



CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE DU HAUT SEBOU EN AVAL DE SA CONFLUENCE AVEC OUED FES

***DERWICH E.¹, BENAABIDATE L.², ZIAN A.²,
SADKI O.³, BELGHITY D.⁴***

¹ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Centre Universitaire Régional d'Interface,
Fès, Maroc.

² Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Sciences et Techniques,
Département de Géologie, Fès, Maroc.

³ ONHYM, Rabat

⁴ Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Kenitra, Maroc

Email : elhoussinederwich@yahoo.fr

RESUME

Les eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Sebou constituent actuellement les seules ressources pour l'alimentation en eau potable d'une grande partie de la population rurale. La nappe étudiée est située dans le Sebou amont entre ses deux confluences respectives avec l'oued Inaouène et l'oued Fès. Pour mettre en évidence un potentiel impact négatif des eaux de Sebou, majoritairement polluées par les rejets liquides de la ville de Fès, sur les eaux de cette nappe alluviale, cette étude a envisagé de faire une caractérisation physico-chimique des eaux souterraines de cette nappe. L'analyse d'un certain nombre de paramètres indicateurs de la pollution des eaux (T°C, pH, conductivité électrique, dureté totale, sulfates, orthophosphates, DBO₅, oxygène dissous et les composés azotés) a révélé que les teneurs en ces éléments restent toutefois faibles et n'indiquent pas, pour la plupart, un risque de pollution majeure des eaux de la nappe alluviale par les eaux du Sebou. Cependant, les puits situés à proximité de celui-ci montrent des concentrations élevées en ces éléments.

INTRODUCTION

L'oued Sebou draine l'un des principaux bassins versants du Maroc du point de vue de l'importance des ressources hydriques et de sa forte anthropisation. Les caractéristiques physiographiques et le climat semi-aride du bassin versant du haut Sebou, situé entre la confluence de l'oued Fès et celle de l'oued Inaouène, expliquent le fonctionnement hydrologique de ce cours d'eau.

Les eaux du Sebou connaissent depuis plusieurs années une dégradation notable de leur qualité. En effet, les eaux usées de l'ensemble de la ville de Fès sont évacuées d'une façon précaire et sans traitement préalable dans le Sebou. Ces rejets contiennent des concentrations importantes de micropolluants organiques, de nutriments et de métaux lourds toxiques, et entraînent ainsi une dégradation considérable de la qualité des eaux du Sebou et des nappes alluviales avoisinantes. Pour mieux appréhender l'étude qualitative des eaux de la nappe alluviale et de dégager l'influence du Sebou sur cette nappe, des échantillons d'eau ont été prélevés dans 10 puits, tous situés à la bordure de Sebou entre sa confluence avec l'oued Fès et celle avec l'oued Inaouène. Ces échantillons ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique et d'analyse des éléments nutritifs.

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage

Les points d'eau ont été choisis de manière à avoir une image d'ensemble de la nappe alluviale avoisinant le cours d'eau de Sebou (Figure 1) et ce dans le but de déterminer l'éventuelle interaction entre la nappe et le Sebou. Dans cette étude dix échantillons ont été prélevés dans la nappe alluviale.

Analyses physico-chimiques

Les mesures de la température, pH, la dureté totale et la conductivité électrique ont été réalisées in situ. Le pH des eaux analysées est mesuré à l'aide des bandelettes indicatrices de pH. La conductivité a été mesurée par un conductivimètre model 125, S/N 002033, 1996, Type Orion. Les éléments majeurs, Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , ont été analysés au laboratoire du CNRST de Rabat. Les analyses de NO_2^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ et PO_4^{3+} , ont été réalisées dans le laboratoire de la RADEEF de Fès à l'aide d'un spectrophotomètre. La DBO_5 a été aussi analysée au sein de la RADEEF par un OXITOP.

Le dosage de l'oxygène dissout a été réalisé in situ puis au laboratoire de Géorressources et environnement de la Faculté des Sciences et Techniques de

Fès, après fixation de l'oxygène de l'échantillon par la méthode de titrage de Winkler.

