

## QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE L'OUED SIGUS (NORD-EST DE L'ALGERIE) : CARACTERISATION ET ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

BEKHOUCHE Naima<sup>1</sup>, KHIEL Saida<sup>2</sup>, OULDJAOUI Abdellah<sup>3</sup>, ABABSA Labeled<sup>4</sup>, MARNICHE Faisa<sup>5</sup>

<sup>1+3</sup>Laboratoire des Ressources Naturelles et Aménagement des Milieux Sensibles (LRNAMS), Université d'Oum El Bouaghi. Algérie

<sup>5</sup>Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Alia, Alger, Algérie

<sup>2+3</sup>Université d'Oum El Bouaghi. Algérie

<sup>4</sup>Laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement université d'Oum El Bouaghi

**Résumé :** Dans le bassin de la Sigus (Nord-est de l'Algérie), les données concernant la qualité des eaux de rivière et les caractéristiques des sources de pollution sont peu nombreuses. De même, les interventions à des fins d'amélioration de la qualité des eaux ne sont pas toujours effectuées. Nous avons tenté de suivre l'évolution de la qualité des eaux de cette rivière. L'Oued Sigus a subi et continue de subir des dégradations importantes, suite aux déversements des déchets industriels ainsi qu'à l'augmentation observée jour après jour des points de déversement des eaux usées domestiques. L'utilisation des eaux de l'oued pour l'irrigation pose un problème majeur de santé public. La stratégie d'échantillonnage développée dans ce travail repose sur l'analyse des eaux d'amont en aval de l'oued Sigus, les échantillons prélevés ont été analysés systématiquement en vue de mesurer quelques paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution : nitrates, azote ammoniacal, sulfates, chlorures, T°, pH, conductivité électrique et Salinité. Les résultats trouvés montrent que quel que soit le jour de prélèvement, le cours d'eau est exposé à une forte pollution d'origine principalement organique et minérale. Cette pollution est exprimée par la plupart des paramètres très élevées, dépassant largement la norme requise. Cette pollution est une conséquence des rejets sauvages solides et liquides qui ont un impact direct et important sur la qualité de l'eau tout au long de l'oued. Une étude statistique multi-variée par le biais de l'ACP a révélé que les teneurs de ces paramètres restent toutefois faibles en amont de ce cours d'eau (S1.S2) par rapport à l'aval (S3 .S4). Des corrélations entre les paramètres de pollution ont été effectuées afin de donner un élément de réponse sur les causes principales de la pollution.

**Mots-clés :** Qualité de l'eau, pollution, eaux usées, effluents industriels, Oued Sigus, Algérie.

### Abstract

The Sigus River in Algeria underwent and continues to undergo significant de gradation due to both anarchistic discharge of industrial waste and the constantly increasing points of discharge of domestic worn water. The use of river water in irrigation poses a major problem of public health. The bad smells during dry periods, added to the irrevocable damage caused to the beauty of the site, are an attack on the environment and blatant disrespect of nature. A sampling design was established and river water was sampled to measure all its physicochemical indicators of pollution: nitrates, nitrogenized ammoniacals, sulphates, chlorides, T°, pH, electrical conductivity and salinity. This pollution is a consequence of the solid and liquid wild discharges that have a direct and significant impact on the quality of water throughout the river. A multivariate statistical study through PCA (principal component analysis) revealed that the levels of these parameters remain however low upstream the course of water (S1 and S2) compared to the downstream (S3.S4). Human anthropogenic actions (wastewater discharges, agricultural and industrial activities) without treatment in advance are the main cause of this generated pollution.

**Key words:** Quality of water, pollution, waste water, industrial waste, Oued Sigus . Algeria.

## 1 - Introduction

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités [1 ; 2]. De nombreux travaux se sont aussi rapportés sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité des eaux de surface et la pollution des écosystèmes aquatiques continentaux [3 ; 4 ; 5 ; 6]. La pollution hydrique est un phénomène courant en Algérie vu l'évolution socio-économique du pays qui compte 17 bassins versants alimentés à la fois par des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et parfois non renouvelables [7]. Il faut souligner que les cours d'eau sont parmi les écosystèmes dynamiques les plus complexes, Ils jouent des rôles essentiels dans la conservation de la biodiversité et le fonctionnement des organismes [8]. En Algérie la qualité des eaux de surface a le plus souvent été appréciée par des analyses microbiologiques mais aussi physico-chimiques et biologiques [9]. Oued Sigus, se manifeste par des activités diverses liées aux agglomérations installées tout le long de ce cours d'eau (trois villes : Ouled Rahmone, Bir Tandja, Taxas) et aux activités agricoles qui sont pratiquées sur l'ensemble du bassin versant ou directement dans les petites parcelles aux bordures de cet écosystème [10]. Ainsi, l'eau de ce milieu connaît depuis plusieurs années une dégradation notable de ses qualités physico- chimiques et biologiques. Le présent travail porte sur «Oued Sigus» affluent de l'oued Boumerzoug, cours d'eau très important dans le Constantinois. Nous avons sélectionné quatre points de prélèvement de l'amont vers l'aval. Quatre

