

Quality management of sekkak river water by the qual2k model

Gestion de la qualité des eaux d'oued sekkak par le modèle qual2k



KH. BEN TAHAR¹, D. YEBDRI^{1*}

¹ Université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Département d'hydraulique

*Corresponding author: dyebdri@yahoo.fr

Abstract – The quality of water resources is continually deteriorating. This situation is due to the socio-economic development of the different countries. To address this situation and to preserve water resources, strategies for the protection and management of the quality of water resources must be developed.

Mathematical models are a way to describe the relationships between waste loads and water bodies and to describe the concentration of each contaminant. In this respect, water quality models have been used as an important tool in the qualitative management of water resources. The objective of this work is to model water quality on a part of river Sekkak approximately 32 km (wilaya of Tlemcen northwest of the Algerian territory) using model QUAL2K to assess the water quality, environmental impact of multiple landfills along the river.

The spatial simulation of the main descriptors of the water quality of the Sekkak river (dissolved oxygen, biological oxygen demand BOD, ammonium, phosphorus) allowed us to illustrate and estimate several biological phenomena Of self-purification such as biological oxidation of organic pollution estimated at 0.0117mg BOD / L.Km, and nitrification of ammonia nitrogen estimated at 0.082mg NH₄ /L.Km.

Keywords : pollution, modélisation, qualitative management, QUAL2K model.

Résumé – La qualité des ressources en eau est en continuelle dégradation. Cette situation est due au développement socio-économique que connaissent les différents pays. Pour faire face à cette situation et en vue de préserver les ressources en eau, des stratégies de protection et de gestion de la qualité des ressources en eau doivent être élaborées.

Les modèles mathématiques sont une façon de décrire les relations entre les charges de déchets et les plans d'eau et pour décrire la concentration de chaque contaminant. A cet égard, les modèles de qualité de l'eau ont été utilisés comme un outil important dans la gestion qualitative des ressources en eau.

L'objectif de ce travail est de faire une modélisation de la qualité de l'eau sur une partie d'oued Sekkak environ 32 km (wilaya de Tlemcen nord-ouest du territoire algérien) à l'aide de modèle QUAL2K pour évaluer l'impact environnemental des décharges multiples de pollution le long de l'oued.

La simulation spatiale des principaux descripteur de la qualité de l'eau du cours d'eau du Sekkak (oxygène dissous, demande biologique en oxygène DBO, l'ammonium, phosphore), nous a permis d'illustrer et d'estimer plusieurs phénomènes biologique d'autoépuration tels que l'oxydation biologique de la pollution organique estimée à 0.0117mg DBO /L.Km, et la nitrification de l'azote ammoniacal estimée à 0.082 mg NH₄ /L.Km.

Mots clés : pollution, modélisation, gestion qualitative, modèle QUAL2K.

1. Introduction

La qualité des rivières peut se dégrader en raison de pollutions industrielles importantes, de pollutions diffuses d'origine essentiellement agricole ou d'un taux d'élimination de la pollution domestiques encore insuffisante.

Les sources et les origines de pollutions sont ainsi diversifiées et éclatées.

L'enjeu premier en matière de qualité des eaux est de préserver la santé humaine ; la préservation de la ressource en eau potable est à ce titre primordial. D'une façon générale, le niveau de qualité recherché est apprécié en fonction des usages qui pèsent sur la ressource et de la richesse des écosystèmes qui y sont liés.

Les modèles mathématiques sont capables de prédire les variations de la qualité de l'eau dans un cours d'eau à long terme en les reliant à l'hydrologie, l'hydraulique, Il Ya beaucoup de modèles disponibles, mais le plus approprié est celui qui répond aux objectifs de la recherche.

Dans cette étude nous avons utilisé le modèle QUAL2K pour modéliser la qualité de l'eau d'un tronçon de cours d'eau Sekkak, depuis barrage Meffrouche jusqu'au barrage Sekkak.

2. Présentation du tronçon étudié :

La modélisation est faite sur un tronçon de cours d'eau Sekkak sur une longueur d'environ 32 km depuis barrage Meffrouche jusqu'au barrage Sikkak .Cet oued est situé au Nord-Ouest du territoire Algérien [carte N° 1] C'est un affluent rive gauche de l'oued Isser (lui-même affluent rive droite de la Tafna s'étend sur la totalité de la région de Ain youcef wilaya de Tlemcen avec une superficie du sous bassin avoisinant les 326 km², Sa confluence avec Oued Tafna à lieu dans la plaine de Remchi à 81 m d'altitude et son débit liquide moyen annuel est de 1,47 m³/s. Le débit d'étiage (0.239 m³/s) est alimenté, par différents tronçons, par des émergences et par des rejets des eaux usées (SELKA. Ghouti).