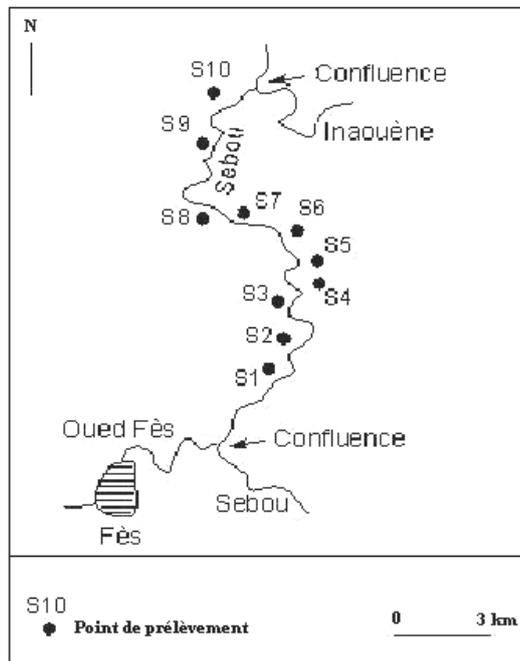


Figure 1 : Situation des points d'échantillonnage

RESULTATS ET DISCUSSIONS

La température de l'eau

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques (Chapman et al., 1996). Certes, toute variation brusque de ce paramètre entraîne une perturbation dans l'équilibre de l'écosystème aquatique.

Dans la zone d'étude, nous avons remarqué que cette température ne présente pas de grandes variations d'un puits à l'autre (Figure 2) et reste toutefois voisine de la température moyenne annuelle de la région soit 17,6 °C (Benaabidate, 2000), Avec un minimum de 17,2 °C (puits S₈) et un maximum de 20,4 °C (puits S₄).

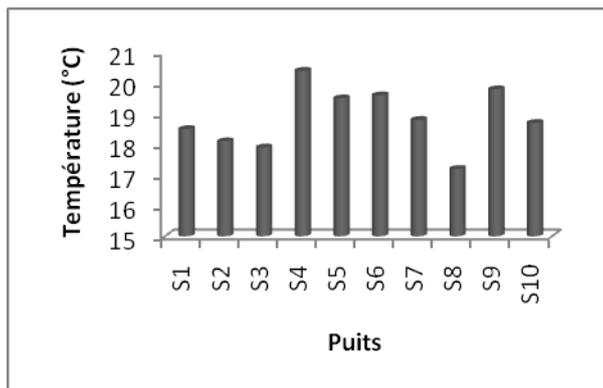


Figure 2 : Variation spatiale des valeurs de la température.

Le pH

Ce paramètre mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau, et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (Chapman et al., 1996). Il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est importante (Meybeck et al., 1996). Les valeurs du pH des eaux de la nappe alluviale du Sebou (Figure 3) ne montrent pas de variations notables, avec un minimum de 7,1 au puits S₃ et un maximum de 8,1 aux puits S1 et S₈.

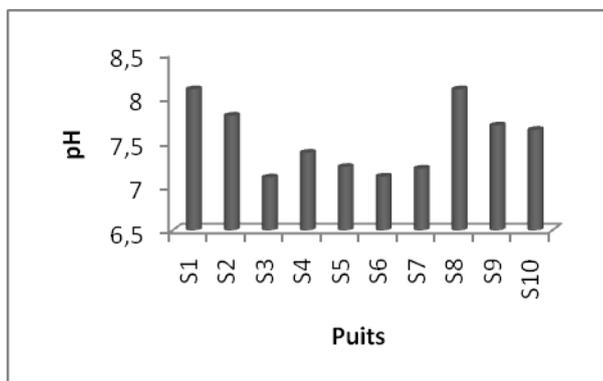


Figure 3 : Variation spatiale des valeurs de pH

La conductivité électrique

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau.

