

# **ETUDE DE LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET CONTAMINATION MÉTALLIQUE DES EAUX DE SURFACE DU BASSIN VERSANT DE GUIGOU, MAROC**

*Abboudi Akil, Dr.*

*Tabyaoui Hassan, Ph*

*El Hamichi Fatima, Ph*

Laboratoire des Ressources Naturelles et Environment  
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc

*Benaabidate Lahcen, Prof.*

*Lahrach Abderrahim, Prof.*

Laboratoire de Géorressources et Environment  
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc

---

## **Abstract**

This study was carried out in November 2012 on the surface water of Oued Guigou. Samples have been analyzed according to the techniques for evaluation of water quality described by Rodier (2009) and the recommendations of the World Health Organization. This study concerns the analysis of physico-chemical parameters (T, pH, Electrical conductivity,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , Dissolved oxygen) and the assessment of contamination by trace elements (Fe, Pb, Cu, Zn, .. ) in order to characterize the quality of surface waters in Oued Guigou.

The results of the physico-chemical analyzes show that the waters of this river are characterized by a low natural mineralization (430  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) and concentrations of less than the standards recommended by The WHO (1984) and Moroccan standards (MATEE, 2002) of the various parameters and also the concentrations too low see null in heavy metals which testify in general, that the waters of this watercourse is of a good quality.

---

**Keywords:** Surface water, physic-chemistry, pollution

---

## **Résumé**

Cette étude est basée sur des prélèvements qui ont été effectués durant novembre 2012 au niveau des eaux de surface de l'Oued Guigou. Ces prélèvements ont fait l'objet d'analyse selon les techniques d'évaluation de

la qualité de l'eau décrites par Rodier (2009) et les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Cette étude concerne l'analyse des paramètres physico-chimiques ( $T^{\circ}$ , pH, Conductivité électrique,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3^-$  et Oxygène dissous ) et l'évaluation de la contamination par les éléments traces (Fe, Pb , Cu, Zn, ..) en vue de caractériser la qualité des eaux de surface de l'Oued Guigou.

Les résultats des analyses montrent que les eaux de ce cours d'eau sont caractérisées par une minéralisation naturelle faible ( $430\mu S/cm$ ) et des concentrations inférieures aux normes recommandées par l'OMS (WHO, 1984) et normes marocaines (MATEE, 2002) des différents paramètres et aussi les concentrations trop faibles voir nulles en métaux lourds témoignant en général que les eaux de ce cours d'eau sont d'une bonne qualité.

---

**Mots clés:** Eaux de surface, physic-chimie, pollution

## **Introduction**

Au Maroc, la préoccupation des problèmes de l'environnement est en croissance. Récemment, plusieurs études ont mis en évidence la situation critique de plusieurs cours d'eau dans le pays (Sage et *al.*, 1997; Khamar et *al.*, 2000; Azzaoui et *al.*, 2002; Koukal et *al.*, 2004; etc). La question des eaux est l'un des problèmes majeurs de l'environnement au Maroc, à cause des conséquences sanitaires et économiques qui y sont liés. En outre, la pression exercée sur la ressource par la croissance démographique engendre une demande croissance de cette ressource (Derwich et *al.*, 2011).

La qualité des eaux naturelles de surface peut résulter des contraintes naturelles et anthropiques ainsi que de la gestion et l'économie de ces eaux. Ce sont là des questions qui se posent lorsqu'on demande comment améliorer ou simplement comment conserver sans les dégrader. Vu le développement socio-économique et démographique dans le Maroc, un intérêt tout particulier est accordé la protection et la conservation durable des systèmes hydrographiques marocains, et comme pour la majorité des pays du monde, le Maroc n'échappe pas au fléau de la pollution. Cependant, l'activité anthropique reste une cause principale de la dégradation de la qualité des eaux naturelles. Le présent travail s'intéresse ainsi à l'étude de la qualité physico-chimique et la contamination métallique des eaux de surface de l' Oued Guigou, affluent majeur de l'Oued Sebou.