campagnes de prélèvements des échantillons ont été réalisées en Janvier et avril 2016. Cette étude consiste en l'évaluation et le suivi de la qualité physico-chimique et biologique (a été évaluée via l'utilisation d'organismes macro-invertébrés benthiques) de l'oued Sigus par analogie et en complément aux précédents travaux sur l'oued Rhumel et son affluent le Boumerzoug [11].

## 2- Matériel et Méthodes

### - Description du site

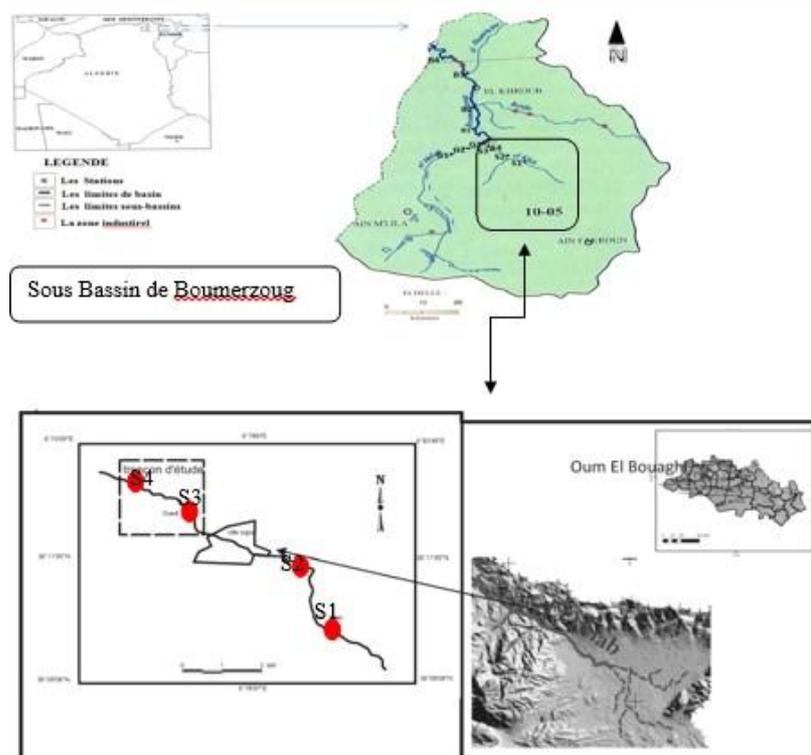
Oued Sigus (El Klab) s'écoule sur plus de 29km dans un bassin versant de 355,7 Km<sup>2</sup> [12]. Le secteur d'étude correspond à une portion d'une longueur de 13,42 km (Fig. 1). Le style fluvial de cet oued se modifie (méandrage, chenal unique) en fonction de la largeur et de la pente du fond de la vallée. Ces paramètres dépendants eux-mêmes de la structure géologique des terrains traversés par des formations de Quaternaires et des mouvements du versant. La vallée se caractérise par une structure complexe, en raison de la présence de nappes de charriage, aboutissant à une mosaïque de terrains. La nature du bassin implique de fortes variabilités hydrologiques [13] ; Une direction Sud-est vers Nord-Ouest, un lit profond entre 0,5 - 2,5 mètres, des berges sont presque verticales, une largeur du fond variant entre 8 à 20 mètres, un débit de la crue cinquantennale (Q = 400,0 m<sup>3</sup>/s) [14]. Aussi, un impact humain non négligeable est remarquable surtout dans le cadre de la gestion du risque d'inondation. Le bassin versant d'oued El Klab se caractérise par un climat sub humide, avec une moyenne de 360 à 400 mm de précipitation et pour une température moyenne de 25°C. Une route stratégique, reliant les villes de Constantine et d'Oum El Bouaghi jusque à la frontière

tunisienne, qui passe parallèlement au cours de l'Oued.

