



CARACTERISATION BACTERIOLOGIQUE DES EAUX DU BARRAGE HASSAN ADDAKHIL (ERRACHIDIA-MAROC)

OUHMIDOU M.¹, CHAHLAOUI A.^{1, 2}

¹UFR : Qualité et Fonctionnement Hydrobiologique des Systèmes Aquatiques,
Département de Biologie, Faculté des sciences, Meknès, Maroc.

²Equipe Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles, Département de Biologie,
Faculté des sciences, Meknès, Maroc.

mhmd.ouhmidou@gmail.Com

RESUME

Le barrage Hassan Addakhil situé au piémont sud du Haut Atlas centro-oriental, constitue une unité importante dans le bassin hydraulique Ziz-Guir-Ghriss.

Ce travail a pour objectif, la caractérisation bactériologique des eaux du barrage Hassan Addakhil. Pour ce faire, nous avons effectué un suivi de l'évolution des paramètres bactériologiques des eaux de ce barrage et de son affluent l'Oued Ziz pendant l'année 2012.

L'analyse bactériologique a mis en évidence la présence d'une contamination fécale dans les eaux du barrage Hassan Addakhil et de l'Oued Ziz ce qui constitue un risque sanitaire pour les usagers et la biodiversité du site.

Mots clés : eau, Barrage Hassan Addakhil, caractérisation, bactériologie, Maroc.

ABSTRACT

The Hassan Addakhil dam is situated in the foothills of the central High Atlas. It constitutes an important unit in the bassin Ziz-Guir-Ghriss.

The objective of the present study is the characterization of a bacteriological of waters of the dam Hassan Addakhil. To do this, we conducted a monitoring of the evolution of the bacteriological parameters of the water of the dam and water flowing from its Oued Ziz in the year 2012. A faunal study was conducted during the period study.

This study revealed the presence of fecal contamination in the Hassan Addakhil dam and the Ziz valley's waters. The degree of the fecal contamination of the Hassan Addakhil dam waters is lower than that of the Ziz valley's, but still may constitute a health risk.

Keywords: Water, Hassan Addakhil dam, characterization, bacteriology, Morocco.

INTRODUCTION

L'analyse bactériologique des eaux se base historiquement sur la mise en évidence des indicateurs de la contamination fécale (Maul et al., 1982 ; Mara et Cairncross, 1991). Ces indicateurs microbiologiques sont considérés parmi les paramètres les plus importants pour les eaux à usage agricole.

Le danger principal provient de la contamination des végétaux par des germes pathogènes de l'eau, ces végétaux étant consommés ultérieurement par hommes ou animaux (Robert, 1999). Ces germes proviennent essentiellement du rejet des eaux usées domestiques ou industrielles directement dans les cours d'eau et ou des lessivages des sols (Wheal, 1991). Cependant, lorsque le milieu aquatique reçoit des rejets d'origine animale ou anthropique, le nombre et le type de bactéries présentes sont capables de rendre l'eau impropre à l'utilisation humaine (Hébert et Lègaré, 2000).

La contamination des eaux de surface par des agents pathogènes est à l'origine de plusieurs maladies. Ces maladies d'origine hydrique ont été responsables de vastes épidémies de dysenterie, fièvre typhoïde, choléra, entre autres. Les travaux effectués par plusieurs médecins ont signalé la présence de ces maladies surtout dans les oasis du sud du pays (Bertoli et al, 1981).

Dans ce contexte, notre étude consiste à chercher et dénombrer les germes pathogènes qui peuvent constituer un risque pour la santé. Nous avons effectué un suivi mensuel de la qualité bactériologique des eaux du barrage Hassan Addakhil et de son principal affluent l'Oued Ziz pendant une année.

MATERIEL ET METHODES

Présentation du milieu d'étude

Le barrage Hassan Addakhil situé au nord à 15 km d'Errachidia permet de maîtriser les apports d'eau de l'oued Ziz et assure l'irrigation des terres agricoles de la vallée de Ziz et l'abreuvement du bétail (Figure 1).

