



Assessment of the waters physicochemical quality of the middle Sebou river at Kariat Bamohamed (Fez-Morocco)

T. Elhammoumi^{1*}, A. Elatmani^{1, 2}, M. Lakhliji¹, F. Hamdaoui¹, A. Elborjy^{1,3}, M. Sibari^{1,4}, M. Benchikh⁴, A. Achhar¹, A. Elbourkadi¹, G. Ztit¹, D. Belghyti¹, K. EL KHARRIM^{1*}

^[1] Laboratoire Biotechnologie, Environnement & Qualité, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, BP: 133, 14000 Kénitra, Maroc; Email: belghyti@hotmail.com; farid10hamdaoui@gmail.com; achharabderrahman@gmail.com; elbourkadiahmed1980@gmail.com

^[2] Bureau d'Etude Technique, Rabat, Maroc. Email: member@linkedin.com ; lakhlifimost@gmail.com

^[3] Régie Autonome d'eau et Electricité, Kénitra, Maroc. Email: elborjy@gmail.com

^[4] Office National de l'Electricité et l'Eau Potable, ONEP Kénitra et Fès. Email: sibari20@yahoo.fr, monsifbenchikh@gmail.com

*Corresponding Authors: GSM: 0624893123, elhammoumi09@gmail.com ; k_elkharrim@hotmail.com

Kariat Bamohamed is an agricultural region located to the west of the city of Taounate and north of the city of Fez. The surface waters in the region are mainly composed of the Sebou river and many natural springs.

The study concerns the analysis of physicochemical parameters (T° , pH, CE, MES, O_2 , BOD_5 , COD, Cl^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ and NO_3^-) along the middle Sebou river region of Bamohamed in order to establish a diagnosis of the state of pollution of the surface waters of this part of the river. Water sampling was carried out at four study stations during wet periods and during dry periods.

In the light of the results obtained on the surface waters of the Sebou river, it is concluded to a degradation of water quality in both the winter and summer periods. In particular, an increase in the values of ammonium, COD and BOD_5 in addition to an acidic pH due to marginal discharges and leaching of fertilizers and other discharges of wastewaters from the cities of Fez and Kariat Bamohamed.

Received: 07 November 2017

Accepted: 30 November 2017

Available online: 10 December 2017

Keywords:

Sebou River
Hydrobiology
Waters
Quality
Physicochemicals
Kariat Bamohamed
Fez
Morocco

Introduction

Au Maroc, les écoulements superficiels sont tributaires des précipitations et présentent une grande variabilité spatiale [1-2]. En général, les ressources hydriques dont dispose le Maroc sont limitées et soumises à des variations cycliques extrêmes

[3]. De même, la situation qualitative des eaux est loin d'être satisfaisante [4]. En effet, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide qui cause de nombreuses perturbations pour les milieux naturels [5]. L'industrialisation, l'utilisation irrationnelle des engrais et pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à

un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs [6], mais aussi altérer les usages de l'eau; captage de l'eau, baignade...etc [7]. Le sous bassin de l'oued Sebou draine la région de Kariat Bamohamed et se trouve particulièrement touché par le problème du développement continu du secteur agricole [8]. En effet, les rejets des margines, les pesticides et les engrais drainées par les eaux de pluies et d'irrigation, en plus des rejets domestiques générées par la petite ville de Kariat Bamohamed et la ville de Fès sont déversés directement dans l'Oued Sebou [9].

La présente recherche sur la région de Bamohamed vise la prospection de l'hydrobiologie des eaux de l'oued Sebou. L'étude sera basée sur un monitoring des indicateurs de la qualité physicochimique des eaux et la détermination des fluctuations saisonnières de ces paramètres entre la période d'étiage et la période de crue.

Matériel et méthodes

Site d'étude

Kariat Bamohamed est une région de la province de Taounate d'une forte intensité agricole. Elle est située à 34° 22' 08" Nord et 5° 12' 35" Ouest. A 58 Km au Nord Ouest de la ville de Fès et à 90 Km à l'Ouest de la ville de Taounate (Fig. 1-4). Sa population est estimée à environ 20000 habitants. La région comporte la ville de Kariat Bamohamed entourée de plusieurs communes rurales (Bni Snous, Sidi El Abed, Sidi Daoud, Sebt Loudaya, Mkansa).