### - Stations de prélèvement

Le choix de ces stations a été effectué en tenant compte de certaines paramètres tels que l'altitude, la pente, l'amont et l'aval des agglomérations, afin d'estimer l'importance de l'impact humain, et dans une certaine mesure, la régularité de la répartition des stations le long des cours d'eau. Le choix des stations est également conditionné par les

possibilités d'accès à ces stations. Quatre stations ont été retenues et ont fait l'objet d'échantillonnage mensuel durant la période allant de Janvier à Avril 2016. Les quatre stations (S1, S2, S3, S4) sont situées en amont de la commune de l'Ouled Rahmoune et de la Confluence Segus-Boumerzoug. Ces stations rendent compte de la qualité des eaux d'oued Boumerzoug. Elle permet de mettre en évidence l'impact des rejets urbains de la commune d'ouled Rahmoune et de la commune de Segus.



**Fig. 1** - Oued Sigus et sites prélèvements

### - Echantillonnage

Au cours de quatre mois (Janvier à Avril 2016), les prélèvements des échantillons d'eau de l'Oued Sigus ont été réalisés dans des bouteilles en plastique propres d'une capacité de 1,5 litre à 2m des berges. Le remplissage des bouteilles a été fait à ras bord puis le bouchon vissé afin d'éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère. Les échantillons d'eau ont été directement acheminés au laboratoire dans un délai ne dépassant pas 8h pour effectuer les analyses.

Les paramètres suivants ont été analysés, la T°C, le pH, la Conductivité électrique (CE), la Salinité, les Sulfates (SO<sub>4</sub>) les Chlorures (Cl), les Nitrates (NO<sub>3</sub>), l'Ammonium (NH<sub>4</sub>). La Température, le pH, la Conductivité électrique et la Salinité ont été mesurés à l'aide d'un multi-paramètre (WTW multi 1971) portatif adéquat. Les autres paramètres physico-chimiques ont été déterminés selon le protocole d'analyse de Rodier [15]. Les concentrations en ions chlorures par argentométrie (dosage par les

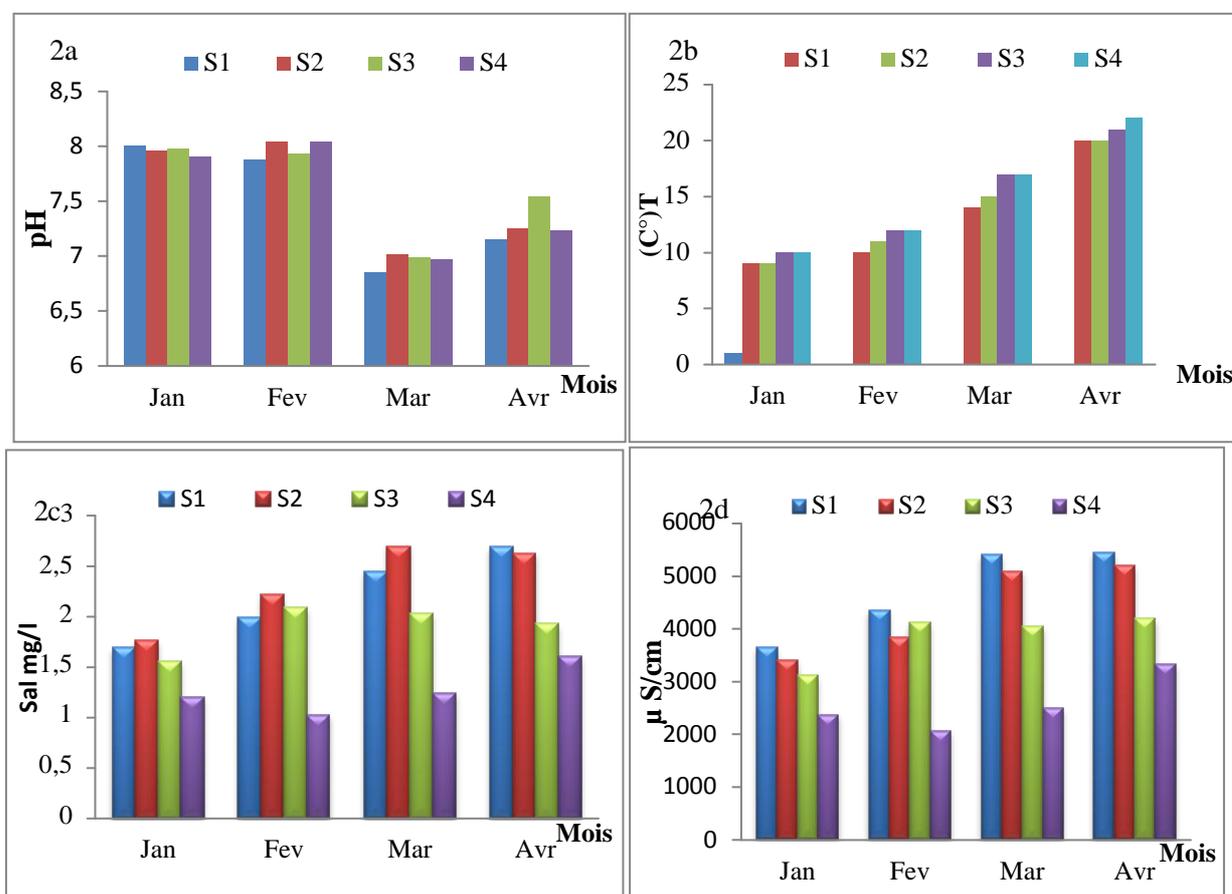
nitrate d'argent). Les autres indicateurs ont été dosés par spectrophotométrie.

