

Caractéristiques hydro chimiques des eaux de l'oued Seybouse - Cas de la région de Guelma (Nord est Algérien)

Hydro chemical characteristics of the Seybouse river – Case study of the Guelma region Northeast of Algeria

Marwa Aissaoui^{1*}, Moussa Benhamza¹ & Mohamed Guettaf²

¹Département de Géologie, Laboratoire de Géodynamique et Ressources Naturelles (LGRN),
Université Badji Mokhtar Annaba, BP12. 23000 - Annaba, Algérie.

²Département des Sciences de la nature et de la vie, Université 08 Mai 194, Guelma, 24000, Algérie.

Soumis le 02/05/2017

Révisé le : 24/09/2017

Accepté le : 29/09/2017

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد جودة وأنواع التلوث المختلفة لمياه واد سيبوس و روافده لإجراء هذه الدراسة تم أخذ 8 عينات على طول واد سيبوس وروافده خلال سبتمبر 2014 , أجريت التحاليل الكيميائية على 8 عينات المأخوذة والتي تتمثل في العناصر الكيميائية الرئيسة والعناصر الكيميائية الخاصة بالتلوث (Oxygène dissous, DBO₅, DCO, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺ et PO₄²⁻). أثبتت النتائج الكيميائية للعناصر الرئيسية أن المياه السطحية لمنطقة قالة تتميز بالسحنة الكيميائية التالية : كلوريد بيكربونات الصوديوم. بينت النسب DCO/DBO₅ والتي تعرف بالتحلل البيولوجي أن مياه المنطقة لديها عدة مصادر متنوعة للتلوث, مصدر مياه صرف المنطقة العمرانية كان في معظم النقاط المأخوذة و مصدر غذائي في واد سيبوس و الذي تمثل أحسن تحلل وأخيرا مصدر صناعي في واد ماعز جودة مياه واد سيبوس و روافده تعد مقبولة من حيث استخدام الري بالرغم من تلوثها المفرط من العناصر التالية NO₃⁻, NH₄⁺, DBO₅, DCO, PO₄²⁻.

الكلمات المفتاحية:

Résumé

La présente étude a pour objectif de définir la qualité des eaux de l'Oued Seybouse et ses affluents et la caractérisation des différents types de pollution.

Huit points de prélèvements ont été réalisés en septembre 2014 le long de l'oued Seybouse et ses affluents. Les analyses effectuées ont concerné les éléments majeurs et les éléments de pollution (Oxygène dissous, DBO₅, DCO, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺ et PO₄²⁻). Les résultats des analyses chimiques montrent que les eaux de surfaces de la région sont caractérisées par les faciès chimiques chloruré-bicarbonate-sodique. Le rapport DCO/DBO₅, traduisant la biodégradabilité montre une origine diversifiée de la pollution dans la région d'étude. Elle est à dominance domestique dans la majorité des points analysés, d'origine agroalimentaire au niveau de l'Oued Seybouse (Bentabouche) traduisant ainsi une meilleure biodégradabilité et enfin d'origine industrielle au niveau de l'Oued Maiz. Les eaux de l'Oued Seybouse et ses affluents présentent une qualité admissible pour l'irrigation, mais elles sont marquées par une pollution excessive par les NO₃⁻, NH₄⁺, DBO₅, DCO et PO₄²⁻.

Mots clés : Oued Seybouse – Guelma - Pollution – Qualité - Normes

Abstract

The objective of this study is to define the water quality of the Seybouse Wadi and its tributaries and identify the different types of pollution affecting it. Eight sampling points were exploited during September 2014 along the Seybouse Wadi and its tributaries. The analyses carried out related to major elements and pollution elements (Dissolved Oxygen, BOD₅, COD, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺ and PO₄³⁻). The results of the chemical analyses show that surface waters of the region are characterized by the chloride-bicarbonate-sodium chemical facies. The COD/BOD₅ ratio, reflecting biodegradability, shows a diversified source of pollution in the study area. It is predominantly urban in the majority of the points analyzed, of agri-food origin at the Seybouse Wadi (Bentabouche), allowing therefore for a better biodegradability, and finally of industrial origin at the Maiz oued. The waters of the Seybouse Wadi and its tributaries provide an acceptable quality in terms of irrigation use, but they are characterised by excessive NO₃⁻, NH₄⁺, BOD₅, COD and PO₄³⁻ pollution.