## **Présentation de la zone d'étude**

L'oued Guigou est l'un des affluents majeurs de oued Sebou. Il se situe en amont du Haut Sebou et prend naissance dans le Moyen Atlas au col de Zad et s'étend sur une longueur de 114.43 km (Fig.1) son bassin versant, drainant une superficie de  $3084 km^2$ , se caractérise par

l'augmentation des précipitations hivernales et printanières engendrant un fort écoulement en printemps du à la fonte des neiges qui commence dès le début du réchauffement printanier.

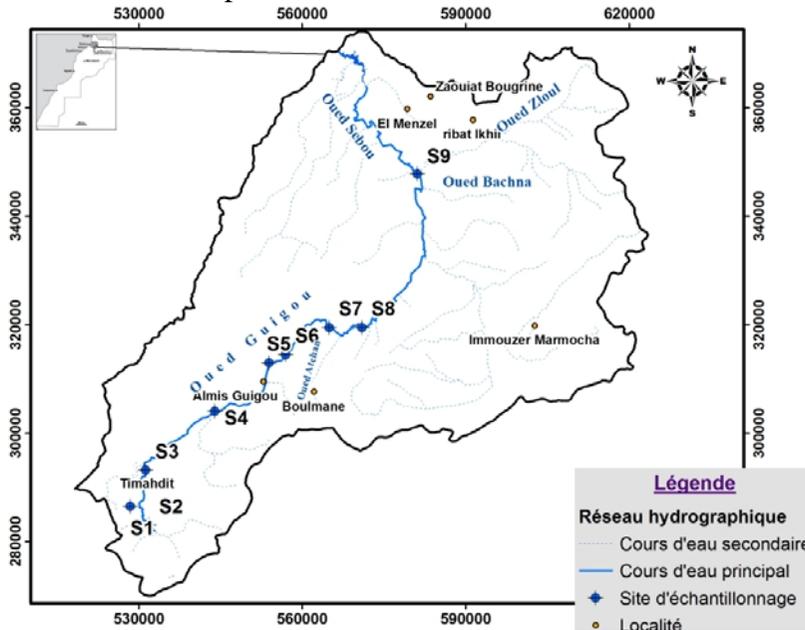


Figure 1 : carte de situation, de la zone d'étude

### Echantillonnage et analyses

La campagne d'échantillonnage a été faite en tenant compte de la diversité lithologique du bassin ainsi que la distribution des activités anthropiques. Neuf échantillons ont été faits le long de oued Guigou au cours du mois de novembre 2012. Les échantillons d'eau ont été pris dans des bouteilles de 1.5 litre et transportés dans une glacière et conservés à une température d'environ 4 °C selon la procédure de Rodier (2009).

L'étude physico-chimique des eaux a porté sur la détermination de la température du pH, de l'oxygène dissous et de la salinité in situ et, l'analyse des chlorures (Cl<sup>-</sup>), des nitrates, des nitrites, l'ion ammonium et des sulfates a été effectuée au laboratoire du CNRST de Rabat.

L'étude de la contamination par les métaux lourds des eaux de surface du bassin versant de Guigou a porté sur les éléments Cr, Cd, Ni, Zn, Fe, Cu, Pb. Ces analyses ont été réalisées aussi au laboratoire d'analyse du CNRST de Rabat par ICP-AES.

### Résultats et Discussions

#### La température de l'eau

La température de l'eau joue un rôle important dans la modification des propriétés chimiques, physiques ainsi que les réactions biologiques.

Dans les eaux étudiées, ce paramètre présente des valeurs comprises entre 8.6°C (S1) et 17°C (S6) (Fig.2) et ne montre pas de grandes variations entre les stations et reste proche de la température de la région pendant cette période (Benaabidate, 2000).

