4 | 350 | CF/SF>4 : Contamination humaine |
| | S5 | 6086 | CF/SF>4 : Contamination humaine |
| | S6 | 466 | CF/SF>4 : Contamination humaine |

CF/SF : Coliformes fécaux/ Streptocoques fécaux

Sulfitoréducteurs

En ce qui concerne l'analyse des *Clostridium* sulfito-réducteurs, nous avons constaté, sur le prélèvement du mois d'avril, une très forte contamination par ces germes sur les sites 2, 3, 4 et 5 (Tab. 5). Cette contamination serait causée par une contamination fécale d'origine humaine et animale, en particulier. Les élevages aviaires sis tout près du site 2 ; élevages éphémères par nature, ce qui explique l'absence constatée durant le mois de septembre dans les sites 3, 4 et 5.

Salmonelles

Les germes pathogènes du genre *Salmonella* ont été systématiquement recherchés au niveau de toutes les stations. Aucun prélèvement ne s'est révélé positif et ce durant les deux périodes d'études.

Levures et moisissures

En ce qui concerne les moisissures et les levures, une augmentation significative, d'un mois à l'autre, est constatée (Tab. 6). Les sites 4 et 5 semblent être les plus contaminés.

Tableau 5. Variation des *Clostridium* sulfito-réducteurs.

| Mois | Site 1 | Site 2 | Site 3 | Site 4 | Site 5 | Site 6 | Norme Algérienne |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|
| Avril | - | + | + | + | + | - | - |
| Septembre | - | + | - | - | - | - | - |

Tableau 6. Résultats pondérés de dénombrement des levures et moisissures (germe/ml).

| Site | Moisissures | | Levures | |
|------|-------------|-----------|---------|-----------|
| | Avril | Septembre | Avril | Septembre |
| S1 | 283.63 | 201.36 | 338.18 | 132.18 |
| S2 | 297.27 | 513.64 | 224.54 | 451.82 |
| S3 | 642.73 | 1198.18 | 206.36 | 58.91 |
| S4 | 2536.37 | 2975.45 | 2181.82 | 2281.82 |
| S5 | 766.36 | 1804.55 | 370 | 1690 |
| S6 | 316.37 | 320.91 | 260 | 264.55 |

3.2 Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont résumés comme suit :

pH

La Figure 2 montre un équilibre du pH dans tous les sites sélectionnés et durant les deux périodes d'études. Les valeurs de ce paramètre sont limitées entre 6.00 et 7.20, ce qui donne un aspect neutre de cette eau.

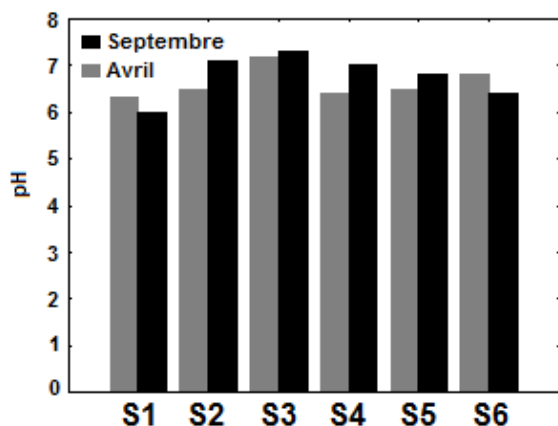


Figure 2. Variation du pH de l'eau pendant les deux périodes d'étude.

Conductivité électrique

La conductivité électrique des échantillons analysés se situe entre 690 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1540 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 3).

Ces valeurs sont hors normes (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) selon la directive du conseil des communautés européennes (N° 80-778-J.O.C.E. n°L229/11 du 30 aout 1980), citée par Rodier *et al.* [15]) et ceci dans tous les sites et pendant les deux périodes d'études.

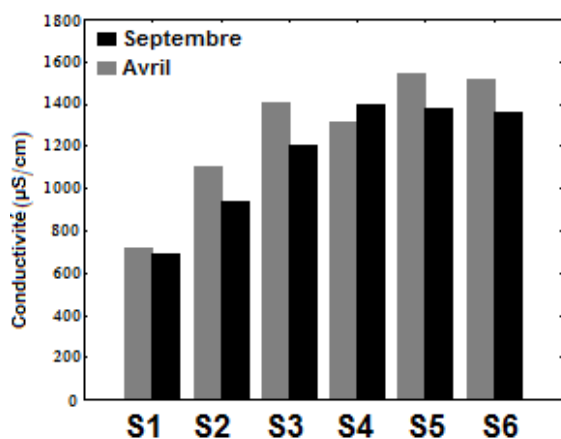


Figure 3. Variation de la conductivité de l'eau pendant les deux périodes d'étude.