Keywords: Seybouse Wadi - Guelma - pollution - quality – standards

*Auteur correspondant : marwaaisaoui8@gmail.com

1. INTRODUCTION

L'accroissement démographique, le développement industriel, agricole et les rejets urbains dans la région de Guelma, se sont traduits par l'intensification des différents rejets non contrôlés, provoquant la dégradation de l'environnement et la contamination des eaux de surfaces. Les études effectuées ces dernières décennies dans la région ont montré que les rejets industriels et urbains non contrôlés étaient la cause de la contamination des sols et des ressources en eau. Le sous bassin de la moyenne Seybouse, où se localise notre région d'étude, n'échappe pas au problème de la pollution. L'Oued Seybouse, principal cours d'eau qui traverse la plaine de Guelma ; Bouchegouf sur plus de 45 km du sud au Nord-est, se trouve particulièrement touché par ce problème du fait de la démographie croissante des centres riverains et du développement continu des secteurs industriels et agricoles. En effet, les rejets liquides d'origines domestiques et industriels générés par la ville de Guelma, les communes de Medjez Ammar, El Fedjouj, Heliopolis, Belkheir et Boumahra sont déversés directement dans cet oued d'une façon précaire et sans aucun traitement préalable, à l'exception des rejets de l'oued Sekhoun et de l'Oued Maiz, qui sont collectés et épurés par la station d'épuration de Guelma. [1]. La station d'épuration de Guelma est entrée en service en 2008, elle avait pour objectif l'épuration de 43 388 m³/j d'eaux usées, d'où un apport non négligeable d'eau pour l'irrigation des terres agricoles de la région. [2], [3]. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Seybouse et ses principaux affluents. Le présent travail vient compléter et apporter des éléments nouveaux aux travaux antérieurs et consiste à étudier l'impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux de l'Oued Seybouse dans sa partie amont. Cette étude se base sur les différentes techniques d'interprétation des résultats des analyses chimiques pour individualiser les différents types de pollution.

2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

La wilaya de Guelma se situe au Nord Est du pays, elle est limitée par la wilaya d'Annaba au Nord, El Tarf au Nord Est, Skikda au Nord Ouest, Souk Ahras et Oum El-Bouaghi au Sud et enfin Constantine à l'Ouest (Fig. 1).

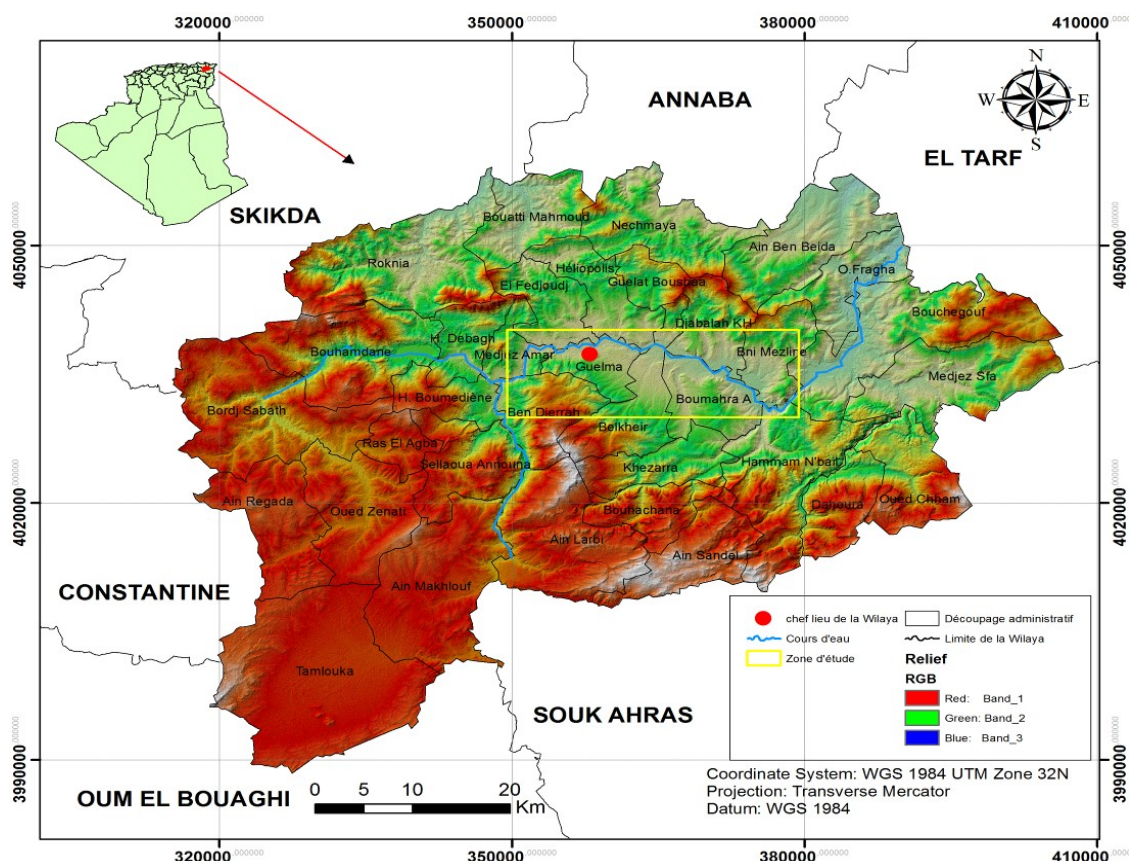


Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude

La région d'étude, du point de vue hydrologique fait partie du grand bassin versant de l'oued Seybouse, qui couvre au total 6471 km² et se caractérise par trois parties : les hautes plaines (hautes Seybouse), le tell méridional (moyenne Seybouse) et le tell septentrional (basse Seybouse). Il prend naissance dans les hautes plaines de Heracta et de Sellaoua après la confluence des Oueds Charef et Bouhamdane et finit dans la plaine littorale d'Annaba pour se jeter en méditerranée. [4], [5], [6].