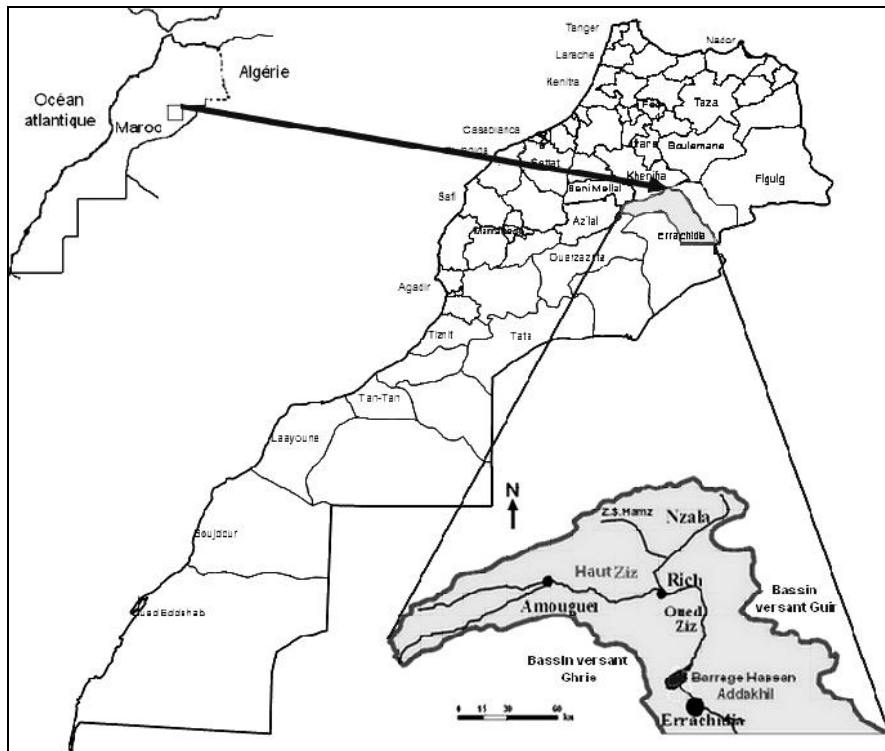


Figure 1 : Situation géographique du barrage Hassan Addakhil
(Errachidia-Maroc)

La géologie du bassin versant d'Errachidia regroupe des domaines structuraux distincts qui s'échelonnent du Mésozoïque au Quaternaire caractérisés essentiellement par des formations calcaires, dolomites, marnes et argiles (Michard, 1976).

Le barrage Hassan Addakhil se trouve dans un étage bioclimatique semi désertique. Les températures présentent des variations saisonnières importantes avec un été très chaud et un hiver très froid. Pendant la période d'étude le régime annuel des pluies se caractérise par l'existence de deux saisons pluvieuses : l'automne et le printemps (Figure 2).

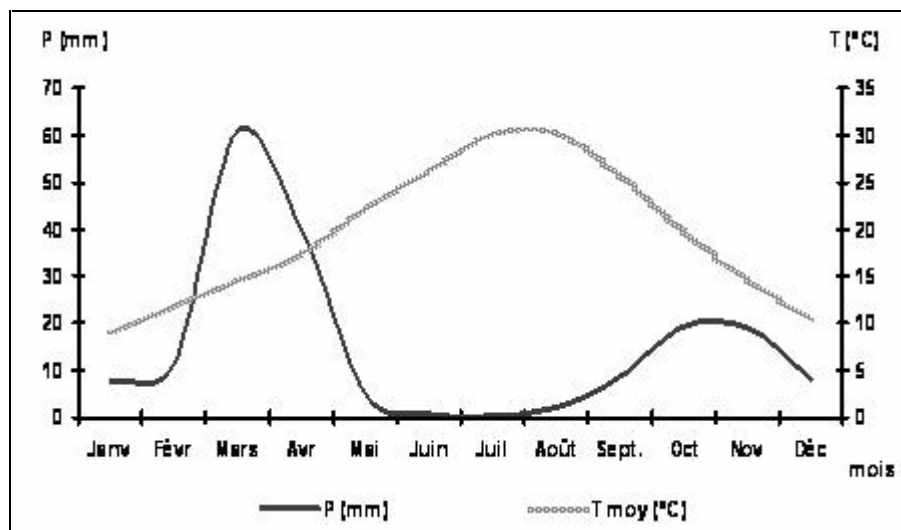


Figure 2 : Diagramme ombrothermique du barrage Hassan Addakhil (2012)

Choix et localisation des stations

Le choix de l'étude bactériologique de l'eau du barrage Hassan Addakhil vient de l'importance qu'elle présente pour l'alimentation en eau d'irrigation la région de Tafilalet et la vallée de Ziz.

On a choisi quatre stations réparties de l'amont vers l'aval du barrage (S1, S2 et S3 sont des stations de prélèvements en surface alors que la station S4 est réalisée au fond du barrage).

La figure 3, illustre la situation des quatre stations choisies au niveau du site étudié.