Les eaux de la nappe alluviale de Sebou sont fortement minéralisées (Figure 4), avec des valeurs toujours supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs importantes semblent résulter d'une part des apports issus du drainage de l'oued par la nappe alluviale et ce suite à l'absence et l'insuffisance de la période pluvieuse et / ou par un lessivage de la roche réservoir où les eaux séjournent dans la nappe aquifère.

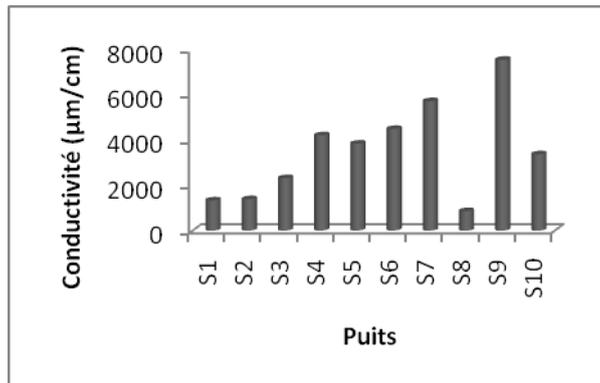


Figure 4 : Variation spatiale des valeurs de la conductivité

La dureté totale

Ce paramètre représente la teneur de l'eau en sels de métaux alcalino-terreux (sels de calcium, magnésium, strontium et baryum). Etant donné que le strontium et le baryum sont souvent présents dans l'eau sous forme de traces, la dureté totale se réduit à sa concentration en ions calcium et magnésium, exprimés en millimoles ou en milligrammes par litre (mmol/l ou mg/l) ou en degré français ($^{\circ}\text{F}$).

Dans les eaux étudiées (Figure 5), ce paramètre présente une grande variation qui serait liée à la nature lithologique de la formation aquifère et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium.

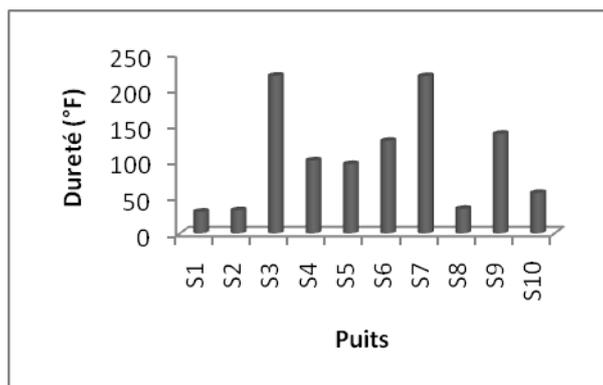


Figure 5 : Variation des valeurs de la dureté de l'ensemble des puits analysés.

Les sulfates

Le soufre est un élément non métallique qui existe à l'état naturel dans les sols et les roches sous forme organique (soufre protéique) et à l'état minéral (sulfures, sulfates et soufre élémentaire). Le soufre se combine à l'oxygène pour donner l'ion sulfate, présent dans certains minéraux : gypse, baryte... La transformation réversible des sulfates en sulfures se fait grâce au cycle du soufre (Peck, 1970; Smith, 1974). Les eaux de surface contiennent des teneurs très variables de sulfates. Leur concentration est généralement comprise entre 2,2 et 58 mg/l (Meybeck et al., 1996).

Les valeurs de ce paramètre dans les eaux étudiées sont très variables et oscillent entre 19,4 et 784,6 mg/l (Figure 6). Les teneurs élevées semblent être liées à une potentielle intrusion de la nappe alluviale par les eaux polluées de l'oued Sebou. Certes, des auteurs tels que Delisle et al., (1977) et Greenwood et al., (1984), ont étudié les sulfates et ont constaté que les valeurs élevées de ce paramètre peuvent être observées dans les cours d'eau polluée, au niveau des zones de rejets industriels (industrie minière, fonderie, usines de pâtes et papiers, usines de textiles, tanneries...). Ces fortes teneurs peuvent être dues aussi aux activités agricoles. En effet, l'agriculture, principale activité dans la zone d'étude, emploie de manière excessive des insecticides et des fongicides à base de sulfates ou d'acide sulfurique ainsi que des engrais au sulfate d'ammonium (Barry, 1989).