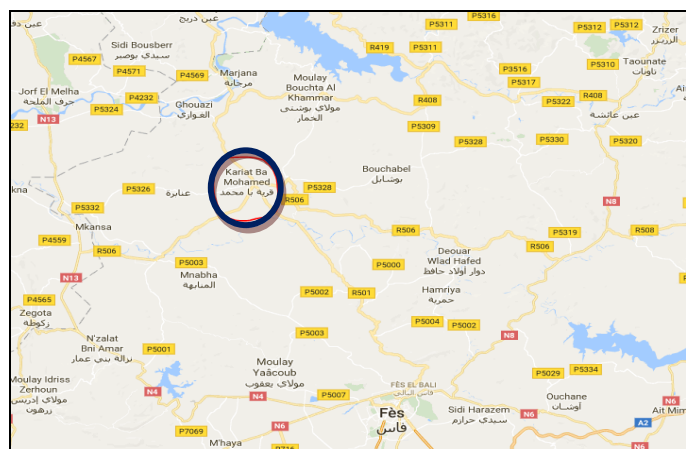


Fig. 1: Localisation de Kariat Bamohamed.

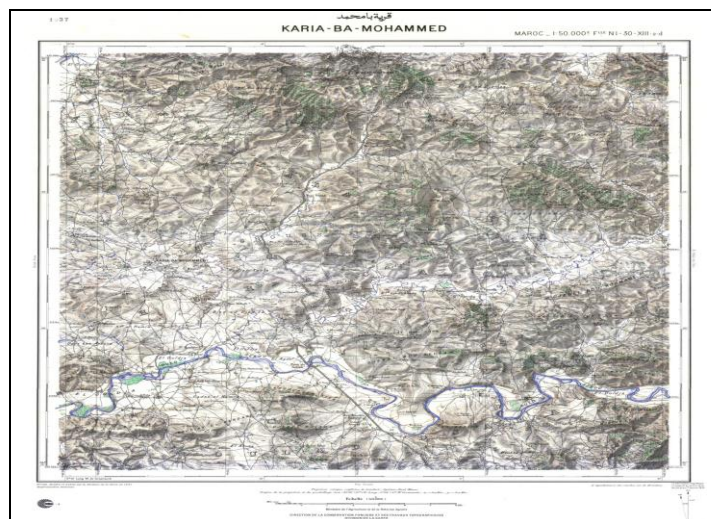


Fig. 2: Localisation de Kariat Bamohamed.

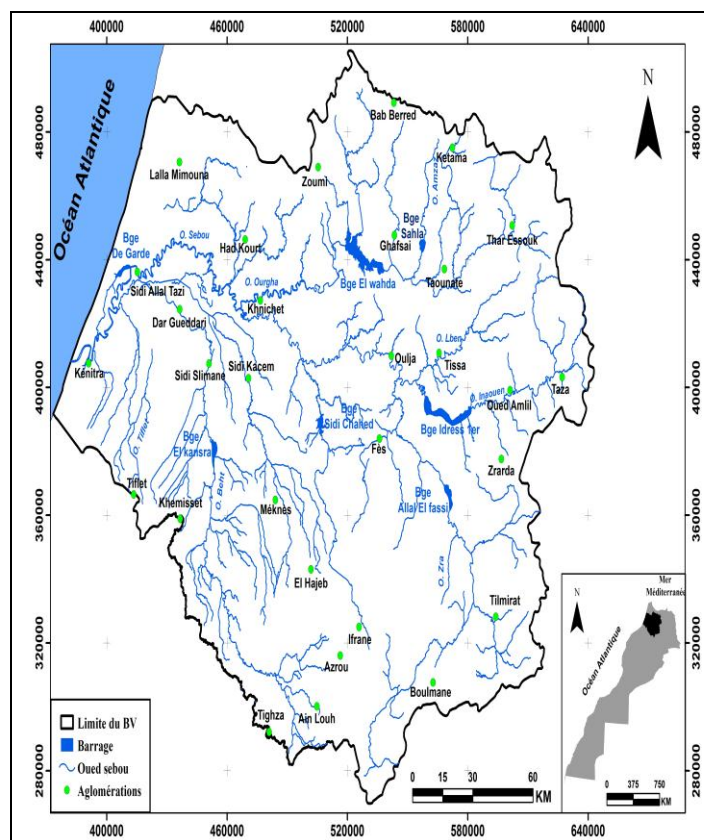


Fig. 3: Délimitation du Bassin du Sebou.

Les méthodes d'études

Echantillonnage

Quatre stations S1 à S4, réparties le long de l'oued Sebou (Fig. 4) ont été retenues de telle sorte qu'elles soient accessibles et reflètent les caractéristiques réelles des eaux de surface de l'oued Sebou au niveau de la zone d'étude de Kariat Bamohamed.