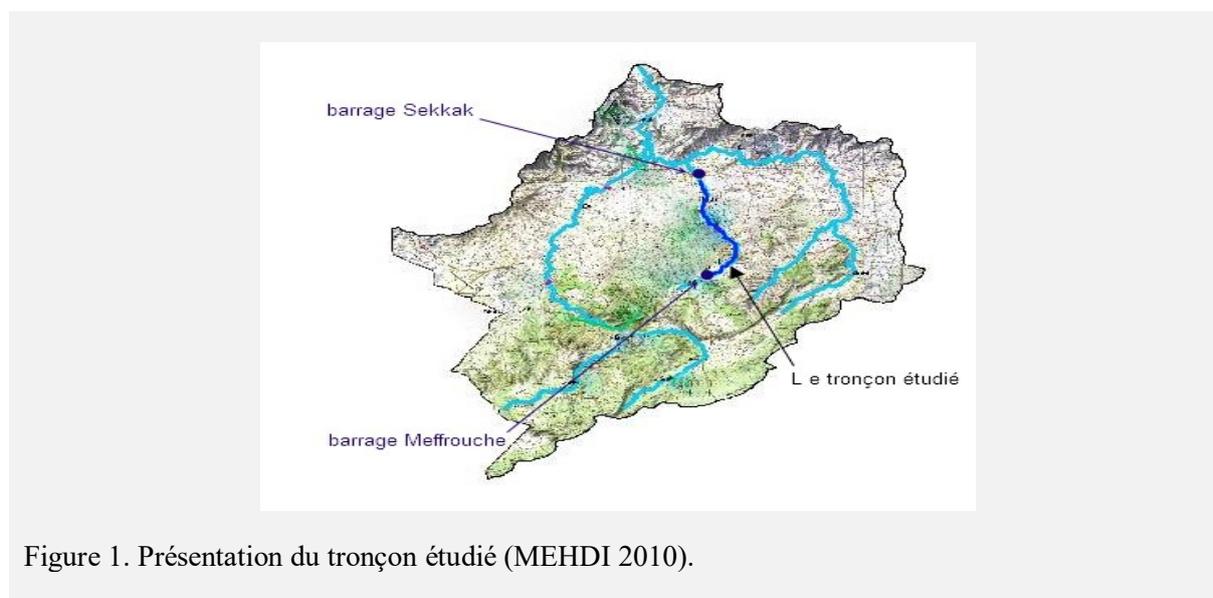


Figure 1. Présentation du tronçon étudié (MEHDI 2010).

3. Présentation du modèle QUAL2K

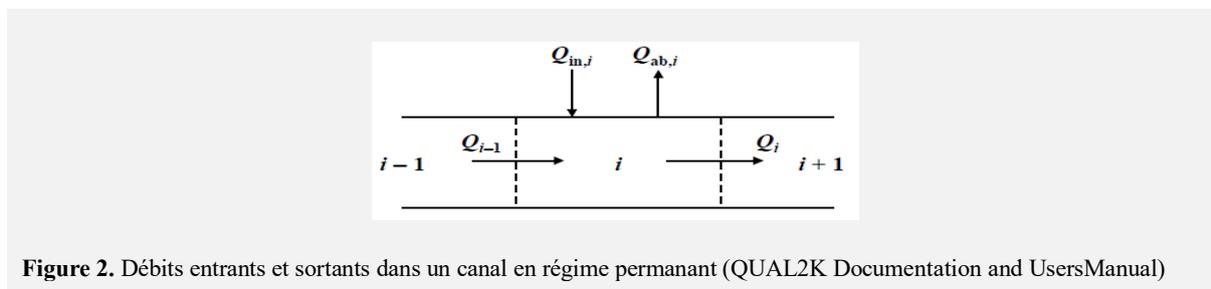
QUAL2K a été développé par Steve Chapra dans le cadre de l'Agence de protection de l'environnement de l'Université Tufts C'est un modèle de qualité de l'eau de cours d'eau. Il est unidimensionnel et statique, pour des canaux bien mélangés (latéralement et verticalement).