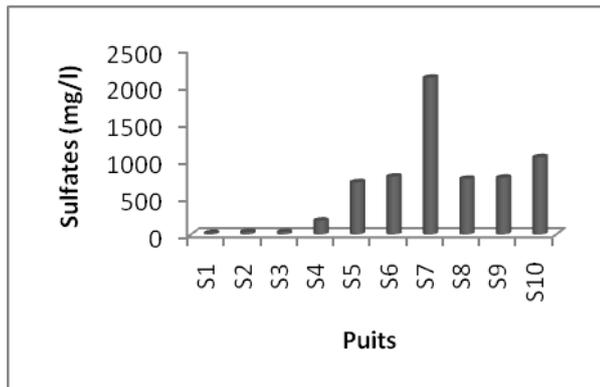


Figure 6 : Variation des teneurs en sulfates de l'ensemble des puits analysés.

L'oxygène dissous

Etant l'un des plus importants indicateurs sur le degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau et il est exprimé en mg/l ou en pourcentage de saturation. Il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. La teneur moyenne dans les eaux de surface non polluée est de 8 mg/l et ne dépasse guère 10 mg/l. Les concentrations obtenues (figure 7) ne présentent pas de variation notable, à l'exception du puits S₃ et S₁₀ qui se montrent bien oxygénés. Les autres puits sont légèrement sous oxygénés et ceci serait en relation avec une communication hydraulique mutuelle entre les eaux de la nappe alluviale et celles du Sebou, polluées et sous oxygénées. Les deux puits S₃ et S₁₀, ayant les teneurs les plus élevées en oxygène, se situent relativement plus loin du cours d'eau de Sebou.

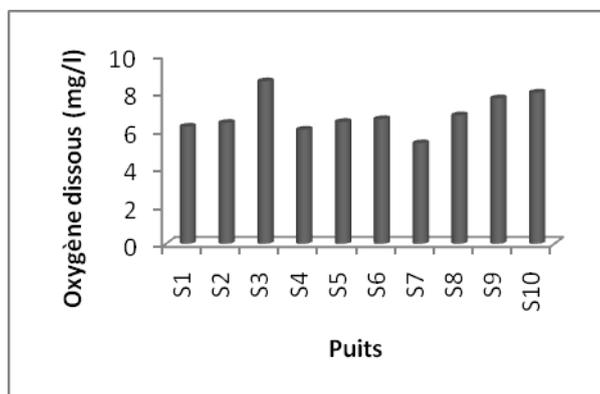


Figure 7 : Variation des teneurs en oxygène dissous de l'ensemble des puits analysés.

La Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ traduit la quantité d'oxygène moléculaire utilisée par les micro-organismes pendant une période d'incubation de 5 jours à 20 °C pour décomposer la matière organique, dissoute ou en suspension, contenue dans un litre d'eau. D'après Chapman et al. (1996), la DBO₅ des eaux naturelles est inférieure à 2 mg/l. Les eaux recevant des rejets domestiques présentent des concentrations supérieures à 10 mg/l.

Les eaux étudiées ont montré des valeurs relativement élevées en DBO₅ (figure 8). Ces fortes valeurs seraient liées à une forte oxydation des composés inorganiques oxydables. Aussi, elles peuvent être attribuées à une contamination des eaux de la nappe alluviale par celle de Sebou contenant des eaux résiduaires riches en matière organique.