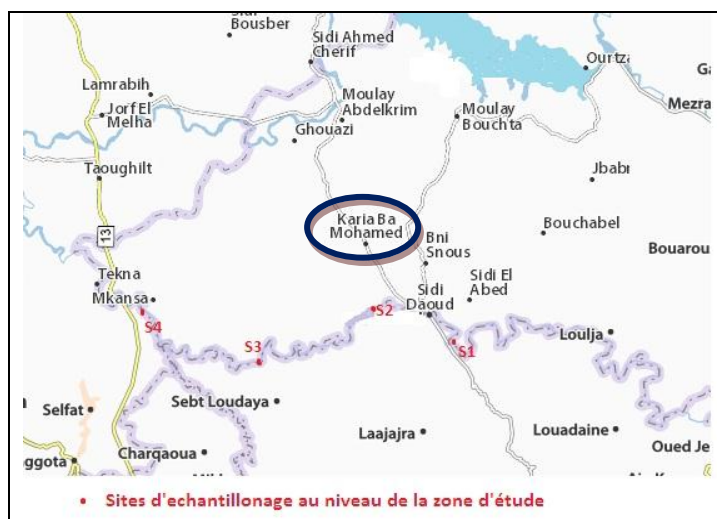


Fig. 4: Localisation des stations d'échantillonnage (S1, S2, S3 et S4) au Niveau du Moyen Sebou de Kariat Bamohamed.

Prélèvements et analyses

Le long de l'oued Sebou et sur toute la région étudiée, les échantillons d'eau ont été prélevés en période humide (Décembre, Janvier et Février) et en période sèche (Juin, Juillet et Août). La période humide enregistre une pluie intense et une crue violente.

A chaque prélèvement, les échantillons ont été conservés dans des bouteilles en plastiques, préalablement rincées avec de l'eau de la station. Les bouteilles ont été ensuite transportées au laboratoire sous 4 °C.

La température est mesurée « in-situ » à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué au 1/10 de 0 à 50°C. Le potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique CE, l'oxygène dissous (O₂) sont déterminés à l'aide d'un analyseur multi-paramètre de type CONSORT-Modèle 835, un Oxymètre et un pHmètre.

Les matières en suspension MES sont déterminées par filtration d'un volume d'eau sur filtre cellulosique de 0,45 µm selon Rodier [10].

La DBO₅ est déterminée par la méthode respiratoire à l'aide d'un DBO-mètre marque WTW, modèle 1020T selon la technique décrite par DIN [11].

La DCO est déterminée par l'oxydation en milieu acide par l'excès de dichromate de potassium à la température de 148°C des matières oxydables dans les conditions de l'essai en présence de sulfate d'argent comme catalyseur et de sulfate de mercure selon DIN [12].

Les chlorures sont déterminés par un dosage volumétrique en milieu acide (HNO₃) par une solution de nitrate mercurique en présence d'un indicateur de pH.

Les nitrates, l'ammonium et les orthophosphates, sont analysées par des méthodes colorimétriques à l'aide d'un spectrophotomètre UV Visible de type 722 S Beijing.

Résultats et discussion

Température de l'eau

Dans la zone d'étude, les températures enregistrées (Fig. 5) oscillent entre 9°C (station S1) et 12 °C (stations S3 et S4) en période humide, et entre 25°C (S4) et 27,68°C (S4) en période sèche. Ces variations suivent la température du climat de la région. Avec des températures mesurées des eaux de 9 à 27,6°C, l'oued Sebou appartient donc à la classe moyenne à excellente selon les normes marocaines [6, 13].

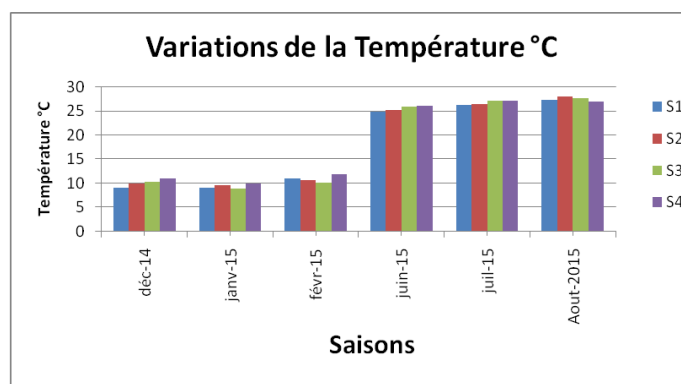


Fig. 5: Variations spatio-temporelles de la température.

Le pH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est -à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin); la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C.

Les valeurs observées (Fig. 6) révèlent que le pH est acide en période de pluie, et neutre à légèrement alcalin en période sèche. Le pH varie entre 5,8 (S1) et 6,8 (S3) en période hivernale et entre 7,1 (S2) et 7,8 (S4) en période estivale. Ceci est dû probablement au déversement des margines décembre et janvier à partir de plusieurs huileries qui se situent entre Fès et kariat Bamohamed.