3. MATERIELS ET METHODES

Pour étudier la qualité des eaux de la région d'étude, huit (08) points de prélèvements ont été choisis selon une répartition qui couvre toute la zone d'étude. (Fig2). Les modes d'échantillonnage et de prélèvement ont été réalisés selon les recommandations préconisées.

La campagne d'échantillonnage dans l'Oued Seybouse et ses affluents a été réalisée par nos soins en période de basses eaux le 15/09/2014. Les analyses chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire Central d'Arcelor Métal Annaba.

Les paramètres physico chimiques tels que la température, le pH et la conductivité électrique ont été mesurés in situ à l'aide d'un appareil Multi paramètres de terrain de marque WTW.

Pour l'appréciation du degré de minéralisation des eaux de l'oued, les paramètres, tels que Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , sont dosés par titrimétrie. Les nitrates, nitrites, l'ammonium, sulfates et les phosphates ont été dosés par spectrophotométrie.

Le spectrophotomètre à flamme a été utilisé pour la mesure des concentrations du potassium et du sodium [7].

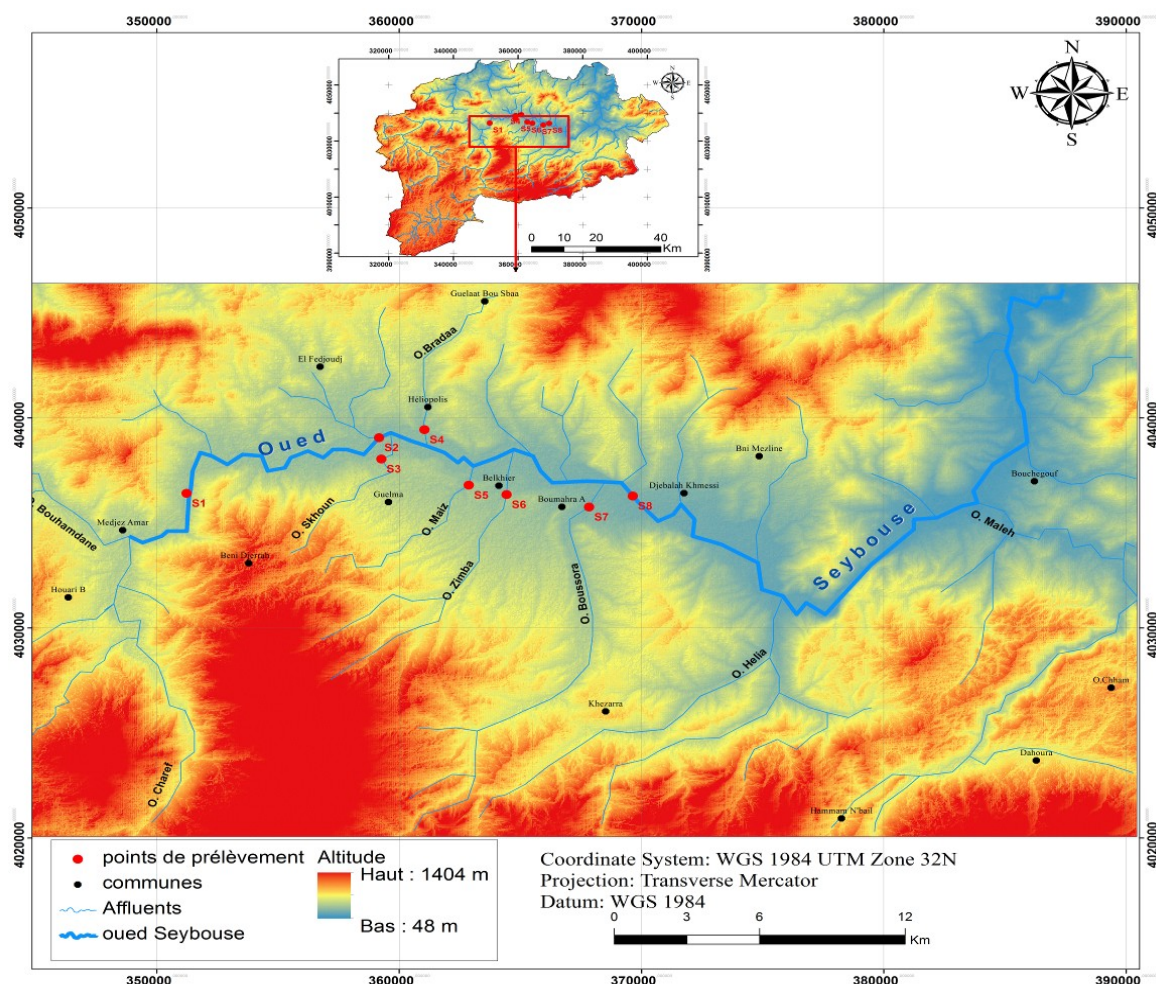


Figure 2 : Carte de situation des points de prélèvements

Les points de prélèvements sont désignés comme suit :

S1: Oued Seybouse (Bentabouche), S2: Oued Seybouse après les rejets des (Moulins Amor Benamor Sarl), S3: Oued Skhoune, S4: Oued Bradaa, S5: Oued Maiz, S6: Oued Zimba, S7: Oued Boussora, S8: Oued Seybouse (Boumahra Ahmed).