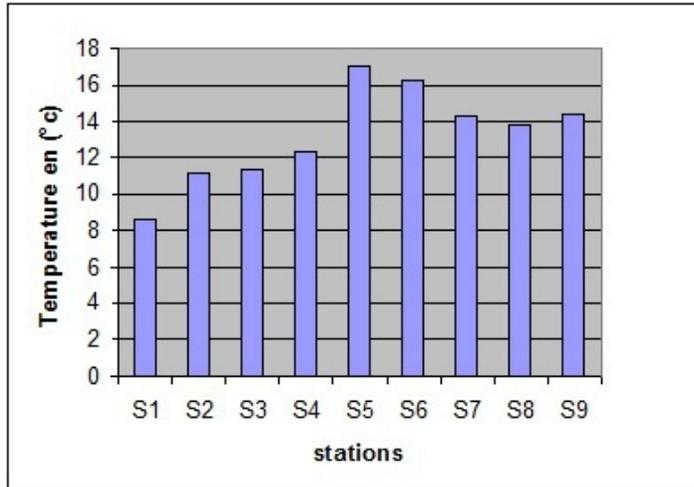


Figure 2 :Variation spatiale des valeurs de la température

### Le pH

Le pH (potentiel d'hydrogène) mesure la concentration en ions  $H^+$  de l'eau et traduit ainsi la balance entre acides et bases sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques. Ses valeurs se situent entre 6 et 8.5 dans les eaux naturelles (Chapman & Kimstach, 1996) et pour ce qui des eaux de surface de Guigou (Fig.3), elles ne montrent pas de variations notables et ont tendance d'être basiques avec un minimum de 7.73 et un maximum de 8.89.

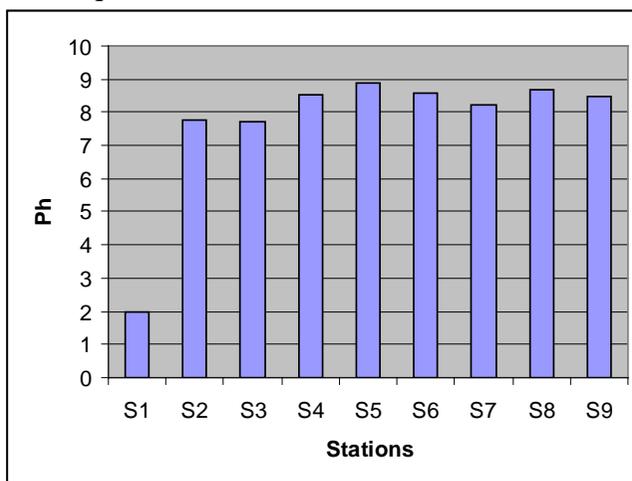


Figure 3 :Variation spatiale du potentiel hydrogène

## La conductivité électrique

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau. En effet, des mesures contrastées sur un milieu permettent de mettre en évidence l'existence de pollution, des zones de mélange ou d'infiltration (Ghazali et Zaid, 2013). Ce paramètre permet aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Pescod, 1985; Rodier, 1996).

Les eaux de surface de oued Guigou sont faiblement minéralisées avec des valeurs comprises entre 230  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 552  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (Fig.4). Ces valeurs enregistrés dans la période de retour de pluies pourraient être attribuées aux précipitations qui ont entraîné un phénomène de dilution des eaux due essentiellement aux sources d'eau d'écoulement sous terrestres issues des montagnes de Moyen Atlas (Nassali et *al.* In Doubi et *al.*, 2013).