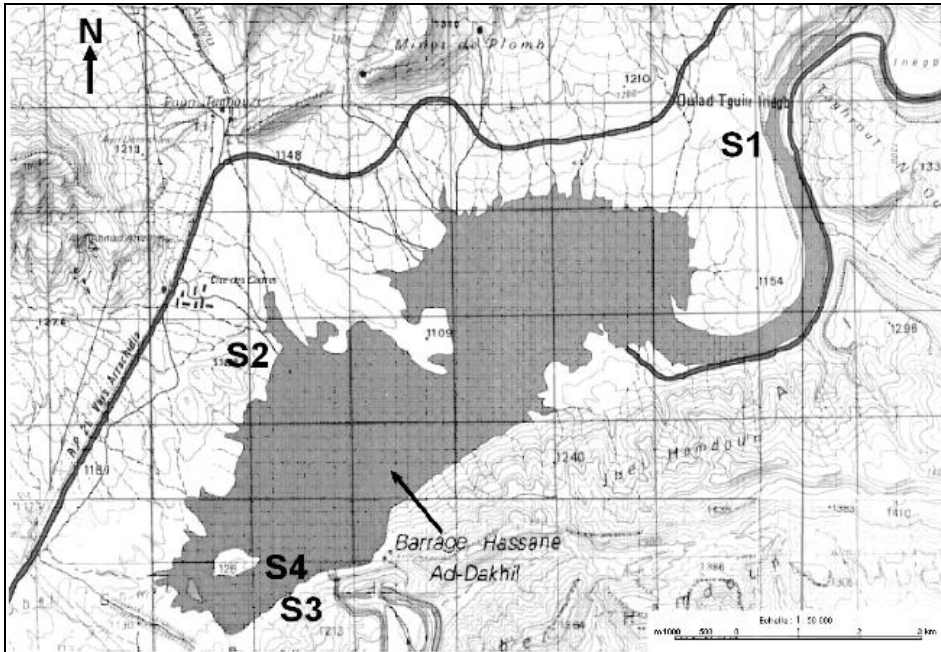


Figure 3 : Localisation des stations de prélèvement - Carte topographique NI-30-II-2a 1 : 50 000 (1984) modifiée

La présentation des stations est comme suit :

La station 1 : Localisée en amont du barrage, situé au débouché du canyon « Foum Ghiour » creusé par l'Oued Ziz, la végétation environnante est très rare, le lessivage des rives de l'Oued Ziz rend les eaux de cette station très boueuses et troubles. Ce site est très fréquenté par la population rurale pour l'abreuvement du Cheptel ;

La station 2 : Située près de la Cité des cadres à la confluence de Chaâbat Dramchane (à écoulement temporaire) avec le barrage, la végétation environnante est très rare. Ce site est caractérisé par une végétation aquatique abondante, est soumis à une influence touristique particulièrement intense en été ;

La station 3 : située en aval du barrage près de la digue, la végétation aquatique et environnante est très rare ;

La station S4 : Près de la digue.

Au niveau des stations 1, 2 et 3, les prélèvements d'eau sont effectués en surface. Pour la station 4, le prélèvement d'eau est effectué au fond.

Méthodologie

La qualité bactériologique de l'eau rend compte de la charge en microorganismes de l'eau. Les microorganismes sont en fait omniprésents dans l'environnement et leur présence n'est pas toujours synonyme de risque sanitaire. Ce sont les microorganismes pathogènes qui présentent un danger sur la santé du consommateur d'une eau polluée. En effet, L'eau contaminée pourraient entraîner une être la cause d'une épidémie (Bengoumi *et al.*, 2004).

Notre étude a porté sur le dénombrement des Germes totaux (GT), Coliformes totaux (CT), Coliformes fécaux (CF), Streptocoques fécaux (SF), et Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR). Les prélèvements ont été effectués dans des flacons en verre de 250 ml stériles. Des précautions ont été prisent, lors des prélèvements pour ne pas contaminer ni modifier les échantillons qui sont stockés dans une glacière à $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Les analyses bactériologiques ont été réalisées au laboratoire de la délégation de la santé publique de Meknès. Les analyses ont été faites pendant les 24 heures qui suivent.

L'analyse et le dénombrement des paramètres bactériologiques a été effectué suivant le protocole d'analyse décrit par Rodier *et al.*, (2009).

Germes totaux

La méthode utilisée est basée sur l'incorporation de 1ml d'échantillon à analyser dans une boîte de pétri stérile puis faire couler le milieu de culture PCA (*Plate Count Agar*), préalablement fondu et refroidi à une température proche de la température de solidification. Après incubation, les colonies qui se développent à la surface et à l'intérieur du milieu sont comptées. Nous avons retenu pour le comptage les boîtes contenant environ de 30 à 300 colonies (Rodier *et al.*, 2009).