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1. Facies chimiques

La formule ionique est obtenue en classant de gauche à droite par ordre décroissant les quantités en réaction pour cent (%) du groupe des anions puis celui des cations. (Tab1). La vérification des résultats des analyses chimiques a été faite par le biais de la balance ionique, qui a été satisfaisante pour les eaux de surfaces. La représentation des résultats des analyses chimiques sur le diagramme de Piper montre que les faciès chimiques dominant sont le chloruré-bicarbonaté-sodique [8] (Fig. 3).

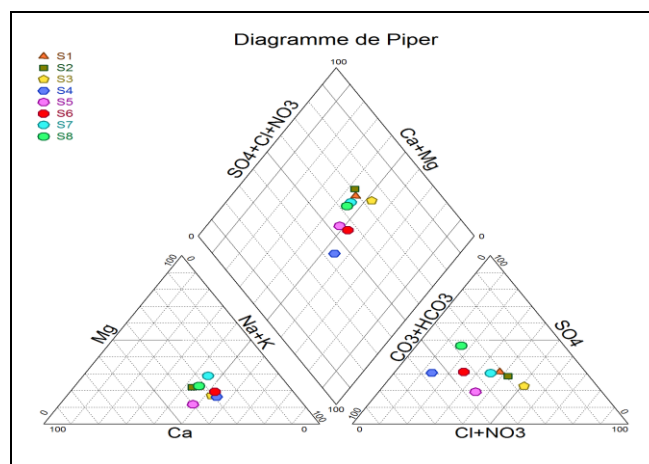


Figure 3 : Représentation graphique (diagramme de Piper)

4.2. Qualité des eaux de surfaces de la zone d'étude

4.2.1. Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques

- **potentiel hydrogène pH**

Le potentiel hydrogène, est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau. [9] Les échantillons prélevés dans la région d'étude sont des eaux légèrement basiques avec un pH variant entre 7.5 (S5) à 8 (S2).

- **Conductivité électrique**

Ce paramètre permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. La valeur maximale est observée au niveau du point (S3) avec une valeur de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (rejets urbains et industriels de la ville de Guelma). [10] (Fig. 4)

- **Oxygène dissous**

Les organismes aquatiques ont besoin d'une quantité suffisante d'oxygène dissous dans l'eau pour survivre, ce qui en fait un important critère pour la vie aquatique. Les facteurs qui peuvent mener à la réduction de l' O_2 dissous sont l'augmentation de la température de l'eau et la décomposition de grandes quantités de la matière organique. [11]. Les valeurs en O_2 dissous varient entre 2,1 mg/l (S7) et 4,5 mg/l (S1). (Fig. 5)

- **Demande biochimique en oxygène (DBO_5)**

La DBO_5 est la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques dissoutes ou en suspension dans l'eau. Il s'agit donc d'une consommation potentielle de dioxygène par voie biologique.

Les valeurs de la DBO_5 sont supérieures aux normes Algériennes de 25 mg/l (Journal Officiel de la république Algérienne N° 26 du 23/04/2006).

La valeur maximale s'observe au niveau du point (S3) avec 278,20 mg/l O_2 (point de rejet des déchets domestiques de la ville de Guelma). (Fig. 6) [11], [12]

- **Demande chimique en oxygène DCO**

La demande chimique en oxygène DCO exprime la quantité d'Oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant : le bichromate de potassium. La valeur minimale de la DCO de 19,2 mg/l O_2 , est enregistrée au niveau du point S2 ; la valeur maximale de 556 mg/l O_2 est observée au niveau de S3 (lieux des rejets domestiques de la ville

de Guelma qui sont déversés au niveau de l'Oued Skhoun). La norme Algérienne est de 80 mg/l O_2 . (Fig. 7).