Température

La figure 4 montre que la température varie de 17.1 °C dans le site 4 à 18.3 °C dans le site 1 durant le mois d'avril, par contre durant le mois de septembre, elle varie de 18.7°C dans le site 1 à 22.2°C dans le site 6.

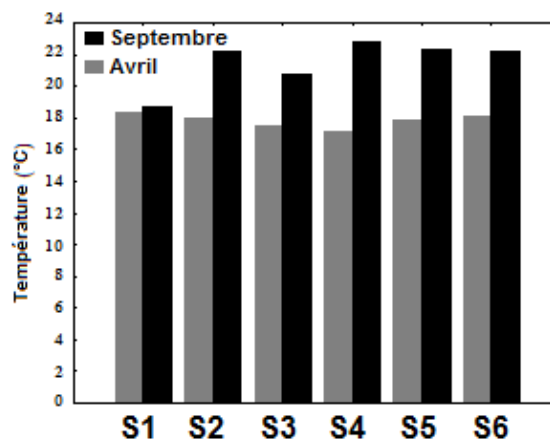


Figure 4. Variation de la Température de l'eau pendant les deux périodes d'étude.

4. DISCUSSION

En Algérie, les maladies d'origine hydrique ont été responsables de vastes épidémies de dysenterie, de fièvre typhoïde et de choléra [13]. 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 [20 - 22].

Les agents pathogènes responsables sont d'origine fécale et incluent des bactéries, principalement les genres *Salmonella*, *Vibrio* et *Escherichia* [23 - 26].

Les points les plus importants de cette étude sont la caractérisation microbiologique des eaux de l'oued Medjerda ainsi que la mise en évidence des pollutions existantes. Nos résultats sont pertinents dans la mesure où l'oued Medjerda constitue une source hydrographique très importante dans l'ensemble des régions de la wilaya de Souk-Ahras, d'une part, pour l'approvisionnement en eau potable, et d'autre part, pour l'abreuvement des cheptels et des animaux ainsi que pour l'irrigation des terres agricoles appartenant au bassin versant de la Medjerda. De plus, la caractérisation des eaux de l'oued Medjerda nous a permis de dégager plusieurs points de grande importance pour les différents paramètres microbiologiques analysés :

- La densité de la flore bactérienne totale augmente avec l'espace et la température ce qui

est confirmé par les travaux de Fernandez-Alvarez *et al.* [27] ; Chahlaoui [28] ; Aboukacem *et al.* [3] qui ont souligné des variations spatiales et temporelles dans les eaux de surface. Ces auteurs ont constaté que les charges en bactéries aérobies hétérotrophiques et en entérobactéries augmentaient avec la température de l'eau. Par ailleurs, Chahlaoui [28] a clairement démontré l'existence d'un gradient croissant des charges bactériennes de l'amont vers l'aval des cours d'eau.

- La présence des coliformes fécaux dans tous les sites d'étude témoigne d'une pollution fécale, dans la mesure où toutes les bactéries de ce groupe sont d'origine fécale. Les résultats relatifs aux streptocoques fécaux sont en concordance avec les résultats suscités à l'exception de ceux des trois derniers sites où les concentrations enregistrées sont très minimales, ceci est dû probablement aux déversements multiples des eaux usées chargées par des polluants abiotiques. Ces résultats, concordent avec les observations faites par Fernandez-Alvarez *et al.* [27], Chahlaoui [28], Hunter *et al.* [22], El Addouli *et al.* [2] et Hamaidi *et al.* [12]. Selon Hunter *et al.* [22], la moyenne du taux de mortalité étant plus rapide chez les streptocoques fécaux qui sont potentiellement plus influencée par les facteurs abiotiques du milieu naturel.

- Il est à noter, que la flore fécale humaine contient plus de coliformes fécaux que de streptocoques [29]. Les résultats caractérisant le rapport coliformes/streptocoques sont semblables à ceux obtenus par Hassoune *et al.* [1] et prouvent l'implication massive de la contamination fécale humaine sur le cours de la Medjerda. La contamination fécale mixte se concentre seulement dans les régions à forte activité agricole telles que les sites 1, 2 et 3.

- L'apparition irrégulière des *Clostridium* sulfite-réducteurs toujours en présence des germes exclusivement fécaux, signifie que l'eau n'est pas protégée contre l'irruption de flore bactérienne étrangère d'origine fécale. Ces résultats, sont en accord avec les observations relevées par Aboukacem *et al.* [3].

- Les germes pathogènes du genre *Salmonella* n'ont pas été détectés malgré la présence de bactéries d'origine fécale. Cette absence a été mentionnée dans les travaux de Galès & Baleux [30], Chahlaoui [28], Schaffner & Parriaux [25], Aboukacem *et al.* [3] et Hamaidi *et al.* [12].