Coliformes totaux

L'échantillon à analyser est étalé à la surface du milieu de culture sans trace d'humidité. Le milieu de culture utilisé est la gélose lactosée au Tergitol 7 et au chlorure de Triphényl Tétrazolium (T.T.C.). Les boîtesensemencées sont incubées à 37°C pour les coliformes totaux et 44°C pour les Coliformes fécaux. Après 24 heures d'incubation, seules les colonies jaune orange sont considérées comme des colonies de coliformes et sont dénombrées (Rodier *et al.*, 2009).

L'intérêt de la recherche et le dénombrement des coliformes totaux à 37°C est intéressant pour juger de l'efficacité de la désinfection d'une eau est d'un intérêt moindre pour déceler une contamination fécale sure.

Coliformes fécaux

Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d '*Eschericia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Entérobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*...etc.) (OMS, 1986; Rodier et al., 1996)

L'intérêt de la recherche des coliformes fécaux à 44°C (coliformes thermotolérants) signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale.

Streptocoques fécaux

L'échantillon d'eau à analyser est filtré à travers une membrane qui retient les micro-organismes. Pour l'identification des Streptocoques fécaux, on procède par les mêmes méthodes déjà citées pour les Coliformes totaux. Dénombrement par filtration sur membrane (0,45µm) sur gélose Slanetz et Barthly 24h-48h à 37°C (Rodier et al., 2009). Les colonies de petite taille, translucides et de coloration noire très nette sont dénombrées (Rodier et al., 2009).

Anaérobies sulfito-réducteurs

Le dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs a été réalisé sur le milieu SPS (Sulfite de Sodium-Polymixine-sulfite de Cystéine). La méthode consiste à mettre un tube à essai de 12 mm de diamètre à l'intérieur d'un tube de 25 mm de diamètre afin d'avoir une couronne de faible épaisseur favorisant l'anaérobie. La solution mère activée par un traitement thermique à 80 °C pendant 10 min. Le traitement thermique permet de détruire les formes végétatives et active les spores de *Clostridium*. Les tubes sont incubés à 30°C pendant 24h à 48h. Seules les colonies entourées d'une auréole noire de taille importante, due à la réduction du sulfite avec production d'un dépôt noir de sulfure de fer, seront comptées (Rodier et al., 2009).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour l'évaluation de la qualité des eaux du barrage Hassan Addakhil et de l'Oued Ziz, nous faisons référence à l'arrêté du 17 octobre 2002, portant sur les normes marocain de qualité des eaux destinées à l'irrigation.

Germes totaux

La charge bactérienne (Figure 4), est un peu élevée en automne et en hiver par rapport au reste de l'année.

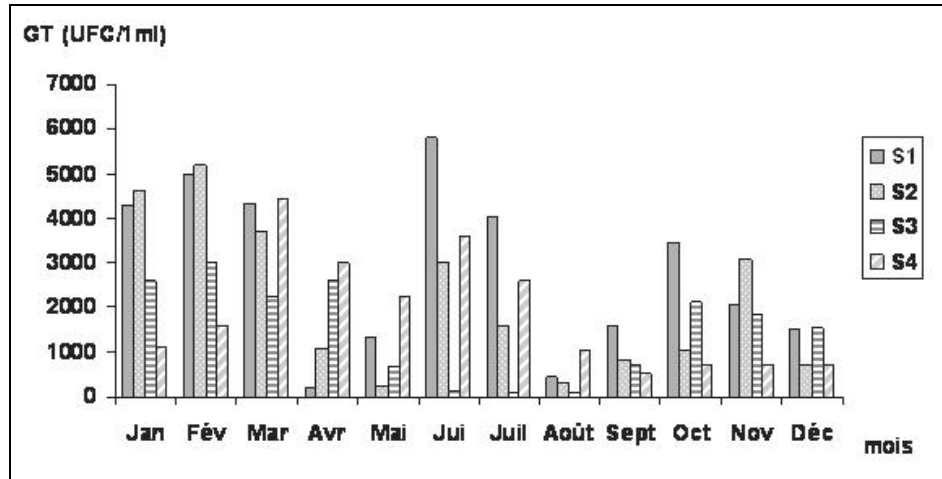


Figure 4 : Variation spatio-temporelle des concentrations des germes totaux au niveau des eaux du barrage Hassan Addakhil et de l'Oued Ziz en 2012.