Les matières en Suspensions

Pour les deux saisons humide et sèche, les valeurs des MES enregistrées oscillent entre 128 mg/L et 3200 mg/L. L'évolution spatio-temporelle des teneurs en matières en suspension (MES) (Fig. 7) dans l'oued Sebou montre deux périodes bien distinctes:

✚ Une période hivernale, où les fortes charges enregistrées dans toutes les stations entre 3200 mg/L (S1) en Décembre 2014 et 2450 mg /L (S3) en Février 2015. Ces teneurs élevées peuvent être le résultat d'une manifestation hydrologique brutale (crue), dont la charge en alluvants peut être attribuée à une intense érosion du bassin versant, suite à des pluies orageuses, accentuées par des rejets des margines ;

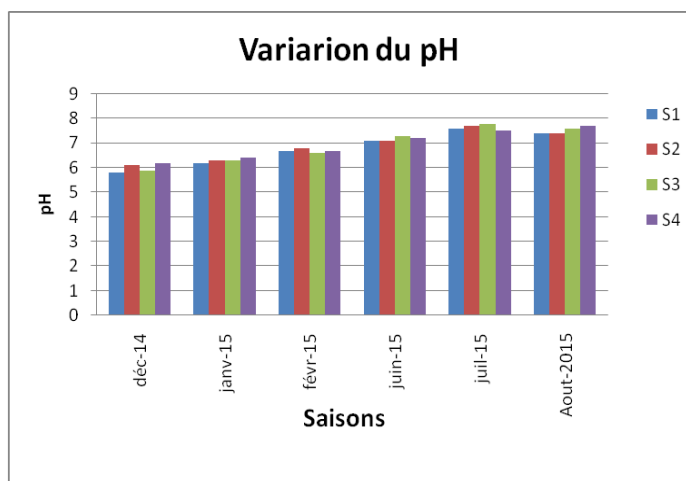


Fig. 6: Variations Spatio-temporelles du pH des eaux.

Une période estivale, où les concentrations de la MES chutent dans toutes les stations et passent de 128mg/l (S1) en Aout 2015 à 165mg/L (S3) en Juin 2015.

La comparaison des teneurs en matières en suspension dans le moyen Sebou avec la norme marocaine fixée à 1000 mg/L place ces eaux dans la grille moyenne à très mauvaise [13].

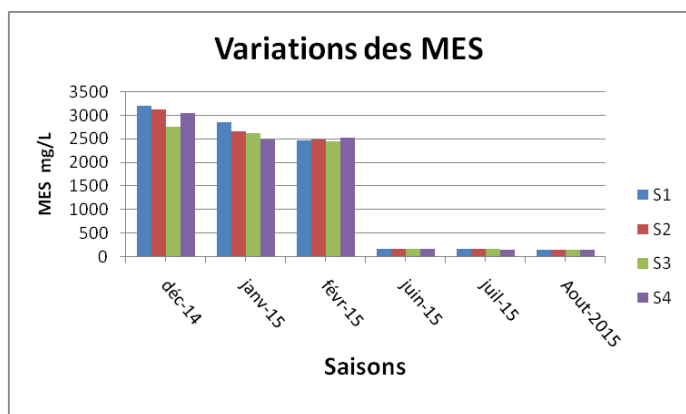


Fig. 7: Variations spatio-temporelles des MES.

Conductivité électrique

La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique.

Les valeurs moyennes enregistrées de la conductivité (Fig. 8) montrent qu'elles fluctuent entre 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en période humide. Ces faibles teneurs sont dues à une dilution par les pluies. En période sèche, les intensités de la conductivité électrique augmentent et varient entre 2730 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 3340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dépassant la norme marocaine des eaux de surface (2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) [13]. Ceci indique une minéralisation excessive attribuée essentiellement aux eaux usées de la ville de Fès.

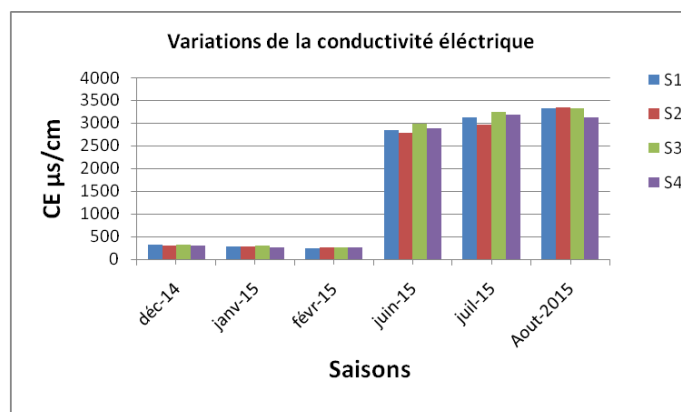


Fig. 8: Variations spatio-temporelle de la CE.