- La présence des moisissures et des levures, confirme l'importante contamination de ce cours d'eau surtout au niveau des sites 4 et 5.

En fait, il a été démontré que les eaux usées peuvent contenir divers agents antimicrobiens [31], ce qui peut justifier l'instabilité dans les dénombrements effectués. Les risques sanitaires provenant de ces micro-organismes sont surtout importants au cours des baignades, d'irrigation et d'abreuvement des animaux.

- Enfin concernant l'effet perceptible du facteur saison sur l'ensemble des paramètres étudiés, il est soutenu par les résultats des travaux de McDonald & Kay [32], Fernandez-Alvarez *et al.* [27], Hunter & McDonald [33], Chahlaoui [28] et Aboukacem *et al.* [3]. Par ailleurs, les variations saisonnières concernant les bactéries entériques peuvent être en partie expliquées par l'influence des changements des conditions hydrométéorologiques [22].

4. CONCLUSION

L'analyse des paramètres microbiologiques nous a permis de déduire les points suivants :

- L'eau de l'oued Medjerda n'est pas de bonne qualité microbiologique et par conséquent, elle n'est pas conforme aux normes internationales.
- La caractérisation microbiologique stipule que les sites les plus pollués au niveau de l'oued Medjerda sont les sites 3 et 4.
- Le facteur saison a des effets certains sur l'augmentation de concentrations en germes durant la saison sèche par rapport à la saison humide.
- Les paramètres les plus sensibles par rapport au saison sont particulièrement les germes totaux, les levures et les moisissures.
- Malgré la forte charge en bactéries indicatrices de contamination fécale, les germes pathogènes du genre *Salmonella* n'ont pas été détectés.
- L'ensemble des micro-organismes pathogènes, mis en évidence dans l'eau de l'oued Medjerda (bactéries, levures et moisissures), présentent des risques très importants de maladies transmissibles aux utilisateurs de cette eau tels que l'homme, les organismes végétaux ou animaux ; ceci, soit par contact direct (boisson, lavage et baignade) ou indirecte (consommation intermédiaires : cycle d'alimentation).
- De ce fait, il serait intéressant d'envisager des études complémentaires et de prendre des mesures afin de préserver cet écosystème par :

- Des traitements visant à éliminer ou à minimiser les risques pour l'ensemble des utilisateurs.
- L'établissement des points de surveillance continu de ces eaux courantes.
- L'utilisation d'autres indicateurs de pollution.
- La mise en place d'une approche multidisciplinaire de la gestion environnementale.
- La possibilité de transfert des stations de traitement ; en effet, la station de traitement des eaux résiduaires située près du site 5 ne donne pas les résultats escomptés ; aussi, il est proposé son transfert en aval du site 6 considéré comme un point de cumul de toutes les eaux résiduaires du chef-lieu de la commune de Souk Ahras.
- La définition d'une stratégie de vulgarisation sur la viabilisation et la pérennisation de cet écosystème.