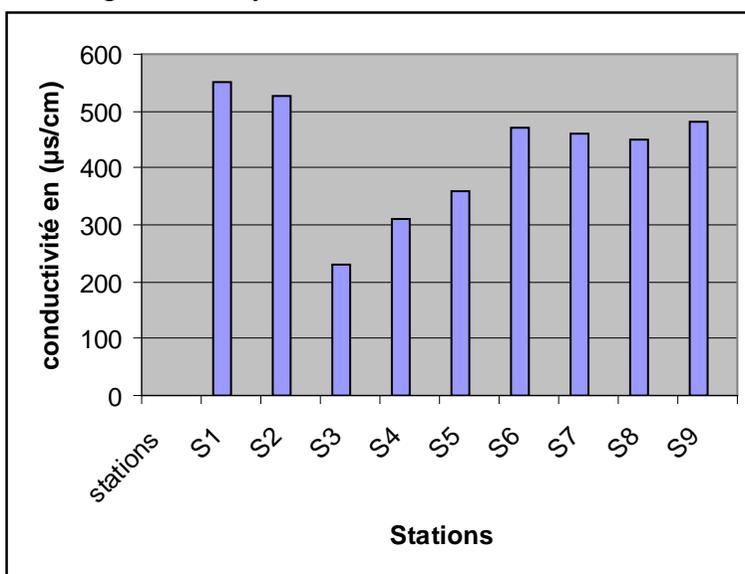


Figure 4 : Variation spatiale des valeurs de la conductivité

## Les chlorures

La teneur en ion chlore des eaux naturelles est essentiellement associée à celle du sodium. Dans les eaux du Guigou, cette teneur atteint des valeurs moyennes comprises entre 52.16 mg/L et 69,53 mg/L et des valeurs maximales de 106.59 mg/L liées principalement à la nature des terrains traversés (Bermond et Vuichard, 1973). Par ailleurs, ces valeurs restent inférieures à 750 mg/L valeur considérée comme valeur limite des teneurs en chlorure (MATEE, 2002).

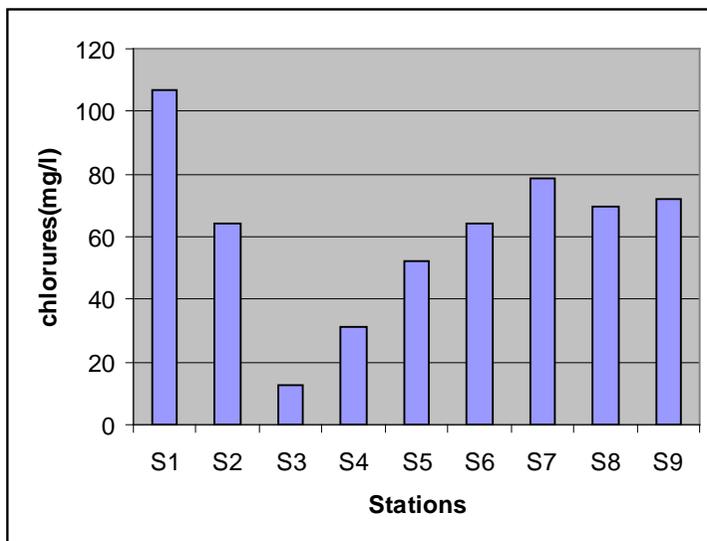


Figure 5 : Variation spatiale des valeurs des chlorures

### Les sulfates

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques notamment le gypse ( $\text{CaSO}_4$ ), mais également de la pyrite ( $\text{FeS}$ ) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite).

Les origines anthropiques sont la combustion de charbon et de pétrole qui entraîne une production importante de sulfures et, l'utilisation d'engrais chimiques et de lessive (Barry, 1989). La transformation réversible des sulfates en sulfures se fait grâce au cycle du soufre (Peck, 1970). Les eaux de surface contiennent des teneurs très variables de sulfates et leur concentration est généralement comprise entre 2.2 mg/L et 58 mg/L (Meybeck et *al.*, 1996).

Les valeurs de ce paramètre dans les eaux étudiées sont très variables et oscillent de l'amont vers l'aval entre 14.03 mg/L et 237.74 mg/L (Fig.6). Ces fortes teneurs de sulfates dans la zone d'étude peuvent être engendrées par les activités agricoles, mais la source principale de sulfate dans les eaux de Guigou reste la présence de formations secondaires principalement le gypse.