Chlorures

Les concentrations en ions chlorures relevées dans les eaux de l'oued Sebou à Kariat Bamohamed (Fig. 9) s'échelonnent entre 760 mg/L (S1) et 1620 mg/L (S3) en période humide et entre 720 mg/L (S1) et 1600 mg/L (S3) en période sèche. Cette évolution indique l'influence d'un apport anthropique qui peut être d'origine urbaine ou industrielle. Pour, les deux périodes d'étude, les chlorures enregistrent des teneurs qui dépassent les normes marocaines fixées à 750 mg/L [13]. Ceci permet de classer ces eaux dans la grille mauvaise des eaux de surface.

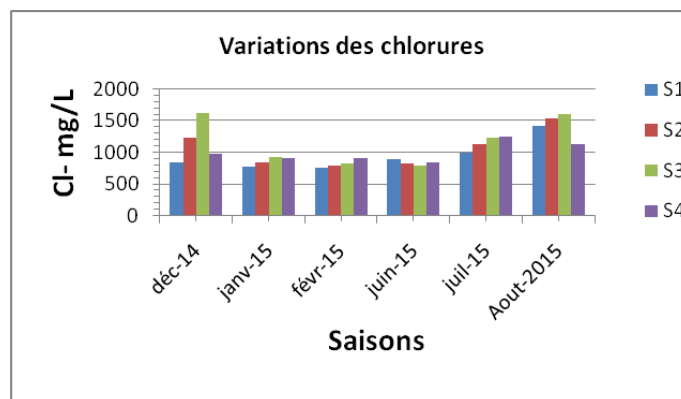


Fig. 9: Variations spatio-temporelles des chlorures.

L'oxygène dissous

L'oxygène est un excellent indicateur de la qualité de l'eau. C'est l'un des paramètres les plus sensibles à la pollution. L'évolution saisonnière de l'oxygène dissous montre des concentrations faibles ; en effet, les teneurs enregistrées (Fig. 10) varient entre 2,08 mg/L et 4,84 mg/L et entre 2,1 mg/L et 4,18 mg/L respectivement en période humide et en période sèche.

Les faibles teneurs enregistrées durant la période des pluies sont essentiellement dues aux rejets des marges et aussi à la capacité de l'autoépuration qui est inhibée. Cependant, pendant la saison estivale, le réchauffement de l'eau et le faible débit de l'oued provoquent une diminution de la dissolution de l'oxygène dissous, aggravée par une

augmentation de la consommation de l'oxygène par les organismes vivants dans l'oued et une chute de la vitesse des vents en plus de la charge organique des rejets urbains de la ville de Fès et de la ville de Kariat Bamohamed.

Nos résultats montrent que les eaux de l'oued Sebou au niveau de la région d'étude sont de qualité mauvaise à très mauvaise [13].

Demande biochimique en oxygène DBO₅

La DBO₅ ou demande biochimique en oxygène, c'est la quantité d'oxygène dissous consommée par les micro-organismes, à l'obscurité et à 20 °C pendant 5 jours pour dégrader les Matières organiques. Elle permet l'évaluation de la surcharge en matières organiques biodégradables.

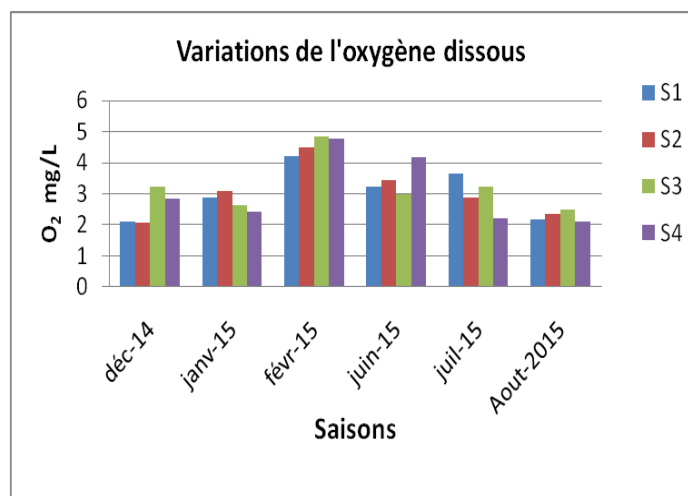


Fig. 10: Variations spatio-temporelles de l'O₂ dissous.