### 3 - Résultats et Discussion

#### - Caractéristiques physico-chimiques des eaux

Les indicateurs physico-chimiques de la qualité de l'eau sont souvent assujettis à des variations spatio-temporelles induites par les activités anthropiques qui modifient les caractéristiques de l'eau et affectent sa qualité [16]. Ainsi, les mesures de ces paramètres dans un écosystème lotique peuvent nous renseigner sur le degré de pollution de ce biotope.

❖ Le pH est un facteur dépendant des conditions naturelles du milieu, telles la couverture végétale et la nature des roches et du substrat pédologique et des activités humaines telles la pollution [17 ;18]. Il diminue en présence des teneurs élevées en matières organiques et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est assez importante [19]. Dans notre région, les valeurs de ce potentiel hydrogène fluctuent entre 6,7 et 8,3 (Fig. 2a) et dévoilent un léger gradient croissant de l'amont vers l'aval. De ce fait, le pH est légèrement neutre à modérément alcalin au niveau des stations S2 et S4.



**Fig. 2** - Variation spatio-temporelle du pH (2a), de la température (2b), de la salinité (2c) et de la conductivité électrique (2d) au niveau de l'eau de l'Oued Sigus

❖ La température de l'eau est fortement influencée par les conditions environnementales liées à la situation géographique de la localité, la géologie des