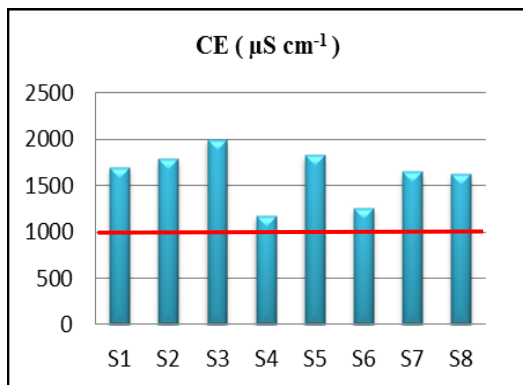


Figure. 4 : Variation de la Conductivité électrique

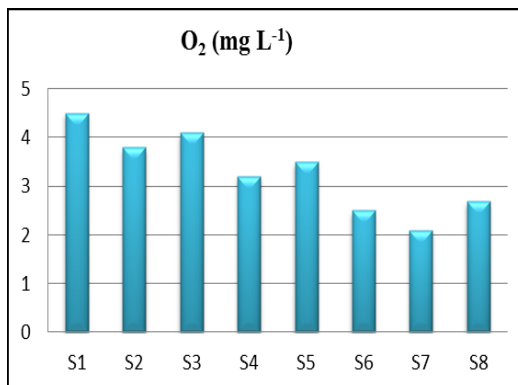


Figure. 5 : Variation des valeurs de l'Oxygène dissous

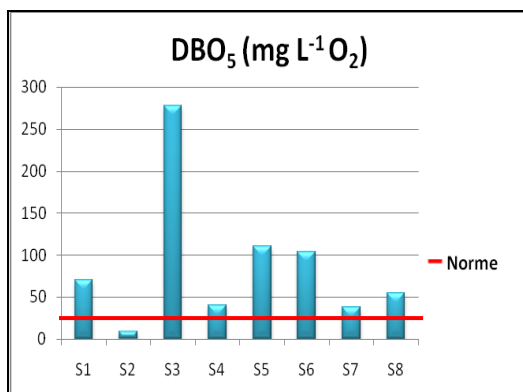


Figure. 6 : Variation des concentrations en DBO₅

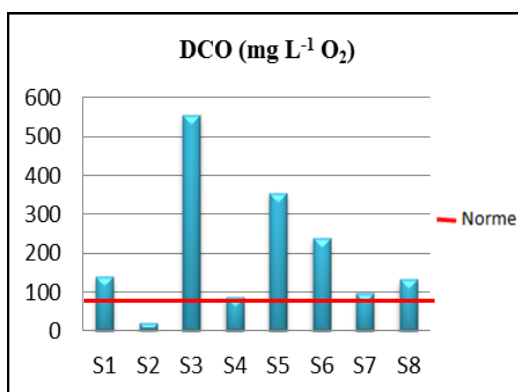


Figure. 7 : Variation des concentrations en DCO

Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble et sa présence est liée à l'utilisation intensive des engrais chimique. Sous cette forme, l'azote est un sel nutritif utilisable par la majorité des végétaux [12].

La valeur maximale est observée au niveau de (S4) avec une valeur de 4,84 mg/l due aux rejets domestique de la commune de Héliopolis qui sont déversés au niveau de l'Oued Bradaa, la valeur minimale s'observe au niveau de (S5) avec 0.08 mg/l. (Fig. 8)

- **Les nitrites NO_2^- ou azote nitreux**

Considérés comme toxiques, les nitrites sont la forme la moins stable dans le cycle de l'azote, ils sont issus de la réduction de l'ammonium NH_4^+ . Leurs origines sont liées à l'agriculture ou aux rejets urbains et industriels. [12]. Dans l'oued Seybouse cet élément se caractérise par des valeurs élevées avec un maximum de 5,03 mg/l au niveau de (S5), suite aux rejets domestiques de la commune de Belkheir qui sont déversés au niveau de l'Oued Maiz, ainsi que les produits phytosanitaires des engrais utilisés dans l'agriculture. La valeur minimale est enregistrée au niveau du (S4) avec une valeur de 0.24 mg/l. (Fig.9)

Les valeurs en nitrites sont supérieures à la norme Algérienne de 0,1 mg/l.

- **L'ammonium NH_4^+**

C'est la forme d'azote la plus toxique. La valeur maximale est observée au niveau de l'Oued Skhoun (S3) avec 4,45 mg/l (point des rejets domestiques), le minimum s'observe au niveau du point (S1), avec une valeur de 0.24 mg/l. (Fig. 10)

- **Phosphates (PO_4^{2-})**

Les phosphates peuvent être d'origine organique ou minérale. Le plus souvent leurs présences dans les eaux naturelles résultent de leur utilisation en agriculture sous forme d'engrais chimiques ou de pesticides [3], ce qui est le cas de l'Oued Seybouse entouré de terres agricoles. Les valeurs mesurées

varient de 0.12 mg/l (S1) à 4.4 mg/l (S3). (Fig. 11). La norme Algérienne pour les eaux de rejets est de 2 mg/l.

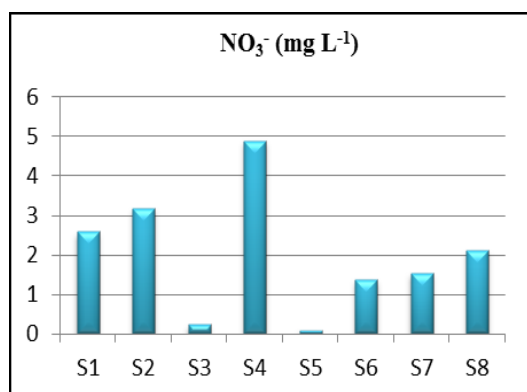


Figure. 8: Variation des concentrations en Nitrates dans les eaux de la zone d'étude