Le modèle suppose une section trapézoïdale du canal en cours de modélisation. Il est généralement utilisé pour évaluer l'impact environnemental des décharges multiples de pollution le long des rivières. Ce modèle est écrit en MS Windows Visual Basic et Microsoft Excel est utilisé comme interface utilisateur graphique. Toutes les entrées et sorties sont organisées en une série d'onglets de feuille de calcul, les calculs numériques sont mis en Fortran 90 afin de diminuer le temps de calcul (QUAL2K Documentation and UsersManual).

4. Bases de calcul hydraulique du modèle QUAL2K

Selon le modèle QUAL2K l'écoulement est en régime permanent, pour le calcul de débit en appliquant l'équation suivante (1) :

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{ab,i}$$



Où:

Q_i ; $Q_{ab,i}$ = les débits de sortie de l'élément i ($m^3 j^{-1}$)
 Q_{i-1} ; $Q_{in,i}$ = les débits entrant dans l'élément i ($m^3 j^{-1}$)

QUAL2K utilise la formule de Manning pour calculer la vitesse et la profondeur de l'écoulement, chaque tronçon est idéalisé comme un canal trapézoïdal, dans des conditions de débit constant, l'équation de Manning peut être utilisée pour exprimer la relation entre le débit et la profondeur :

$$Q = \frac{s_0^{1/2} A_c^{5/3}}{n P^{2/3}} \dots \dots \dots (2)$$

Où :

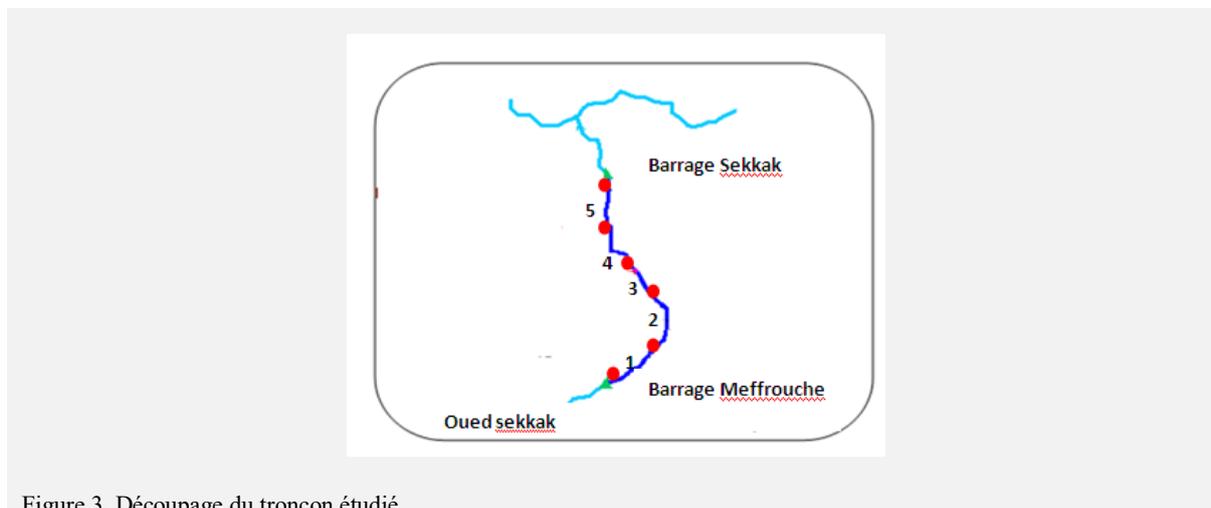
Q = débit [m^3 / s]
 S_0 = pente de fond [m / m],
 n = coefficient de rugosité Manning, Les valeurs pour les canaux artificiel de 0,012 à 0,03 et pour les canaux naturels de 0,025 à 0,2
 A_c = la surface en coupe transversale [m^2], et
 P = périmètre mouillé de la section transversale (m).

5. Outil de modélisation

5.1. Découpage du tronçon étudié

Dans le modèle QUAL2K la rivière est divisé en plusieurs tronçons et chaque tronçon sera divisé en segments égaux. Ces segments sont plus courtes pièces de modèles de simulation. La longueur du cours d'eau étudié est environ 32 km qui a été divisé en 5 tronçons

La figure ci-après présente le découpage du cours d'eau en plusieurs tronçons.