Les résultats obtenus montrent que la charge moyenne en germes totaux (GT) est de $3,2 \cdot 10^2$ UFC/1ml pour S1, $1,6 \cdot 10^3$ UFC/1ml pour S2, $1,4 \cdot 10^3$ UFC/1ml pour S3 et $1,8 \cdot 10^3$ UFC/1ml pour S4.

D'après ces résultats la charge bactérienne présente des fluctuations importantes. En période hivernale, la concentration des germes totaux est élevée. En mois d'avril et le mois de mai la concentration microbienne a chuté, ceci est dû à l'effet des précipitations de qui ont provoqué une dilution des eaux et la perturbation des paramètres abiotiques ce qui agit sur le développement des micro-organismes dans le milieu.

Notons aussi une chute de la charge bactérienne en mois d'août et septembre. Cette diminution peut être attribuée à l'augmentation de la température de l'eau qui agit sur le développement des microorganismes et provoque une diminution de la concentration des germes totaux dans l'eau. Une augmentation progressive de la concentration des germes totaux est observée en période hivernale. Les mêmes variations de la charge bactérienne ont été observées aussi par Bou Saab et al. (2007).

Coliformes totaux

La figure 5 présente les variations des concentrations des coliformes totaux des eaux du barrage Hassan Addakhil et de l'Oued Ziz.

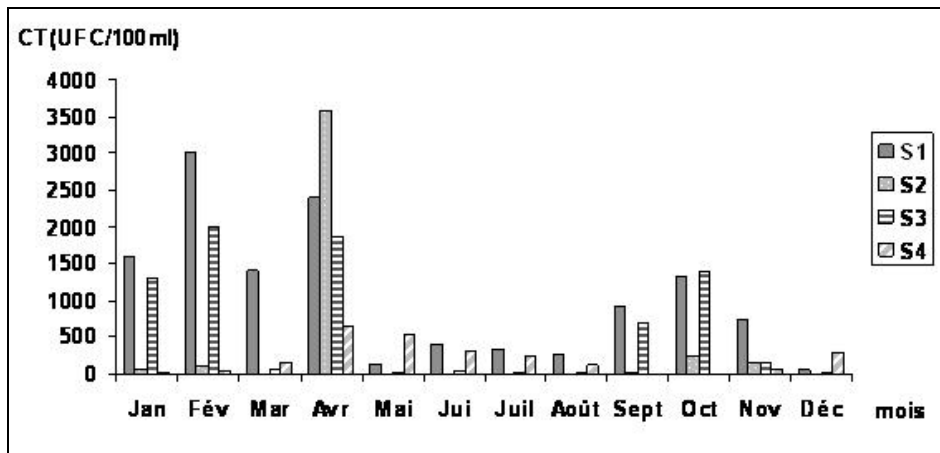


Figure 5 : Variation spatio-temporelle des paramètres bactériologiques au niveau des eaux du barrage Hassan Addakhil et de l'Oued Ziz en 2012.

La concentration moyenne des coliformes totaux (CT) est de $8,8.10^2$ UFC/100 ml pour S1, $0,59.10^2$ UFC/100ml pour S2, $5,6.10^2$ UFC/100ml pour S3 et $1,8.10^2$ UFC/100ml pour S4. La concentration des coliformes totaux est très importante du janvier à avril. Après le mois d'avril les concentrations des coliformes totaux sont faibles pendant la période estivale.

Les concentrations des germes totaux dans les eaux étudiées vont augmenter légèrement Pendant la saison automnale. Le pic enregistré en mois d'avril est lié à la composition des eaux des crues qui sont chargées en coliformes.

Le lessivage des sols par les eaux de ruissellement peut être néanmoins une raison principale pour la mobilisation des biomasses des sols. Cette hypothèse est confirmée par Créteur (1998), qui a signalé que La concentration des micro-organismes présents dans les eaux augmente avec la pluviométrie.

Coliformes totaux

La concentration moyenne des coliformes fécaux est de 139UFC/100ml pour S1, 0,25 UFC/100ml pour S2, 1,7 UFC/100ml pour S3 et de 7,5 UFC/100ml pour S4. L'évolution spatiotemporelle des concentrations des coliformes fécaux est représentée dans la figure 6.

Les analyses des résultats montrent que les coliformes fécaux sont plus abondants dans les eaux de l'Oued Ziz, pendant que, leur concentration dans les

eaux du barrage est très faible pendant toute la période d'étude. Le pic enregistré en mois de mars qui coïncide le début de la saison agricole. Les activités agricoles en cette période peuvent être à l'origine de cette augmentation des concentrations des coliformes fécaux dans les eaux de l'Oued Ziz, surtout que les paysans de la région utilisent encore le fumier issu des déchets des ovins comme fertilisants pour les terres agricoles.