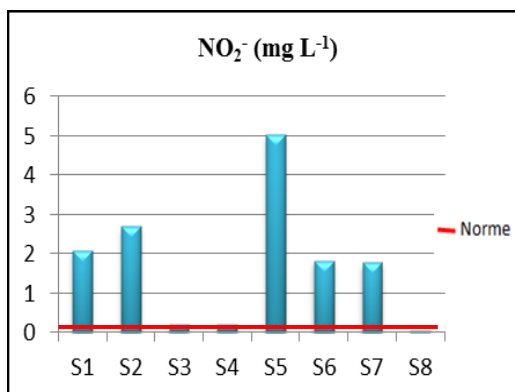


Figure. 9 : Variation des concentrations en Nitrites dans les eaux de la zone d'étude

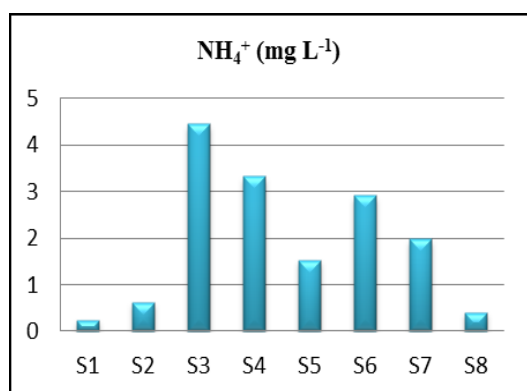


Figure. 10: Variation des concentrations en Ammonium dans les eaux de la zone d'étude

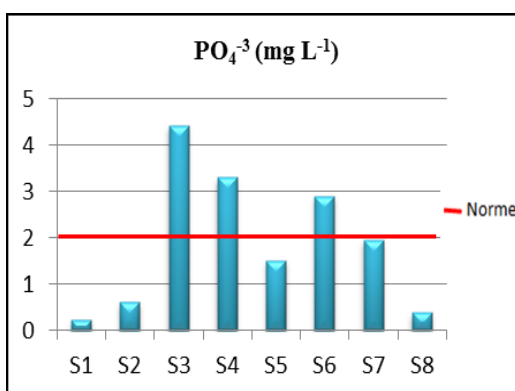


Figure. 11: Variation des concentrations en Phosphates dans les eaux de la zone d'étude

4.3. Interprétation et Classification de la qualité des eaux

4.3.1. Pollution organique selon les nitrates, les nitrites et l'ammonium

Concernant les nitrates, les points de prélèvements de la zone d'étude présentent des valeurs ne dépassant pas les normes.

Pour les nitrites, les points (S1, S2, S5, S6 et S7), présentent une pollution classée passable et dépassant la norme tolérée de 0.1 mg/l, suite aux rejets domestiques de la région qui sont déversés directement dans l'Oued Seybouse et ses affluents.

Les points de prélèvements S3, S4 et S6 présentent une pollution nette vis-à-vis du NH_4^+ (Tab.1). Le point (S3) au niveau de l'Oued Skhoun, reçoit les eaux de rejets domestiques et industriels de la ville de Guelma. Le point de rejet (S4), situé au niveau de l'Oued Bradaa, reçoit les rejets domestiques et les lixiviats de la décharge publique de la commune d'Héliopolis. Le point (S6) situé dans l'Oued Zimba (reçoit les rejets domestiques et industriels de la zone industrielle située à l'amont de l'Oued Zimba).

Tableau 1 : Classification de la qualité des eaux de surfaces d'après (ABH, 2009)

éléments	Unité	Excellente	Bonne	passable	mauvaise
Nitrites	mg/l	<0,1	0,1- 0,5 (S3, S4, S8)	0.5- 8 (S1, S2, S5, S6, S7)	>8
Nitrates	mg/l	<5 (S1,S2,S3, S4,S5, S6, S7, S8)	5 – 50	50 - 80	>80

Ammonium	mg/l	<0.1	0.1-0.5 S1	0.5-2 (S2, S5, S7, S8)	2-8 (S3, S4, S6)
-----------------	------	----------------	-----------------------	-----------------------------------	-----------------------------

4.3.2. Qualité des eaux selon les paramètres : O₂ dissous, DBO₅, DCO et PO₄²⁻

La classification des eaux de l'oued Seybouse et de ses affluents vis-à-vis de l'O₂ dissous, la DBO₅, la DCO et du PO₄²⁻ montre que les points S3 et S5 présentent une pollution nette vis-à-vis du PO₄²⁻ (rejets domestiques et industriels générés par la ville de Guelma, et la commune de Belkheir). La majeure partie des points analysés présentent une pollution nette vis-à-vis de la DBO₅ et la DCO. (Tab.2).