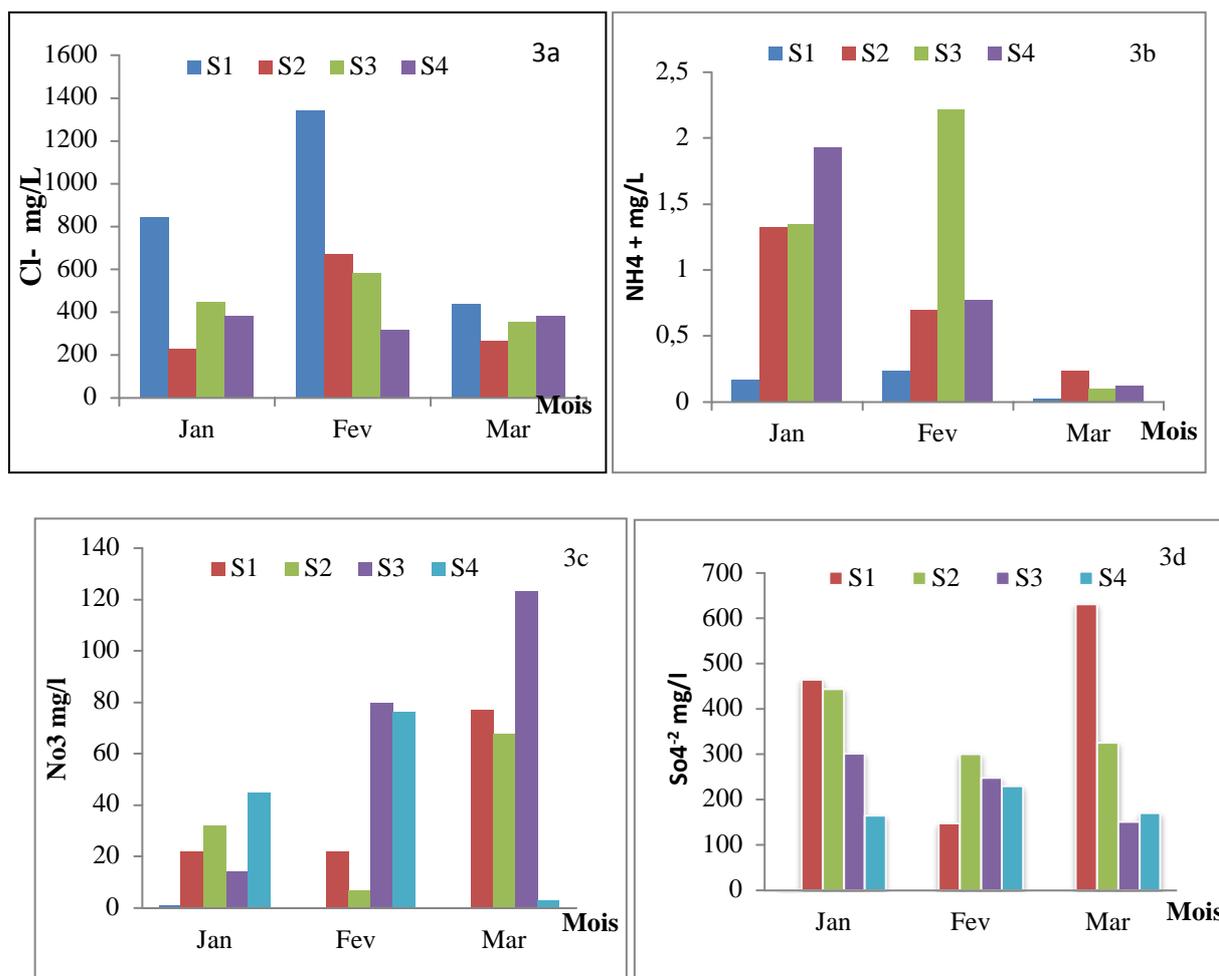
terrains traversés, l'hydrologie de l'écosystème et surtout le climat régnant [15]. Ainsi, la température moyenne ne présente pas de grandes variations d'une

station à l'autre. Le minimum enregistré est de 9°C (station S2) et le maximum est de 22°C (station S4). Ces valeurs fluctuent entre 10°C et 19°C (Fig. 2b) et dévoilent un gradient légèrement plus croissant en amont qu'en aval. La température la plus élevée a été enregistrée durant la saison sèche et la plus faible pendant la saison des pluies, principalement durant le mois de janvier dans les stations S1 et S2 (Fig. 2b).

- ❖ La Salinité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente [20]. Les eaux de l'Oued Sigus sont caractérisées par une Salinité élevée, notamment au niveau des stations S2 et S1 avec respectivement 2,7mg/l et 2.69mg/l. Ces valeurs élevées pourraient être expliquées par le rejet des eaux usées des différentes industries raccordées aux deux rives du cours d'eau. La Salinité varie entre 1,03mg/l (observée pendant le mois de Février au niveau de la station S4) et 2,45 mg/l (observée pendant le mois de Mars au niveau de la station S1) (Fig. 2c).
- ❖ La conductivité électrique (CE) représente la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau, ainsi plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée [21]. Elle est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente [20]. Elle sert aussi à apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau [15]. Suite aux dosages effectués, avec des valeurs toujours supérieures à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , les eaux de la Sigus sont considérées comme fortement minéralisées. Ces valeurs importantes semblent être la conséquence

des apports de l'oued d'une part et d'autre part elles peuvent être le résultat des lessivages du sol. Nous constatons une augmentation des teneurs de la salinité de l'amont vers l'embouchure (Fig. 2d).