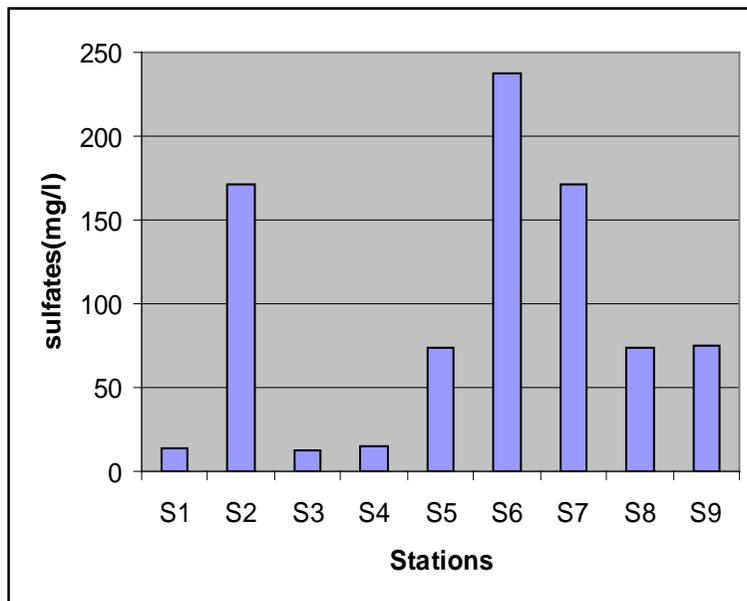


Figure 6 : Variation spatiale de la teneur en sulfates

### Les Nitrates

Présents à l'état naturel et solubles dans le sol, les nitrates pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Cependant, ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais (Chapman & Kimstach, 1996) et constituent l'un des facteurs de la dégradation de la qualité de l'eau. Les nitrates proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification.

Les teneurs en nitrates sont comprises entre la valeur minimale de 4.11 mg/L enregistrée à la station (S1) et la valeur maximale trouvée au niveau de la station (S2) avec 19.73 mg/L. La contamination en nitrates semble être liée aux apports des eaux souterraines (sources d'eau) contaminées par l'infiltration de ces composés à partir des terres agricoles (Neal et *al.*, 2000) et aussi au lessivage des sols. Néanmoins, ses valeurs restent inférieures à la valeur limite des 30 mg/L fixées par les normes marocaines (Fig.8).

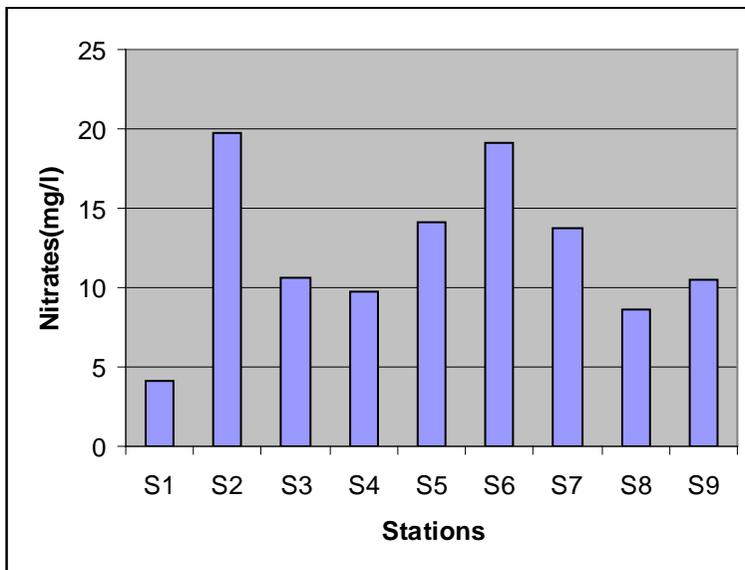


Figure 8 : Variation spatiale des nitrates

### Les nitrites

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote amoniacal, ce qui explique les faibles quantités rencontrées en milieu aquatique. Les résultats de notre étude révèlent que les teneurs en nitrites sont très faibles et ne dépassent pas la norme de l'OMS (2002) (0.1 mg/L).