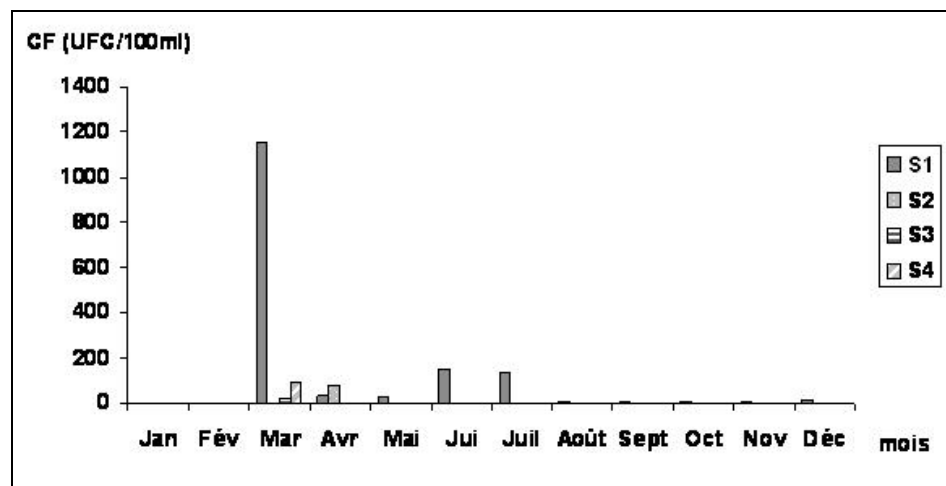


Figure 6 : Variation spatio-temporelle des concentrations des coliformes fécaux au niveau des eaux du barrage Hassan Addakhil et de l'Oued Ziz en 2012.

Les eaux de l'Oued Ziz ramènent au cours de leurs trajets (la matière fécale des animaux), ce qui provoque une augmentation des concentrations des eaux de l'Oued Ziz en coliformes fécaux. Les eaux de l'Oued subissent une dilution au niveau du barrage ce qui diminuent leurs charges en germes lorsque elles arrivent au barrage. Les eaux du barrage Hassan Addakhil sont dans les normes en terme des coliformes fécaux selon l'arrêté de 2002 fixant les valeurs limites des concentrations des coliformes fécaux en 1000 UFC/100ml pour les eaux destinées à l'irrigation. En mois de mars les eaux de l'Oued Ziz leurs charges en coliformes fécaux a dépassé 1100 UFC/l. Ces valeurs dépassent les normes (Arrêté 2002).

Streptocoques fécaux

La charge moyenne des eaux étudiées en streptocoques fécaux est de 1,2.102 UFC/100ml pour S1, 14 UFC/100ml pour S2, 8 UFC/100ml/100ml pour S3 et 17 UFC/100ml pour S4 (Figure 7).

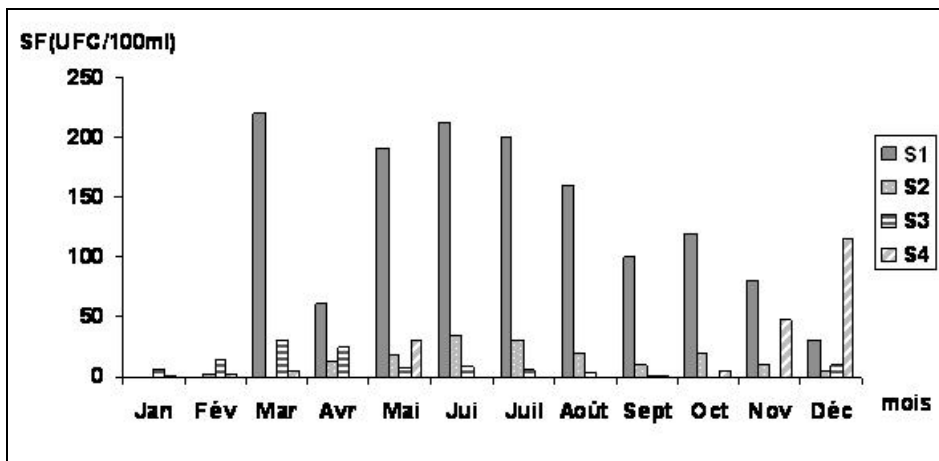


Figure 7 : Variation spatio-temporelle des streptocoques fécaux au niveau des eaux du barrage Hassan Addakhil et de l'Oued Ziz en 2012.