La longueur et la localisation de chaque tronçon est représentée dans le tableau ci-après :

Tableau 1. Découpage du tronçon étudié.

Numéros tronçon	Longueur (Km)	Localisation (Km)
1	8	32
2	9	24
3	6	15
4	6	9
5	3	3

5.2. Introduction des données observées de la qualité de l'eau dans le modèle QUAL2K

Cette modélisation nécessite des prélèvements des paramètres d'analyse en plusieurs points descriptifs du tronçon étudié. Pour notre étude on a choisi trois points de mesure : Le premier point de mesure au niveau de barrage Meffrouche (station n° 160727) ; le deuxième à la sortie de la station d'épuration de Ain El Hout. Et le troisième au niveau de barrage Sekkak (station n° 160728).

Le tableau ci-dessous représente les différents paramètres de qualité au niveau des trois stations de mesure introduisant dans le modèle QUAL2K pour le mois de janvier.

Tableau 2. Paramètres de qualité de l'eau au niveau des trois points de mesure stations (160727 ; 160728), (ANRH ORAN, ONA)

Paramètres de qualité (janvier 2011)	O2 (mg/l)	DBO (mg/l)	NH4 (mg/l)	Po4 (mg/l)	Pinorg (mg/l)
1 ^{ère} station	8.1	15.4	4.25	4.5	0.94
2 ^{ème} station	8.1	22	9.72	2	1.5
3 ^{ème} station	10.5	5.80	0.11	0.46	0.54

6. Représentation et interprétation des résultats

Les résultats simulés par QUAL2K sont représentés dans le temps et dans l'espace :

La simulation spatiale : Les graphes générés par QUAL2K montrent l'évolution de chaque paramètre le long du tronçon étudié à une période de temps spécifiée.

Pour déterminer la fiabilité du modèle, on doit calculer l'écart moyen entre les valeurs simulées et les valeurs observées par la relation suivante :

$$\text{Ecart moy} = \frac{\sum \left(\frac{Y_{\text{observé}} - Y_{\text{simulé}}}{Y_{\text{observé}}} \right)}{N} \times 100 \quad \dots\dots(3)$$

6.1. Résultats de la simulation spatiale

L'oxygène dissous

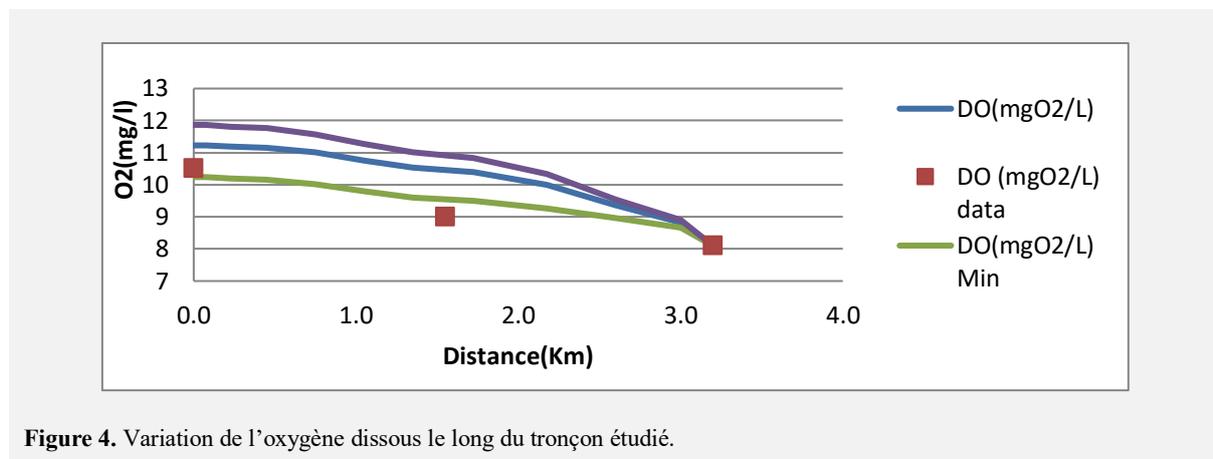


Figure 4. Variation de l'oxygène dissous le long du tronçon étudié.

La concentration en oxygène dissous dans les eaux de surface est un paramètre essentiel dans les phénomènes de dégradation de la matière organique.