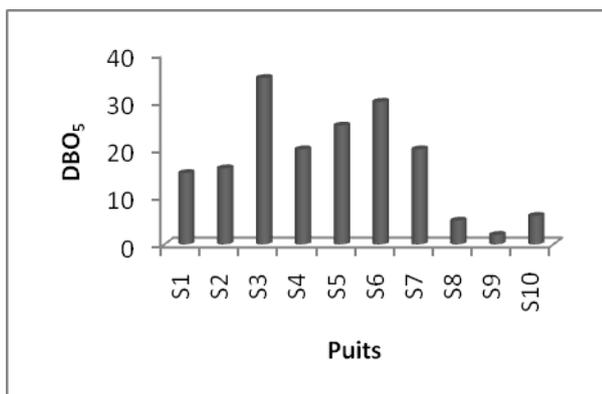


Figure 8 : Variation des valeurs de la DBO₅ (mg/l) l'ensemble des puits analysés.

Les orthophosphates

Les concentrations en orthophosphates enregistrées au niveau des puits étudiés sont comprises entre 0,064 et 0,33 mg/l (figure 9). Elles restent toutefois nettement inférieures à la limite admissible des orthophosphates soit 2,4 mg/l. Par conséquent, ce paramètre ne constitue pas un risque de pollution majeur pour les eaux de la nappe alluviale étudiée.

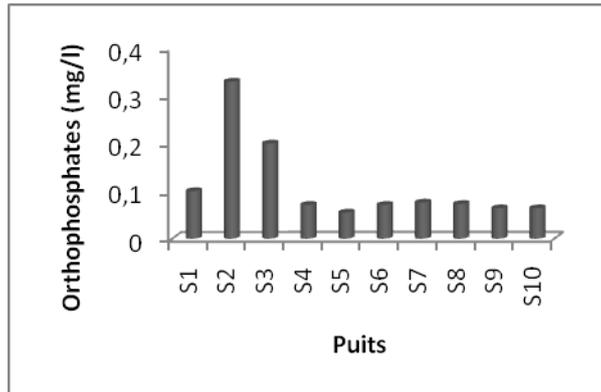
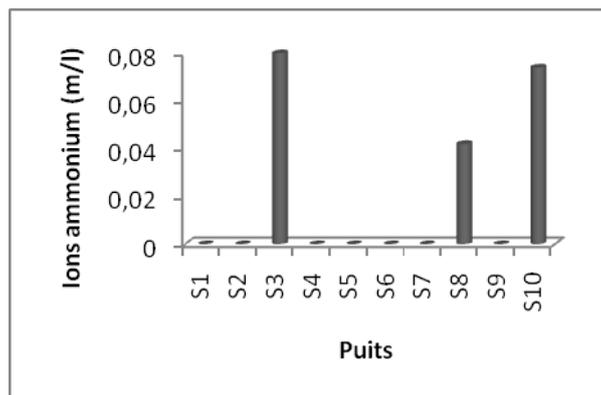


Figure 9 : Variation des teneurs en orthophosphates de l'ensemble des puits analysés.

Les composés azotés

L'azote est l'un des éléments chimiques les plus abondants sur terre. Il se présente sous deux formes : l'azote organique (protéines, acides aminés,...) et l'azote minéral (azote moléculaire, ammonium, nitrites, nitrates, ...). Les résultats relatifs aux différents composés azotés sont donnés dans la figure 10.



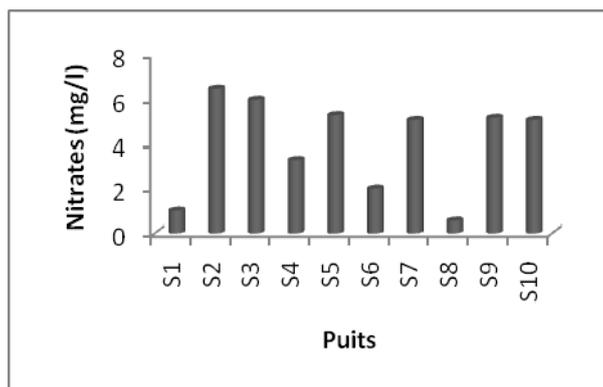


Figure 10 : Variation des teneurs en nitrates de l'ensemble des puits analysés.