### L'ion ammonium

Cet élément 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 toutefois négliger les apports d'origine domestique, agricole et industrielle.

Les concentrations en ion ammonium au niveau des stations étudiées sont inférieures à 0.1 mg/L. Ces teneurs très faibles à nulles laissent prédire que cet élément ne constitue pas un risque de pollution pour les eaux de surface de l'Oued Guigou.

### L'oxygène dissous

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau (Rodier, 1996). Il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique et sa teneur moyenne dans les eaux de surface non polluée est de 8 mg/L (Fig. 9).

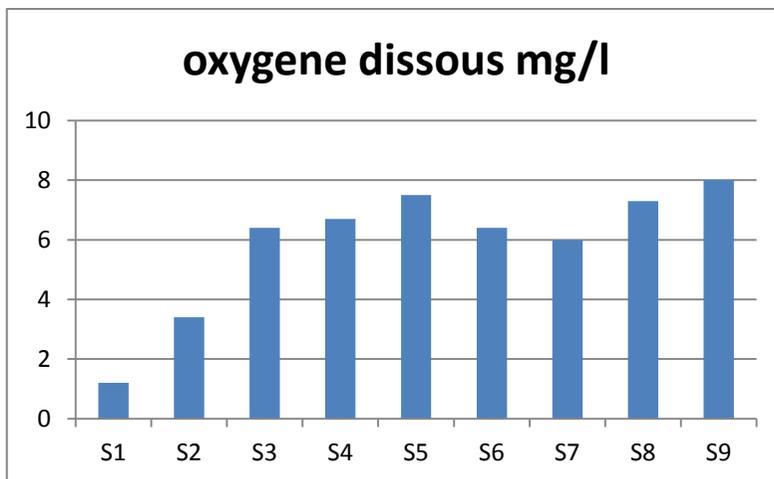


Figure 9 : Variation des teneurs en oxygene dissous

Dans les eaux du Guigou, sa concentration varie de 3.5 mg/L à 8 mg/L, ce qui témoigne de l'excellente qualité de la majorité d'eau sur l'ensemble de ce cours d'eau.

### Les métaux lourds

Dans notre étude, on s'est limité à la détermination de six éléments Cd, Cr, Pb, Cu, Fe et Zn qui sont les éléments les plus étudiés dans les eaux de surface marocains. Certes, ces métaux même de faibles concentrations leurs impacts écologique et sanitaire peuvent être importants. Les eaux de surface du Guigou contiennent des éléments traces à des teneurs très négligeables de l'ordre de 0.01 mg/L, ce qui permet de dire que ces éléments ne présentent aucun danger quant à la qualité des eaux de surface de l'Oued Guigou. En effet, les concentrations des éléments traces restent très inférieures aux valeurs limites préconisées par les normes marocaines. Ces résultats concordent avec ceux signalés par Abouelouafa et al. (2002) au niveau de oued Bounaim dans la région d'oujda mais s'avèrent inférieures à ceux trouvés par Azzaoui et al. (2002) au niveau de l'Oued Sebou. Ces faibles teneurs en métaux traces dans le Guigou sont liées à l'absence des activités industrielles au niveau de la région d'étude et qui constituent généralement le foyer de pollution par ces éléments dans les eaux de surface marocaines..

### Conclusion

La qualité des eaux de surface de oued Guigou dépend de la lithologie drainée par ce cours d'eau ainsi que l'influence non négligeable de l'activité agricole localisée sur les rives de ce cours d'eau

Cependant, les teneurs observées pour la plupart des paramètres physico-chimiques étudiés ne dépassent pas la norme marocaine respective relative à la qualité des eaux superficielles (MATEE, 2002). Par ailleurs, Koukal et al. (2004) ont stipulé que les eaux de Sebou en amont de la ville de Fès, dont fait partie le Guigou, sont généralement propores.