On remarque d'après la figure(4) que la concentration en oxygène dissous prend sa valeur maximale de 11.23mg/l à proximité du barrage Sekkak, puis elle subit une réduction pour arriver à la station d'épuration d'Ain El-Hout (Tlemcen) avec une concentration plus faible de 10.46 mg/l, en fin elle atteind une valeur de 8.10 mg/l au niveau du barrage Meffrouche, On observe un apport d'oxygène dissous de l'ordre de 0.112 mg O₂/l.Km ce qui signifie un pouvoir auto-épurateur du cours d'eau satisfaisant pour assimiler la pollution organique due aux rejets.

Selon les normes de décrets n° 11-219 du 12/ 06/2011, la teneur en oxygène dissous minimale est de 30% ce qui correspond à une concentration d'environ 3.5 mg O₂/l. On peut conclure donc que les eaux du cours de Sekkak sont suffisamment oxygénées indicateur de leur bonne qualité.

Les résultats simulés de l'oxygène dissous dépassent ceux observées, l'écart moyen est de l'ordre de 12%.

La demande biologique en oxygène DBO

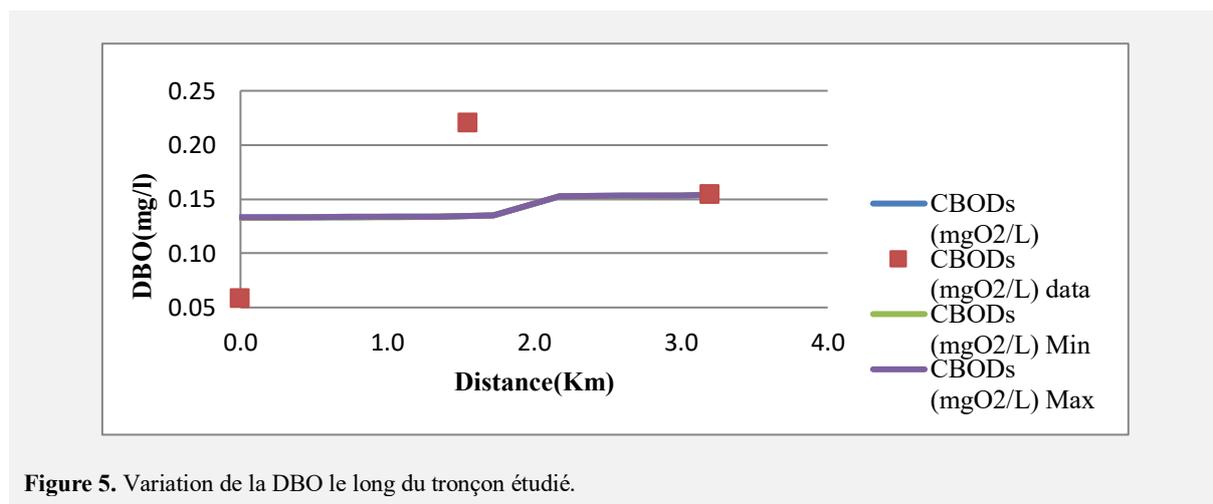


Figure 5. Variation de la DBO le long du tronçon étudié.

La concentration de la DBO varie entre 13.31mg/l et de 15.4 mg/l, on remarque que les résultats simulés de la DBO dépassent les normes ainsi que les valeurs observées ce qui montre l'existence d'une pollution organique biodégradable. Ce qui signifie un taux de biodégradation au niveau du cours d'eau de 0.117 mg DBO/l .Km.

La présence d'une station d'épuration à Ain El-Hout (Tlemcen) à contribuer à la protection du cours d'eau contre la pollution organique due au rejets domestiques de la ville de Tlemcen..

Les résultats simulés de la DBO dépassent ceux observés sauf au niveau de la station d'épuration on remarque que la valeur observée dépasse la valeur simulée, ce qui indique que le modèle minimise la concentration de la DBO a ce point de prélèvement. L'écart moyen est de l'ordre de 46%.

L'azoteNH₄

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel.