Les valeurs de la DBO₅ varient entre 5 mg/L et 10 mg/L en période hivernale et entre 14 mg/L et 22 mg/L en période sèche (Fig.11). L'augmentation des teneurs en DBO₅ en période sèche peut être expliquée par l'instauration des conditions de dégradation de la matière organique par les microorganismes dont l'activité s'intensifie avec la diminution de la vitesse d'écoulement et avec le réchauffement des eaux. Cette activité, consommatrice d'oxygène, est à l'origine de l'autoépuration des eaux [13]. Au contraire, en période humide les eaux de pluies contribuent à la dilution de la charge organique émanant des eaux usées des villes.

Demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène représente la quantité d'oxygène consommée par l'oxydation chimique des matières contenues dans l'eau. Elle représente la majeure partie des composés organiques mais également des sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures,...etc).

Les teneurs en DCO enregistrées au niveau des eaux étudiées sont comprises entre 8 mg/L et 17 mg/L en période humide et entre 22 mg/L et 40 mg/L en période sèche (Fig. 12). La grille

des normes marocaines permet de classer ces eaux comme de qualité moyenne [13].

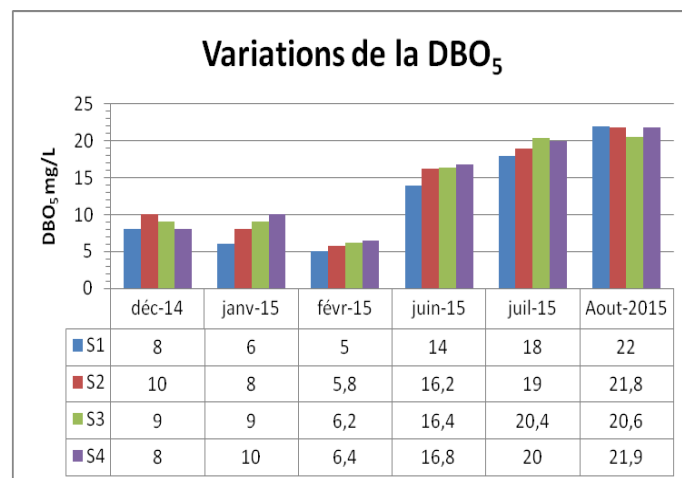


Fig. 11: Variations spatio-temporelle de la DBO₅.

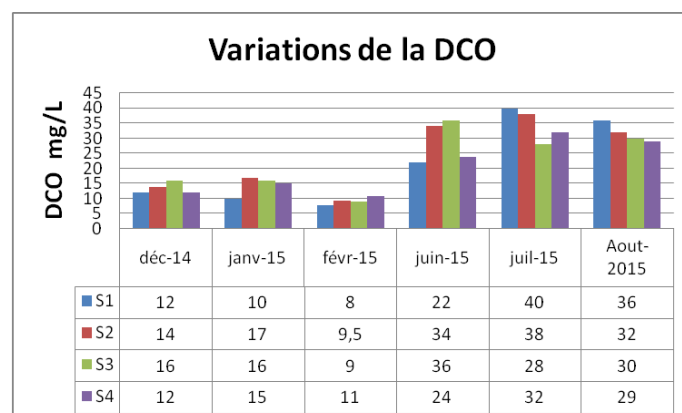


Fig. 12: Variations spatio-temporelle de la DCO.

Orthophosphates

Les orthophosphates suivent une variation spatiale marquée relativement par une tendance à l'augmentation en période sèche. Les valeurs enregistrées (Fig. 13) sont comprises entre 0,53mg/L et 0,76mg/L en période humide et entre 0,82mg/L et 0,92mg/L. Cette disponibilité des orthophosphates peut être expliquée par les rejets urbains des agglomérations avoisinantes et le relargage du phosphore piégé en grande quantité dans les sédiments.

Les agents atmosphériques, vent et pluie, représentent aussi des sources de phosphates surtout quand le débit fluvial est faible [14].

Les concentrations enregistrées restent inférieures à la norme marocaine fixée à 1mg/L. Ces valeurs permettent alors de classer ces eaux dans la classe moyenne à mauvaise qualité [13].

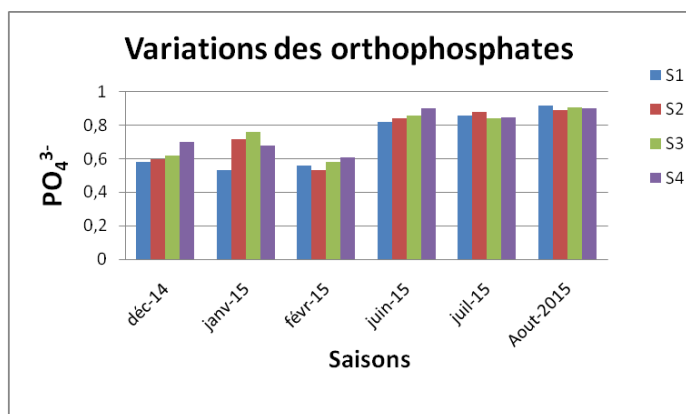


Fig. 13: Variations spatio-temporelles des phosphates.