La comparaison de la contamination physico-chimique de l'oued Guigou avec d'autres cours d'eau marocains (Sebou et Bounaim) et mondiaux (Seine) montre que celle – ci reste dans les limites tolérables en relation avec le faible développement socio-économique de la région

### References:

- Abouelouafa, M. El Halouani, H. Kharboua, M. et Berrichi, A. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda: canal principal et Oued Bounaïm », ctes Inst. Agron. Vet. (Maroc), Vol. 22 (3),143-150. 2002.
- Azzaoui, S., El Hanbali, M., Leblanc, M. Copper, lead, iron and manganese in the Sebou drainage basin; sources and impact on surface water quality. Water Quality Research Journal Canada 37 (4), 773-784. 2002.
- Barry, G.S. Sodium sulphate. Canadian minerals yearbook – 1988. Mineral Report, n° 37. Division des ressources minérales, énergie, mines etressources. Ottawa. 1989.
- Benaabidate, L. Caractérisation hydrologique du bassin versant de Sebou: hydrogéologie, qualité des eaux et géochimie des eaux thermales. Thèse Doc. Es-sc., Faculté des Sciences et Techniques, Fès, 250 p. 2000.
- Bremond, R. et Vuichard, R. Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de la protection de la nature et de l'environnement. SPEPE, Paris.179 p. 1973.
- Chapman, D., Kimstach, V. Selection of water quality variables. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon. 1996.
- Derwich, L., Benziane, Z., Benaabidate, L. Diagnostic of physicochemical and bacteriological quality of fez wastewaters rejected in Sebou River: Morocco. Environ Earth Sci. Volume 63 (4), pp 839-846. 2011.
- Doubi, M. Dermaj, A. Ait Haddou, B. Chebabe, D. Erramli, H. Hajaji, N. Et Srhiri, A. Contribution à l'étude à l'étude physico-chimique de l'Oued Moulouya et un affluent au niveau de la région d'Outat El Haj. Larhys Journal, ISN 112-3680, n°16, p. 91-104. 2013.
- Ghazali, D. et Zaid, A. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès, Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, pp. 25-36. 2013.
- Khamar, M., Bouya, D., Ronneau, C. Pollution mé tallique et organique des eaux et des se'diments d'un cours d'eau marocain par les rejets liquides urbains. Water Quality Research Journal, Canada 35 (1), 147e161. 2000.

- Koukal, B., Dominik, L., Vignati, D., Arpagaus, P., Santiago, S., Ouddane, B., Benaabidate, L. Assessment of water quality and toxicity of polluted Rivers Fez and Sebou in the region of Fez (Morocco). *Environmental Pollution* 131, 163 - 172. 2004.
- Meybeck, M., Friedrich, G., Thomas, R., Chapman, D. Rivers. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126. 1996.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'eau et de l'environnement (MATEE). Normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation. 1276-01. 2002.
- Neal, C. Neal M, Wickham H, Harrow M. The water quality of a tributary of the Thames, the Pang, southern England. *The Science of the Total Environment*. 251 / 252: 459-475. 2000.
- OMS. Directives de qualité pour l'eau de boisson ; Volume 2- critères d'hygiène et documentation à l'appui OMS, Genève, 2ème Edition, 1050 p. 2002.
- Peck, H.D. Sulphur requirements and metabolism of microorganisms. Proceedings of a symposium on sulphur in nutrition. D.H. Muth & J.E. Oldfield. Ari Publishing Co., Westport, CT. 1970.
- Pescod, M.B.. Design, operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation. Ed. Pescod and Arar, 93-114 1985.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodier, L. L'Analyse de l'Eau. 8è édition. Dunod : Paris. 1384 pp. 1996.
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. L'Analyse de l'Eau. 9è édition. Dunod : Paris. 1579 pp. 2009.
- Sage, L., Bennasser, L., Steiman, R., Seigle-Murandi, F. Fungal microflora biodiversity as a function of pollution in Oued Sebou (Morocco). *Chemosphere* 35 (4), 751-759. 1997.
- WHO. Guidelines for Drinking Water Quality, vols. 1 and 2. World Health Organization, Geneva, Switzerland. 1984.