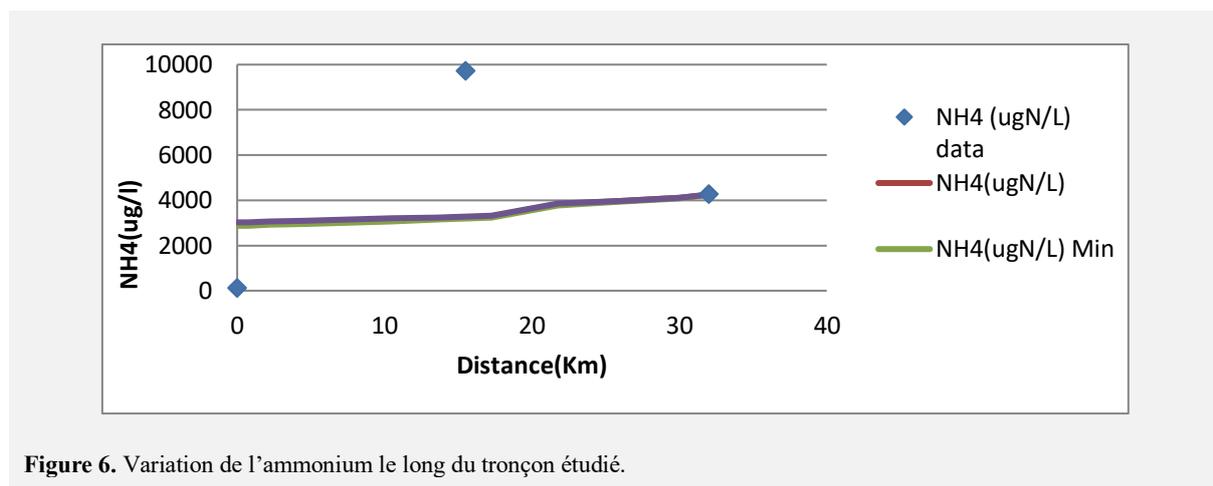


Figure 6. Variation de l'ammonium le long du tronçon étudié.

Concernant, les résultats simulés de l'ammonium, on remarque d'après la figure (6) qu'au niveau du barrage Sekkak la concentration de l'ammonium est de 2.96mg /l puis elle augmente en allant vers le barrage Meffrouche à une valeur de 4.25 mg /l. Le taux de nitrification du cours d'eau est de l'ordre de 0.082 mg NH₄/l.Km.

Au niveau de la station d'épuration Ain El Hout les résultats d'analyses observées dépassent largement ceux simulés et atteignent un maximum de 9.72 mg/l, on peut conclure que le modèle minimise la pollution par NH₄ a ce point de prélèvement, l'écart moyen est de l'ordre de 55.52%.

6.2. Résultats de la simulation temporelle

L'oxygène dissous

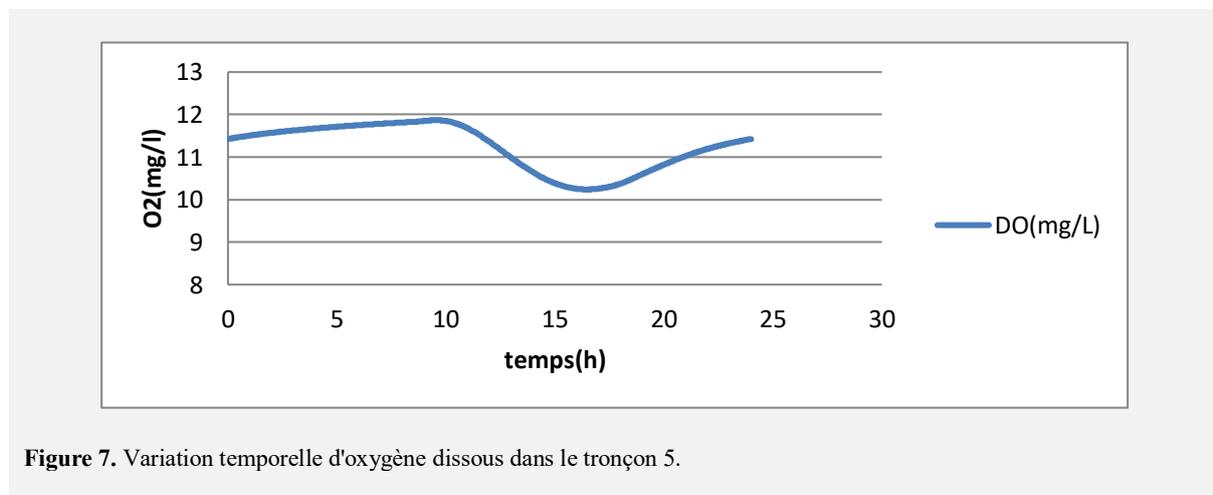


Figure 7. Variation temporelle d'oxygène dissous dans le tronçon 5.