L'ammonium

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 0,1 mg/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 (Chapman et al., 1996). Il constitue ainsi un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains.

La figure 10 montre les variations de la concentration en ions ammonium des eaux de la nappe alluviale du Sebou. Ces teneurs, très faibles à nulles, laissent prédire que cet élément ne constitue pas un risque de pollution pour les eaux de la nappe alluviale étudiée.

Les nitrates

Les nitrates constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification. En milieu naturel, sa concentration dépasse rarement 0,45 mg/l. Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques superficielles et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants utilisés en agriculture, (Chapman et al., 1996).

L'histogramme des teneurs en nitrates (figure 10) montre une légère variation de ces teneurs qui oscillent entre 0,55 mg/l (puits S₈) et 6,5 mg/l (puits S₂), mais qui restent inférieures à la valeur admissible par les normes marocaines (45 à 50 mg/l). De ce fait, les eaux étudiées ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates.

CONCLUSION

Les différentes analyses effectuées sur les échantillons de l'eau de la nappe alluviale du Haut Sebou, en aval de sa confluence avec l'oued Fès, ont permis de dégager le comportement de certains paramètres descriptifs de la qualité physico-chimique des eaux. Une comparaison des teneurs des principaux éléments mesurés dans les eaux souterraines de cette nappe pour les différentes stations d'échantillonnage, indique une différence dans la concentration entre ces différentes stations de mesure. Cette différence est caractérisée par des valeurs élevées au niveau des stations S₃, S₄, S₅, S₆ et S₇, situées à proximité de l'oued Sebou.

Les teneurs en sulfates dissous augmentent progressivement à partir de la station S₃ jusqu'à un maximum au niveau de la station S₇. Cette augmentation peut avoir comme origine les rejets des tanneries de la médina de Fès, suite à leur diffusion au niveau des eaux souterraines. La diminution progressive de ce paramètre pourrait être liée au phénomène d'autoépuration. Cependant, les concentrations en orthophosphates sont très faibles, ce qui laisse prédire que cet élément ne constitue pas un risque de pollution pour les eaux de la nappe étudiée.

Les mesures de la DBO₅ ont montré des valeurs qui restent aussi faibles avec une nette diminution à partir de la station S₆. Ce qui plaide en faveur d'une restauration progressive de la teneur en oxygène notamment par l'autoépuration. Le diagnostic de ces différents paramètres combiné à l'étude des composés azotés ont permis de constater que la nappe alluviale de Sebou, malgré le phénomène d'autoépuration reste très influencée par les eaux de l'oued Sebou.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AHO S. (2005). Régime des débits et qualité des eaux du Sebou en amont de la station de Dar El Arsa. Mémoire DESA, Faculté des Sciences de Kénitra, 133 p.
- BENAABIDATE L. (2000). Caractérisation hydrologique du bassin versant de Sebou : hydrogéologie, qualité des eaux et géochimie des eaux thermales. Thèse Doc. Es-sc., F.S.T. Fès, 250 p.

- BARRY G.S. (1989). Sodium sulphate. Canadian minerals yearbook – 1988. Mineral Report, n° 37. Division des ressources minérales, énergie, mines et ressources. Ottawa.
- CHAPMAN D., KIMSTACH V. (1996). 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, London, pp. 59-126.
- DELISLE C.E., SCHMIDT J.W. (1977). The effect of sulphur on water and aquatic life in Canada. Sulphur and its inorganic derivatives in the canadian environment. NRCC, n°. 15015, Centre National des recherches du Canada, Ottawa.
- GREENWOOD N.N., EARNSHAW A. (1984). Chemistry of the elements, Pergamon Press, Oxford, UK.
- MEYBECK M., FRIEDRICH G., THOMAS R., CHAPMAN D. (1996). 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.
- PECK H.D. (1970). 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.