L'ammonium NH_4^+

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole.

Cet élément existe en faible proportion inférieure à 0,1mg/L d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée, et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère [15]. Il constitue ainsi un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains.

D'habitude, les valeurs d'ammonium trouvées en période humide sont nettement très inférieures à celles de la période sèche notamment en aval de la zone d'étude, traduisant ainsi l'effet de la dilution et témoigne d'une bonne oxygénation des eaux entraînant ainsi l'oxydation de l'azote en période hivernale. Mais l'analyse du profil de l'ammonium des eaux étudiées (Fig. 14) montre qu'il n'y a pas une grande différence entre les deux saisons: les teneurs varient entre 2,44 mg/L et 2,82 mg/L en période humide et entre 2,54 mg/L et 2,81 mg/L en période sèche. Cela est dû certainement aux rejets des margines pendant le mois de décembre.

Les valeurs relevées en ammonium dans les eaux de l'oued Sebou au niveau de la zone de Kariat Bamohamed permettent de les placer dans la classe mauvaise [13].

Nitrates NO_3^-

Les nitrates (NO_3^-) représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/L. Cependant leurs teneurs dans les eaux usées non traitées sont faibles [15].

Les teneurs des nitrates enregistrées (Fig. 15) oscillent entre 12,5 mg/L et 20,18 mg/L et entre 1,45 et 2,28 mg/L respectivement en période humide et en période sèche.

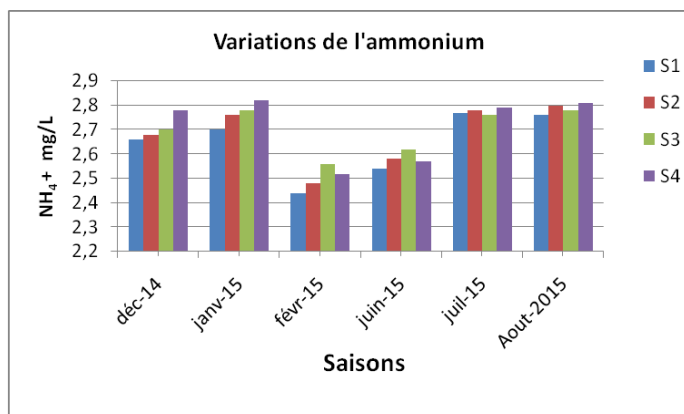


Fig. 14: Variations spatio-temporelles de l'ammonium.

Les fortes teneurs en nitrates enregistrées en décembre 2014 peuvent être due au lessivage des fertilisants utilisés dans les sols agricoles situés sur les berges de l'oued Sebou.

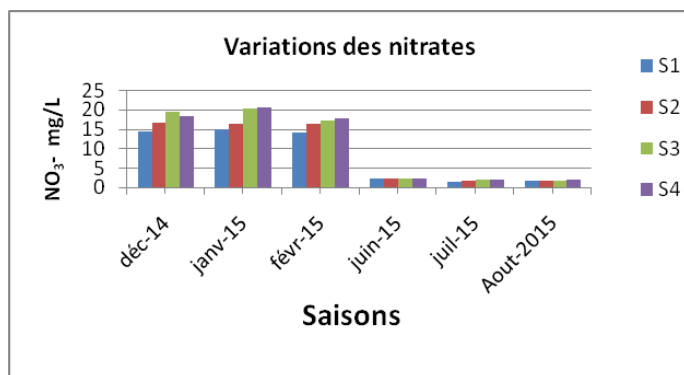


Fig. 15: Variations spatio-temporelles des Nitrates.

Conclusions

A la lumière des résultats cumulés après un suivi des paramètres physicochimiques des eaux superficielles de l'oued Sebou de la région de Kariat Bamohamed (Moyen Sebou), on a conclu à une dégradation de la qualité de l'eau aussi bien en période hivernale qu'en période estivale [16-19].

En effet, on a noté, durant la période hivernale, une augmentation des valeurs de l'ammonium, DCO, DBO5 et un pH acide. Les rejets des margines et le lessivage des engrais sont tenus responsables en plus des facteurs habituels comme les rejets des eaux usées brutes des villes de Fès et de Kariat Bamohamed.