On remarque d'après le graphe ci-dessus que la concentration du cours d'eau en oxygène dissous (indicateur de pollution organique) au niveau du tronçon 5 atteint un maximum de 11.85mg/l dans les premiers heures de la journée et un minimum de 10.25 mg/l.

Ammonium NH₄

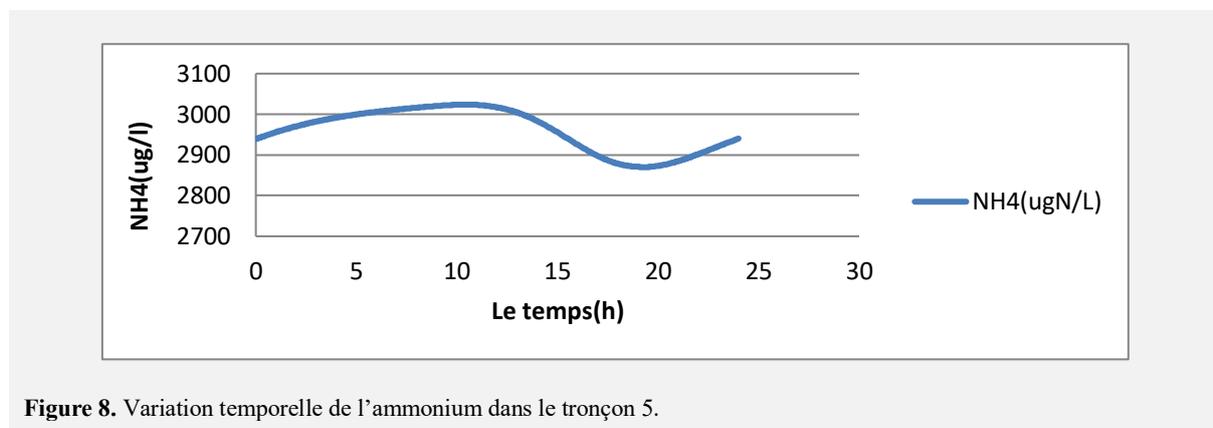


Figure 8. Variation temporelle de l'ammonium dans le tronçon 5.

La figure (8) présente l'évolution de l'ammonium au niveau du tronçon 5. Les variations sont très faibles, entre 3.02 mg/l et 2.90 mg/l.

7. Conclusion

La modélisation de la qualité de l'eau par le modèle qual2Ka a été faite sur une partie de cours d'eau Sekkak d'une longueur d'environ 32 km depuis le barrage Meffrouche jusqu'au barrage Sekkak. Cette étude nous a permis de suivre l'évolution des concentrations des différents polluants dans l'espace ainsi que leur propagation dans le temps.

En raison du manque de données d'analyse de la qualité de l'eau à l'échelle horaire, les résultats obtenus restent non fiables et inexploitable dans la prévision de l'évolution temporelle de la qualité du cours d'eau de Sekkak.

La simulation spatiale des principaux descripteurs de la qualité de l'eau du cours d'eau de Sekkak, nous a permis d'illustrer et d'estimer plusieurs phénomènes biologiques d'autoépuration tels que l'oxydation biologique de la pollution organique estimée à 0.0117 mg DBO /l.Km, et la nitrification de l'azote ammoniacal estimée à 0.082 mg NH₄ /l.Km.

En perspective, nous souhaitons développer ce travail très utile pour les gestionnaires de la qualité de l'eau, leur permettant ainsi une prise de décision afin d'éviter les dégradations de la qualité de l'eau irréversibles comme l'eutrophisation des eaux de barrage.

8. Références

QUAL2K DOCUMENTATION AND USER'S MANUAL; Steve Chapra and Greg Pelletier novembre 25, 2003

ONA : office national d'assainissement wilaya de Tlemcen Algérie.

ANRH ORAN : agence nationale des ressources en eau de la wilaya d'Oran Algérie.

SELKA. GHOUTI, [2004] ' impact du projet Sikkak sur la plaine de Hennaya ' revue Algérie Equipement n° 38 janvier 2004.

MEHDI 2010 « planification et gestion des ressources en eau dans la ville de Tlemcen » mémoire de magister en hydraulique université Mohamed Boudiaf Usto.