Tableau 2 : Grille d'évaluation de la qualité des eaux de la région d'étude (ABH, 2009)

O ₂ dissous (mg/l)	DOB ₅ mg O ₂ /l	DCO mg O ₂ /l	PO ₄ ²⁻ (mg/l)	Qualité de l'Eau
>7	<3	<20 (S2)	<0.1	Bonne Absence de pollution
7-5	3-5	20-25	0.1-0.3 (S1)	Assez Bonne Pollution de l'eau modérée
5-3 (S1, S2, S3, S4, S5)	5-10	25-40	0.3-0.5 (S2, S8)	Médiocre Pollution de l'eau nette
3-1 (S6, S7, S8)	10-25	40-80	0.5- 3 (S4, S6, S7)	Mauvaise Pollution de l'eau importante
< 1	>25 (S1, S2 S3, S4 S5, S6 S7, S8)	>80 (S1 S3, S4, S5, S6 S7, S8)	>3 (S3, S5)	Hors classe Pollution de l'eau très importante

4.4. Biodégradabilité

Le rapport DCO/ DBO₅ exprime la biodégradabilité d'une eau usée, c'est-à-dire la faculté de la transformation de la matière organique en matière minérale admissible par le milieu naturel. [13]. Le rapport DCO / DBO₅ détermine la possibilité et le rendement de la dégradation que l'on peut espérer par un traitement d'oxydation biologique. Si le rapport DCO / DBO₅ est inférieur à 3, on peut dire que l'Affluent est facilement biodégradable, un traitement biologique devant être capable d'éliminer l'essentiel de la pollution.

Le calcul de la biodégradabilité montre une origine diversifiée de la pollution dans la zone d'étude. Elle est à dominance domestique (rapport compris entre 2 et 3), au niveau de l'Oued Seybouse, l'Oued Bradaa, l'Oued Zimba, l'Oued Seybouse (Boumahra Ahmed) et l'Oued Boussora. Elle est d'origine agroalimentaire (1.5 à 2) au niveau de l'Oued Seybouse (Bentabouche) (S2) et l'Oued Skhoun (S3), traduisant une meilleure biodégradabilité et enfin d'origine industrielle (rapport supérieur à 3) au niveau d'Oued Maiz (S5). (Fig. 12).

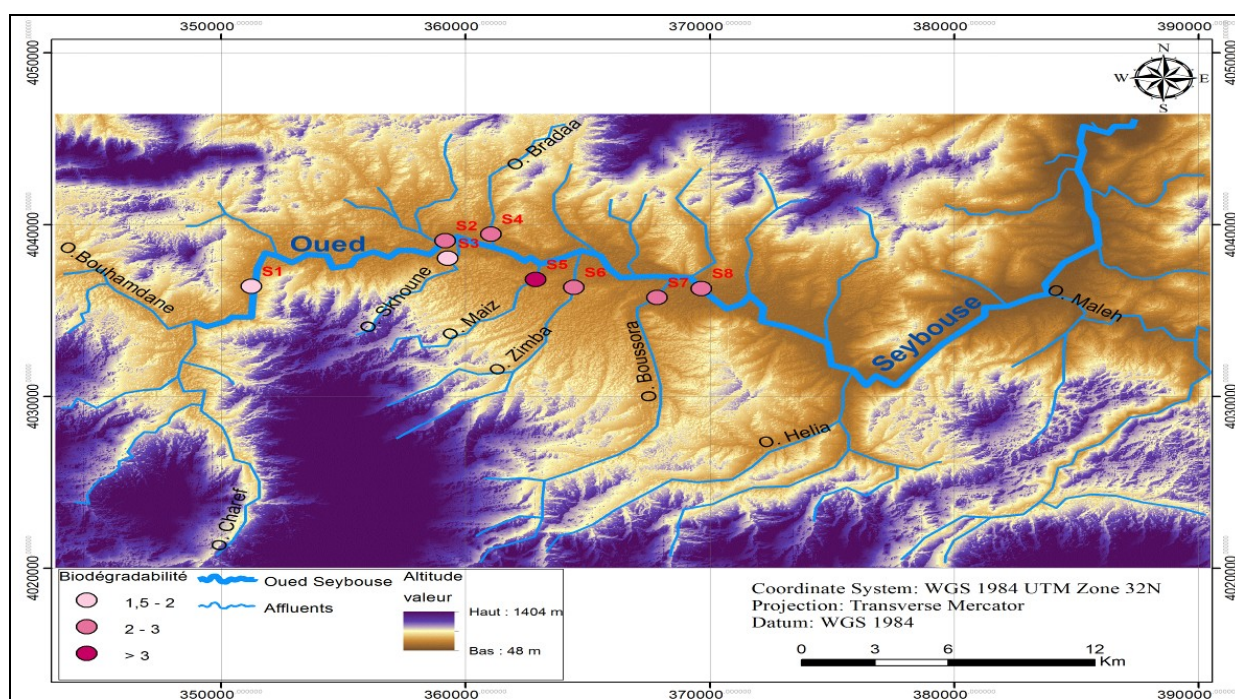


Figure. 12: Carte de la Biodégradabilité de la zone d'étude

5. APTITUDE DES EAUX A L'IRRIGATION

Pour classer les eaux d'irrigation, on fait appel au diagramme de Richard (1954). Dans ce diagramme, les classes sont définies sur la base du taux d'absorption du sodium (SAR), en fonction de la conductivité électrique. [14]

L'application de la méthode du SAR aux eaux de la région d'étude nous permet de dire que ces eaux sont de qualité admissible pour l'irrigation classe C3S1.