Pendant la saison estivale, le faible débit de l'oued, l'augmentation de la température de l'eau et de l'activité des microorganismes, expliquent le fait que les valeurs enregistrées de la DBO5 et de la DCO sont plus importantes que celle enregistrées en hiver. En outre, des valeurs élevées de la conductivité électrique indiquent une minéralisation excessive qui dépasse les normes de potabilité [20].

Acknowledgements

The authors acknowledge the National Office of Drinking Water Fez who allowed this physico-chemical monitoring.

References and notes

1. MATUHE. *Rapport sur l'Etat de l'Environnement du Maroc (REEM)*, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, Département de l'Environnement, Observatoire National de l'Environnement du Maroc (ONEM), Octobre, Ed. 2, **2001**, 296.
2. L Benaabidat. *Caractérisation du bassin versant de Sebou, hydrologie, qualité des eaux et géochimie de sources thermals. Thèse en hydrologie à FST- Saïs, 2000*, 250.
3. DRPE, *Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau. Rapport National sur les ressources en eau au Maroc. 2004*.
4. DGH. *Direction Générale de l'Hydraulique. Rapport sur Processus d'action et de renforcement des capacités; l'eau et l'environnement. 1996*.
5. A Agoumi, A Debbbarh. *Ressources en eau et bassin versants du Maroc: 50 ans de développement (1955-2005). 2006*.
6. D Belghyti, H Daifi, A Alemad, K Elkharrim, M Elmarkhi, Y Souidi, F Benelharkati, B Joti, Z Elmoukrifi, A Ibeda, Y Azami-Idrissi, S Baroud, F Elkhayyat, O Elrhauat, S Sadeq, Y Taboz, H Sbai, R Naser, H Chigger, N Derwich. *Groundwater management for sustainable production of drinking water quality in Maamora*, 2nd International Conference on Water and Society, 4 - 6 September **2013**, New Forest, UK, 2013, Vol 178, pp.242 -254, doi:10.2495 / WS130201, **2013**.
7. O.N.E.P. *Alimentation en eau potable, Menaces de pollution. Rapport. 1999*.
8. ORMVAG: *Office Régional de Mise en Valeur Agricole Gharb Maroc. Etude pédologique au1/20000 de la Troisième Tranche d'Irrigation (TTI) sur une superficie de 100000 ha, Zone M'nasra, Z1-Z2, Kénitra, Maroc, Rapport inédit, 1994*, 180.
9. E Derwich, Z Beziane, L Benaabidate, D Belghyti. *Evaluation de la qualité des eaux de surface des oueds fès et sebou utilisées en agriculture maraîchère au Maroc. Larhyss Journal*, n° 07, **2008**, 59-77.
10. J. Rodier. *L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eau résiduaires, eau de mer, 7e Edition*, Dénod. Paris, 1996, 1383.
11. DIN 1992a. *Détermination de la Demande Biologique en Oxygène (DBO) selon DIN Laboratoire National de l'Environnement, Rabat. 1992*.
12. DIN 1992b. *Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) selon DIN 38409-H52. Laboratoire National de l'Environnement, Rabat. 1992*.
13. CNS. *Comité Normes et Standards. Ministère de l'Environnement du Maroc. Rabat, 1994*.
14. CSE. *Conseil Supérieur de l'Eau. Aménagement optimal des eaux de l'oued Ouergha: Réalisation du barrage Mjara. Rabat, Maroc. 1988*.
15. A Krira, B Chakour, & H Fouta. *Intensification de l'agriculture et son impact sur l'environnement. Cas des nitrates dans la nappe phréatique de M'nasra du Ghab, Actes 1er Colloq, Sur le Développement agric, Rech, Agron, Au niveau de la région du Ghab. 2001*.
16. M Fekhaoui. *Recherches hydrobiologiques sur le moyen de Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès, suivi d'une Macro-pollution et élévation de son incidence sur les composantes physiques, chimiques et biologiques de l'écosystème. Thèse d'état, Univ, Med V, Rabat, Maroc, 1990*, 152.
17. T El Hammoui, D Belghyti. *Caractérisation physicochimique des eaux potables produites par la station de traitement de Mkansa (Maroc). Scienceslib. 2012*.
18. O.N.E.P. *Contrôle de la pollution des eaux destinées à l'alimentation en eau potable. Rapport. 1998*.
19. O.N.E.P. *Alimentation en eau potable, Menaces de pollution. Rapport. 1999*.
20. WHO (eds), *World Health Organization., Guideline for Drinking Water Quality, Health Criteria and Other Supporting Information. 2nd Edition, Vol.2, Geneva, 2004*, 940-949.