REFERENCES

- [1] Hassoune E., El kettani S., Koulali Y. & Bouzidi A., 2010. Contamination bactériologique des eaux souterraines par les eaux usées de la ville de Settat, *Microbiol. Ind. San. et Environn.*, Vol. 4(1), 1-21.
- [2] El Addouli J., Chahlaoui A., Berrahou A., Chafi A., Ennabili A. & Karrouch L., 2009. Influence des eaux usées, utilisées en irrigation, sur la qualité des eaux de l'oued Bouishak – région de Meknès (centre-sud du Maroc), *Microbiol. Ind. San. et Environn.*, Vol. 3 (1), 56-75.
- [3] Aboulkacem A., Chahlaoui A., Soulaymani A., Rhazi-Filali F. & Benali D., 2007. Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufèkrane et Ouïslane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc), *Microbiol. Ind. San. et Environn.*, Vol. 1, 10-22.
- [4] Lechevalier M., Cawthon C.D. & Lee, R.G., 1988. Factors promoting survival of bacteria in chlorinated water supplies, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 54, 649-654.
- [5] Reasoner D.J., 1989. Monitoring heterotrophic bacteria in potable water, In : *drinking water microbiology, progress and recent developments*, G.A. McFeters (Eds), Springer-Verlag, New York, 452-477.
- [6] Olson B.H. & Nagy L.A., 1984, Microbiology of potable water, *Adv. Appl. Microbiol.*, Vol. 30, 73-132.
- [7] Geldreich E.E., 1986. Potable water: new directions in microbial regulations, *ASM. News.*, Vol. 52, 530-534.
- [8] Geldreich E.E. & Reasoner D.J., 1989. Home water treatment devices and water quality, In : *drinking water microbiology: progress and recent developments*, G.A. McFeters (Eds), Springer-Verlag., New York, . 147-167.
- [9] Geldreich E.E., Taylor R.H., Blannon J.C. & Reasoner D.J., 1985. Bacterial colonization of point-of-use water treatment devices, *J. Am. Water Works Assoc.*, Vol. 77, 72-80.
- [10] Payment P. & Hartmann P., 1989. Les contaminants de l'eau et leurs effets sur la santé, *Rev. Sci. Eau.*, Vol. 11, 199-210.
- [11] Figala J. & Hanak P., 1986. Nauka o zivotnim prostredi Praha : Vysoka skola zemedelska Praha. *Videopress MON.*, 63-79.
- [12] Hamaidi F. & Hamaidi M.S., 2009. Recherche des indicateurs bactériens de contamination fécale dans les eaux du barrage de Lakhel (Bouira Algérie), *Microbiol. Ind. San. et Environn.*, Vol. 3, (1), 76-95.
- [13] PNAE-DD, 2002. Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, 148p.
- [14] A.B.H., 2001. Le bassin versant Medjerda-Mellegue, *Les cahiers de l'agence de bassins hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue*, Vol. 6, 24p.
- [15] B.N.E.F., Bureau National des Etudes Forestières, 1988., Etude de schéma directeur d'aménagement du bassin versant de l'oued Medjerda, Blida, 51p.
- [16] A.B.H., 2005. Le bassin de la Medjerda-Mellegue, *Les cahiers de l'agence de bassins hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue*, Vol. 9, 44p.
- [17] Rodier J., Basin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. & Rodi L., 2005. L'analyse de l'eau, 8^{ème} éd., Ed DUNOD, Paris, 1383p.
- [18] Delarras C., 2006. Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation-Prélèvements- Analyses. Ed. Lavoisier, Paris, 269 p.
- [19] Guiraud J. & Galzy P., 1995. L'analyse microbiologique générale. Éd. L'usine nouvelle, 267 p.
- [20] Haslay C. & Leclerc H., 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Lavoisier, Paris, 367p.
- [21] Ashbolt N.J., Grabow W.O.K. & Snozzi M., 2001. Indicators of microbial water quality In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Risk assessment and management for water-related infectious disease*, L. Fewtrell, J. Bartram (Eds.), IWA Publishing, London, (Chapter 13), 289–315.
- [22] Hunter C., Perkins J., Tranter J. & 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.*, Vol. 33 (17), 3577-3586.

[23] Burton J.A., Gunnison D. & Lanza C.R., 1987. Survival of pathogenic bacteria in various freshwater sediments, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 53, 633-638.

[24] Servais P., Castignolles N., Petit F., Georges G., Buffet C. & Ficht A., 1999. Contamination bactérienne et virale. ISBN, Programme Seine-Aval. 28p.

[25] Schaffter N. & Parriaux A., 2002. Pathogenic-bacterial water contamination in mountainous catchments, *Water Res.*, Vol. 36 (1), 131-139.

[26] 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*, Vol. 5, 49-56.

[27] Fernandez-Alvarez R.M., Carballo-Cuervo S., De La Rosa-Jorge M.C. & Rodriguez-De Lecea J., 1991. The influence of agricultural run-off on bacterial populations in a river, *J.Appl. Bacteriol.*, Vol. 70, 437-442.

[28] Chahlaoui A., 1996. Etude Hydrobiologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse de Doctorat en microbiologie, Université de Meknès, Maroc. 234p.

[29] Geldreich E.E. & Kenner B.A., 1978. Bacterial population and indicator concepts in feces swage, storm water and solid wastes. In : *Indicators of virus in water and food*, G. Berg. Ann Arbor Science Publishers (Eds), Michigan, USA, 51-97.

[30] Galès P. & Baleux B., 1992. Influence of the drainage basin input on a pathogenic bacteria (salmonelle) contamination of a Mediterranean lagoon (the Thau lagoon- France) and the survival of this bacteria in brackish, *Water Sci. Technol.*, Vol. 25, 105-114.

[31] Hirsch R., Ternes T., Haberer K. & Kratz K.L., 1999. Occurrence of antibiotics in the aquatic environment, *Sci. Total Environ.*, Vol. 225, 109-118.

[32] McDonald A.T. & Kay D., 1981. Enteric bacterial concentrations in reservoir feeder streams: base flow characteristics and response to hydrograph events, *Water Res.*, Vol. 15, 961-68.

[33] Hunter C. & McDonald A., 1991 Seasonal changes in the sanitary bacterial quality of water draining a small upland catchment in the Yorkshire Dales, *Water Res.*, Vol. 25 (4), 447-453.