- ❖ L'élévation de ces taux pendant la saison sèche est favorisée par l'étiage de l'Oued Sigus. Durant la saison des pluies, la baisse de ces teneurs est reliée aux crues de l'oued.
- ❖ Les teneurs en Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) fluctuent entre 230.75mg/l au niveau de la station S2 (janvier) et 1341.9 mg/l au niveau de la station S1 (Février). Les teneurs des chlorures atteignent des valeurs plus importantes après la traversée de la commune de Bir Tandja(S1), (Station S3) (Figure 3a). Ces variations sont probablement liées à la nature des terrains traversés. Nous notons aussi une augmentation des chlorures durant la période de pluies en relation avec les crues de l'oued.
- ❖ Les teneurs en sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) de l'eau de l'Oued Sigus exhibent des valeurs distinctes entre les stations étudiées (Fig. 3d). La station(S1) présente la valeur la plus élevée (631 mg/l), notée pendant le mois de Mars. Elle est le résultat des rejets des eaux usées de la commune de Bir Tandj que le lit de l'oued accueille directement sans traitement préalable. La teneur la plus faible (de l'ordre de 148 mg/l) a été enregistrée pendant le mois de Mars (période de crue) dans la même station S1.



**Fig. 3 -** Variation spatio-temporelle des chlorures (3a), des ions ammonium (3b), nitrate (3c) et Sulfates (3d) au niveau de l'eau de l'Oued Sigus

- ❖ La pollution azotée peut être estimée par le dosage des teneurs en nitrates et en ions ammonium. Les ions nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) représentent la forme la plus soluble de l'azote, sa présence dans les eaux de surface est liée à l'utilisation intensive des produits fertilisants (chimiques ou organiques) [22 ; 23]. Les teneurs en nitrates mesurées varient entre 2,76 mg/l (valeur minimale observée pendant le mois de Mars au niveau de la station S4) et 123,05mg/l (valeur maximale observée durant le mois de Mars au niveau de station S3) ((Fig. 3c). Elle est le résultat d'une contamination de l'eau. Les activités agricoles et l'élevage intensif aux bordures de l'oued pourraient expliquer ces concentrations dans l'eau de cet oued.
- ❖ L'ion ammonium est la principale forme de l'azote dans la nature [21 ; 24]. Il provient

des conditions d'anaérobioses des écosystèmes [22]. Au niveau de l'Oued Sigus, les teneurs en ions ammonium oscillent entre 0,03mg/l, valeur minimale enregistrée au niveau de la station (S4) en mois de Mars et 2,22 mg/l, valeur maximale dosée au niveau de la station (S2) au mois de Février ((Fig. 3b).

#### - Traitement statistiques des données

L'étude des corrélations linéaires bi-variées entre les paramètres étudiés nous renseigne sur la force des associations éventuelles entre eux [25]. La matrice de corrélation des 08 paramètres mesurés durant la période d'étude (de janvier à Avril 2016) est indiquée dans le Tableau 1.

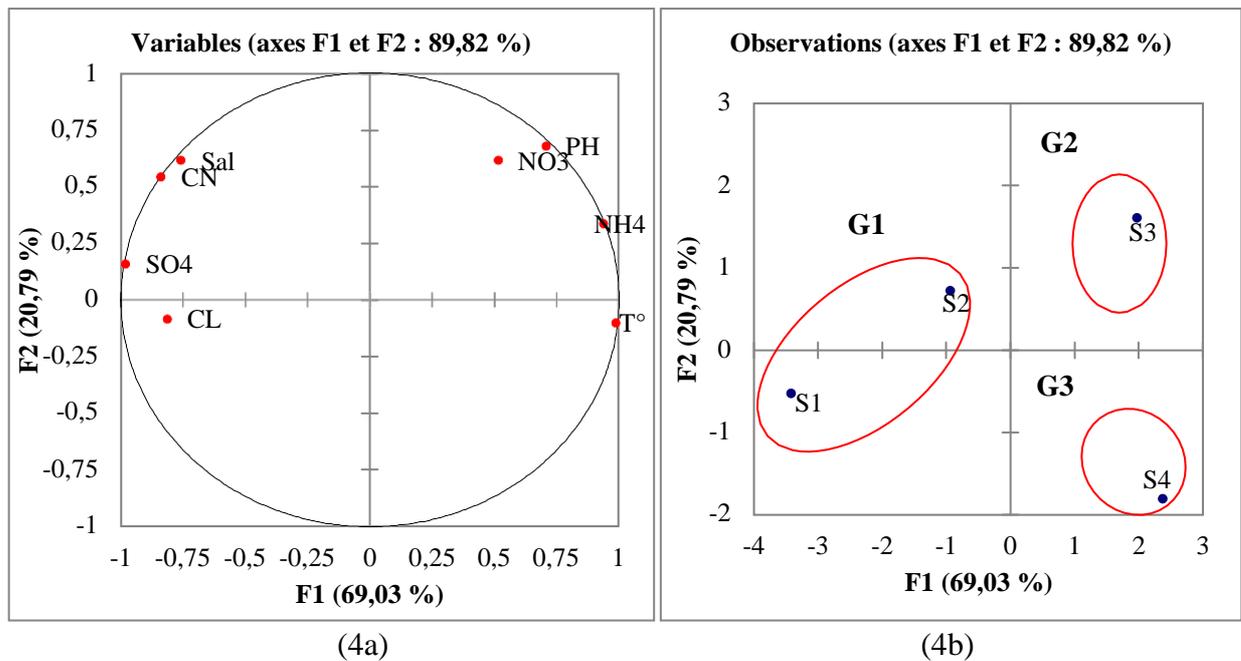
**Tableau 1:** Matrice de corrélation des différents paramètres physico-chimiques étudiés au niveau de l'Oued Sigus (Jan-Avril 2016)