Pour les streptocoques fécaux, ils sont plus abondants au niveau de S2 (l'Oued Ziz) par rapport aux autres stations du barrage Hassan Addakhil et montrent des concentrations très importantes en période estivale. Cette augmentation est due au phénomène de l'évaporation ce qui provoque une élévation de la concentration de ces germes. Une chute en mois d'avril en concentration des streptocoques au niveau des eaux de l'Oued Ziz est apparente. Ceci veut dire qu'on période des crues la charge bactérienne en streptocoques fécaux dans les eaux de l'Oued Ziz.

Les concentrations des streptocoques les plus élevée sont observée en période estivale. Ceci pourrait être lié à l'effet de la température. L'augmentation de la température favorise le développement des streptocoques fécaux.

Anaérobies sulfito-réducteurs

Les résultats obtenus (Figure 8) indiquent que les concentrations des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs dans les eaux du barrage sont faibles. Pour la station 1 un pic en mois d'octobre est apprant. Cette évolution brusque pourrait être due à la nature des affluents qui provoquent cette augmentation intense en bactéries anaérobies sulfito-réducteurs dans les eaux de l'Oued Ziz. Les eaux de l'Oued Ziz et du barrage Hassan Addakhil sont bonnes selon les normes marocaines de classifications des eaux de surfaces.

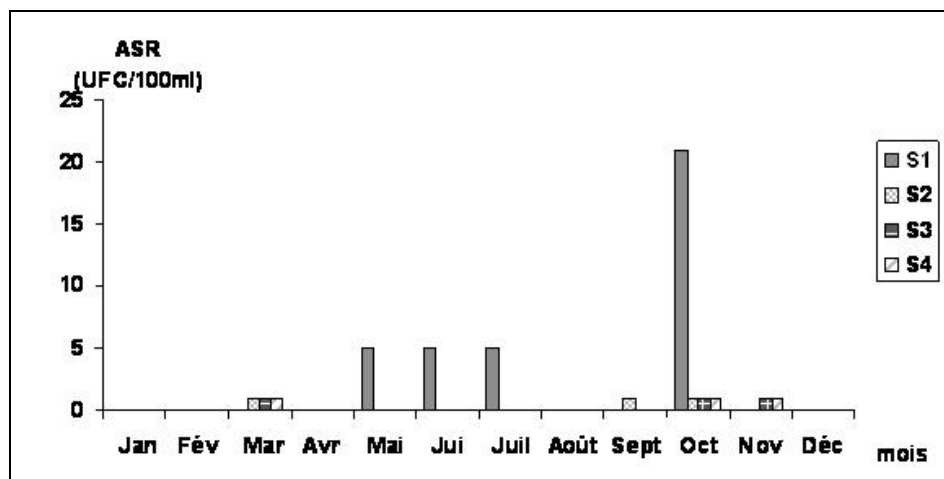


Figure 8: Variation spatio-temporelle des anaérobies sulfito-réducteurs au niveau des eaux du barrage Hassan Addakhil et de l'Oued Ziz en 2012.

Origine de la contamination fécale

L'origine de la pollution fécale est liée au rapport quantitatif des coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux (CF/SF). Lorsque ce rapport CF/SF est supérieur à 4 la pollution est essentiellement humaine, rejet des eaux usées (Borrego *et al.*, 1982). Lorsqu'il est inférieur à 0,7 l'origine de la contamination est animale, notamment le bétail et en particulier les moutons, semble jouer un rôle prédominant dans la contamination de l'eau (Geldreich, 1976). Lorsque le rapport CF/SF est compris entre 0,7 et 1 l'origine de la pollution est mixte (humain et animale), mais à prédominance animale plus la densité animale est élevée, plus la concentration en coliformes fécaux est élevée (Patoine, 2011).

Le rapport CF/SF pour Oued Ziz est 0,93 ce qui signifie que l'origine de la pollution fécale est mixte à prédominance animale. Le rapport CF/SF pour les eaux du barrage Hassan Addakhil est compris entre 0,2 et 0,46 ces valeurs sont inférieures à 0,7 ce qui signifie que la pollution fécale est d'origine animale.

Pour le barrage Hassan Addakhil, la contamination fécale peut être attribuée à la présence d'animaux d'élevage pouvant contaminer les eaux, aussi les déjections des animaux sauvages peuvent aussi compromettre la qualité bactériologique des eaux du barrage. Les oiseaux migrateurs par exemple peuvent polluer les eaux du barrage Hassan Addakhil par leurs déjections.