D'après le diagramme de classification des eaux pour l'irrigation, les eaux de surfaces de la région de Guelma sont de qualités admissibles pour l'irrigation. (Fig.13)

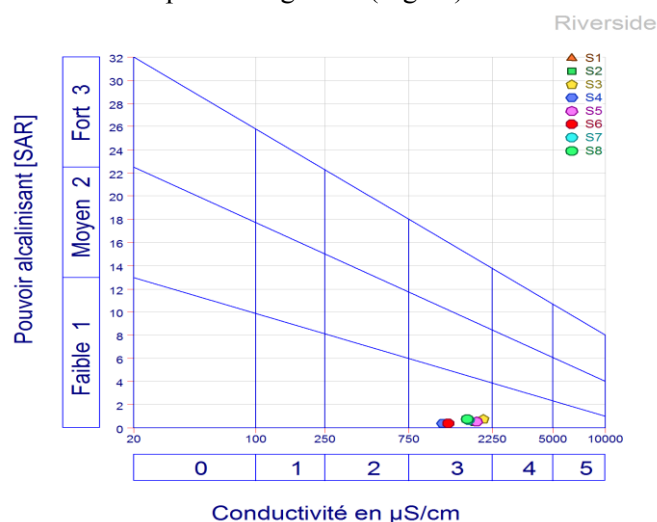


Figure. 13 : Diagramme de classification des eaux pour l'irrigation des eaux de l'Oued Seybouse

6. CONCLUSION

Les faciès chimiques dominants des eaux de l'Oued Seybouse et ses affluents sont le Chloruré, bicarbonaté sodique.

Les eaux de l'Oued Seybouse et ses affluents présentent une pollution en nitrites classée passable et dépassant par endroits la norme tolérée pour cet élément.

Le rapport DCO/DBO₅, traduisant la biodégradabilité monte une origine diversifiée de la pollution dans la région d'étude. Elle est à dominance domestique dans la majorité des points analysés, d'origine agroalimentaire au niveau de l'Oued Seybouse (Bentabouche) traduisant ainsi une meilleure biodégradabilité et enfin d'origine industrielle au niveau de l'Oued Maiz.

Les eaux de la région d'étude sont de qualité admissible pour l'irrigation. La majeure partie des points analysés présentent une pollution nette vis-à-vis de la DBO₅ et la DCO.

Les points de prélèvements dans la région d'étude présentent une pollution nette vis-à-vis des nitrites et NH₄⁺

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Djabri L., Hani A., Laouar R., Mudry J., and Louhi A., 2003. Potential pollution of groundwater in the valley of the Seybouse River, North-Eastern Algeria. *Environmental Geology*, Vol. 4 N° 6, pp.738-744.
- [2] Touati M., 2016. Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées épurées de la STEP de Guelma - Conséquences sur l'environnement. Mémoire de Master 2, Université d'Annaba, Algérie.
- [3] Kachi N., 2015. Impact du périmètre irrigué sur la qualité des eaux souterraines dans le bassin versant de la Seybouse. Thèse de doctorat en Hydrogéologie. Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- [4] Brahmia N., 2009. Evaluation et gestion des ressources en eau dans le bassin versant de la moyenne Seybouse. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- [5] Guettaf M., 2015. Caractéristiques physico chimiques et évaluation des indicateurs de pollution dans l'environnement : Cas de l'Oued Seybouse et ses affluents dans le sous-bassin de Guelma (Nord-est Algérien). Thèse de doctorat d'état, université de Guelma, Algérie.
- [6] Laraba A., Benhamza M., Khadri S., 2013. Qualité des eaux de l'Oued Seybouse, région de Guelma (Nord est Algérien). Le deuxième Séminaire International sur l'Industrie Minérale et l'Environnement (2SIMINE13), Université d'Annaba, Les 19 et 20 Novembre 2013
- [7] Charlot G. 1978. Dosages Absorptiométriques des éléments minéraux. Masson, Paris New York Barcelone Milan. 443p
- [8] Rodier J., 1984. Analysis of water; natural water, waste water, sea water, 7eme edition, Ed Dunod, Paris.
- [9] Debieche T.H., 2002. Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la base plaine de la Seybouse Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat en Hydrogéologie et Environnement. Université de Besançon, France.
- [10] Mouchara N., 2009. Impacts des lâchées du barrage Hammam Debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont. Mémoire de Magister en Hydrogéologie. Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- [11] Nouar T., 2007. Impact de la pollution sur les ressources en eau superficielles et souterraines de la région de Guelma. Thèse de Doctorat en Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- [12] Chaoui W., 2007. Impact de la pollution organique et chimique des eaux de l'Oued Mellah sur les eaux Souterraine de la nappe alluviale de Bouchegouf (Guelma). Mémoire de Magister en Hydrogéologie. Université Badji-Mokhtar Annaba Algérie.
- [13] Belhadj M.Z., 2006. Etude de la pollution du barrage de Zit Emba, commune de Bekkouche Lakhdar wilaya de Skikda. Mémoire de Magister en hydrogéologie, université de Batna, Algérie.
- [14] Derradji F., Khérici N., Roméo M., Caruba R., 2004. Aptitude des eaux de la vallée de la Seybouse à l'irrigation (Nord-est algérien). *Sécheresse* N° 15, pp 353-360.