Variabes	T°	PH	CN	Sal	CL	SO4	NO3	NH4
T°	<b>1</b>	0,599	-0,879	-0,840	-0,712	<b>-0,998</b>	0,529	0,878
PH	0,599	<b>1</b>	-0,228	-0,077	-0,749	-0,567	0,658	0,908
CN	-0,879	-0,228	<b>1</b>	<b>0,968</b>	0,647	0,908	-0,088	-0,608
Sal	-0,840	-0,077	<b>0,968</b>	<b>1</b>	0,444	0,864	-0,141	-0,488
CL	-0,712	-0,749	0,647	0,444	<b>1</b>	0,728	-0,125	-0,843
SO4	<b>-0,998</b>	-0,567	0,908	0,864	0,728	<b>1</b>	-0,469	-0,860
NO3	0,529	0,658	-0,088	-0,141	-0,125	-0,469	<b>1</b>	0,634
NH4	0,878	0,908	-0,608	-0,488	-0,843	-0,860	0,634	<b>1</b>

*Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05*

Ainsi, une forte association significative et positive est observée entre la Conductivité électrique et les ions chlorures ( $r=0,64$ ). Il est à noter qu'une forte association significative et positive est constatée entre la conductivité électrique et les ions sulfates ( $r=0,90$ ) d'une part et entre la conductivité électrique et la Salinité de l'eau ( $r=0,96$ ). Le Sulfate est aussi significativement corrélé avec les paramètres suivants : la Salinité ( $r=0,86$ ) et le Chlorure ( $r=0,72$ ). Une forte association non significative et positive est aussi observée entre le nitrate et le pH ( $r=0,65$ ) et entre l'ion ammonium et la T° ( $r=0,87$ ), et entre les mêmes ions avec le pH ( $r=0,90$ ). Les ions ammonium présentent aussi une corrélation significative avec le nitrate ( $r=0,63$ ). L'analyse multi-variée par

le biais de l'ACP (Analyse en Composante Principale) réalisée sur un tableau à double entrée (08 variables et 4 stations) par le logiciel XLSTAT et exprimée jusqu'à trois facteurs et 89,81% de la variance ont été exprimés. La projection des variables sur le plan factoriel F1 et F2 exhibe deux pôles (Fig. 4a) : Le plan F1 affichant 69.02% de la variance, exprime un axe caractérisant la minéralisation des eaux par le lessivage des formations géologiques. Il est déterminé par la conductivité électrique, les chlorures, les ions ammonium, les sulfates, la température et la Salinité, et pH. Le plan factoriel F2, représentant uniquement 20.78% de l'information, est considéré comme un axe caractérisant la pollution agricole et il est déterminé par les nitrates (Fig. 4a).



**Fig.4** - Représentation des variables mesurées (4a) et des quatre stations de prélèvement (4b) sur le plan factoriel F1 et F2 de l'ACP.

La projection des stations de prélèvement sur le plan factoriel F1xF2 nous expose et nous confirme l'existence de trois groupes plus ou moins distincts ((Fig. 4b) : le groupe de la minéralisation exprimée dans l'eau de