Pour l'Oued Ziz, l'origine de la contamination fécale peut être attribuée à l'utilisation des matières fécales des animaux comme engrais pour les terres agricoles. Cette matière fécale peut être véhiculée par l'eau de pluie vers l'Oued Ziz. En milieu agricole, les déjections d'animaux d'élevage représentent la principale source de contamination bactériologique des eaux (Maul *et al.*, 1982).

CONCLUSION

Les résultats bactériologiques montrent que la variation spatio-temporelle de la charge bactérienne des eaux du barrage est un peu élevée en hiver et en printemps par rapport au reste de l'année. Cette variation bactérienne est liée aux apports d'eau de l'Oued Ziz qui alimente le barrage Hassan Addakhil. Cette étude montre que les eaux de l'Oued Ziz subissent une dilution au niveau du barrage ce qui diminue leurs charges bactériennes.

Malgré l'existence d'une contamination bactériologique d'origine fécale issue des animaux qui vivent et pâturent à proximité du barrage, elle reste toujours faible selon les normes Marocaines, fixant les valeurs limites des paramètres bactériologiques des eaux destinées à l'irrigation.

Jusqu'à maintenant la qualité bactériologique du barrage Hassan Addakhil est, généralement, satisfaisante mais ça n'empêche de prévoir le développement des communautés bactériennes halophiles et halotolérants notamment que le degré de salinité des eaux dans la région augmente d'une année à l'autre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARRETE. (2002). Du Ministère d'Equipement et du Ministère Chargé de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement, de l'Urbanisme et de l'Habitat, portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation, Maroc. Arrêté conjoint n°1276-01. Bulletin officiel du 5 décembre. 5p.
- BENGOUMI et al. (2004). Qualité de l'eau en aviculture, Revue trimestrielle d'information scientifique et technique, Vol. 3, n°1, Maroc, 5-25.
- BERTOLI F., BERTOLI S.C. (1981). Improving epidemiological reporting in morocco : A report on use of the interactive statistical inquiry system, 84p.
- BORREGO A.F., ROMERO P. (1982). Study of the microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci, VI^{ème} journée d'étude, Pollutions, Cannes, France. 561-569.
- BOU SAAB H., NASSIF N., ANTIONE G., SAMRANI E., DAOUD R., MEDAWAR S., OUAÏNI N. (2007). Suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface (rivière Nahr Ibrahim, Liban), Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, Vol. 20, n° 4, 341-352.
- CRETEUR X. (1998). Pollution microbienne des eaux : origine et mécanismes. Mémoire D.U., Eau et Environnement, D.E.P., Université de Picardie, Jules Verne, Amiens, France, 60p.
- GELDREICH E.E., LITSKY W. (1976). Fecal coliform and fecal streptococcus density relationships in waste discharges and receiving waters, Critical reviews in environmental science and technology, Vol.6, n°4, 349-369.
- HEBERT S., LEGARE S. (2000). Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de

- l'Environnement, Québec, envirodoq No ENV-2001-0141, 3 annexes rapport N° qE-123, 24p.
- MARA D., CAIRNCROSS S. (1991). Guide pour l'utilisation sans risque des eaux résiduaires et des exréta en agriculture et aquaculture, Organisation mondiale de la Santé en collaboration avec le programme des nations Unies pour l'Environnement, Genève, 205p.
- MAUL A., DOLLARD M.A., BLOCK J.C. (1982). Etude de l'hétérogénéité spatiotemporelle des bactéries coliformes en rivière, *Journal Français d'Hydrologie*, 13, Fasc. 2, n° 38, 141-156.
- MICHARD A. (1976). Eléments de géologie Marocaine, Notes & Mém. Serv. Géol. Mar. N 252, 408p.
- O.M.S. (1986). Directives de la qualité pour l'eau de boisson, Vol. III, Contrôle de la qualité pour l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites collectivités, 2ème édition, Genève, 120p.
- PATOINE M. (2011). Influence de la densité animale sur la concentration des coliformes fécaux dans les cours d'eau du Québec méridional, Canada, *Revue des sciences de l'eau*, Vol. 24, n°4, 421-435.
- ROBERT H. (1999). Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL : exigences et conception d'un suivi adapté, Mémoire de l'école Nationale de la Santé Publique, 28 septembre, 81p.
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. (2009). L'analyse de l'eau, 9^{ème} Edition. Ed. Dunod, Paris, 1475p.
- WHEAL C. (1991). Freshwater pollution. Nairobi, United Nations Environment Programme, UNEP/GEMS, Environment Library, n° 6, Montréal, Canada, 36p.