#### 4 - Conclusion

Le suivi spatio-temporel de plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau de l'Oued Sigus nous a fourni l'image d'une pollution relativement intense qui se traduit par une importante charge minérale et organique à l'aval de l'Oued. Comme en témoignent les teneurs et les concentrations élevés des chlorures (1341.9mg/l), des sulfates (464.5mg/l) et les ions ammonium (2.22mg/l) et nitrate (123.5mg/l), ainsi que la Conductivité électrique (5450 $\mu$ s/cm) et la Salinité (2,7mg/l). D'une manière générale, les taux mesurés au niveau de ce cours d'eau évoluent de manière graduelle de l'amont vers l'aval et se traduisent par une importante charge minérale et organique. Ainsi, la quatrième station (l'embouchure de l'oued) est la plus affectée. Elle est tributaire de la quantité importante d'eau usée domestique et des volumes élevés

la station S1et S2, le groupe à dominance des éléments indiquant une pollution urbaine et industrielle (stations S3 e) et le groupe des eaux riches en nitrate indiquant une pollution agricole (S4).

d'effluents industriels déversés en amont de cette station. La comparaison des moyennes au niveau des quatre stations étudiées nous a aussi permis de déceler l'existence d'un gradient généralement croissant de l'amont vers l'aval. Il est donc primordial que les deux indicateurs de la minéralisation de l'eau (la conductivité électrique et la Salinité) évoluent de manière parallèle, sauf qu'au niveau de la dernière station (S4), nous enregistrons une élévation de nitrates. Ces eaux ne peuvent pas donc être utilisées en maraîchage ni en irrigation tel qu'il est pratiqué actuellement. Nous insistons pour développer des moyens de lutte contre cette pollution de l'Oued Sigus. Les meilleurs moyens restent la sensibilisation des riverains du cours d'eau, ses utilisateurs et la population locale. Le traitement adéquat de tous ces rejets devient une opération impérative. Tous les sites sont témoins d'une pollution très importante, mais à des degrés

divers entre eux, selon les paramètres et à différentes périodes, où l'on constate que

certains paramètres sont plus élevés dans l'amont par rapport à l'aval.

## 5 - Références bibliographiques

- [1] Rouabhia, A., Baali, F., Kherici, N., & Djabri, L. (2004). Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El Ma El Abiod (Algérie). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15(4), 347-352.
- [2] Rouabhia, A. E. K., & Djabri, L. (2010). L'irrigation et le risque de pollution saline. Exemple des eaux souterraines de l'aquifère Miocène de la plaine d'El Ma El Abiod. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (8).
- [3] Djabri L., (1996) *Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologique, industrielles, agricoles et urbaines*. Thèse de doctorat. De l'Université d'Annaba, 278p.
- [4] Bennacer L, Fekhaoui M, Benoit-Guyoud J and Merlin G. Influence of tide on water quality of Sebou polluted by Gharb plain wastes (Morocco). *Water Research*, 1997, 31, 4, 867-887.
- [5] Teixeira, E. C., Sanchez, J. C. D., Migliavacca, D., Binotto, R. B., & Fachel, J. M. G. (2000). Environmental assessment: study of metals in fluvial sediments in sites impacted by coal processing and steel industry activities. *Fuel*, 79(12), 1539-1546.
- [6] Walling, D. E., Russell, M. A., & Webb, B. W. (2001). Controls on the nutrient content of suspended sediment transported by British rivers. *Science of the Total Environment*, 266(1-3), 113-123.
- [7] Chaoui, W., Bousnoubra, H., Benhamza, M., & Bouchami, T. (2013). Etude de la pollution des eaux des oueds Seybouse et Mellah (Région de l'Est Algérien). *Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie*, 26, 50-56.
- [8] Keddari, D., Afri-Mehennaoui, F. Z., Sahli, L., & Mehennaoui, S. (2019). Qualité écologique via la faune macro-invertébrée benthique et devenir du niveau de contamination par le Cr et le Pb des sédiments de l'oued Boumerzoug (Constantine, Algérie). *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 5(2).
- [9] Khereif Nacereddine, S., Djeddi, H., Benayache, Y., & Afri-Mehennaoui, F. Z. (2018). Dynamique des éléments nutritifs et du phytoplancton dans le Barrage Béni-Haroun dans l'est algérien. *European Scientific Journal* 12, 1857-7431.
- [10] Djabri, L., Ferrah, Y., Bouhsina, S., Cazier, F., Hani, A., Djabri, Y., & Sameh, H. (2012). Etats de la qualité des eaux en Algérie : cas des cours d'eau en région méditerranéenne (Kebir est, Seybouse et Medjerda), (extrême est algérien). *XII Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil Cherbourg*, 12-14.
- [11] Melghit, M.; Afri-Mehennaoui, F.Z.; Sahli, L. Impact of wastewaters on the physico-chemical quality of waters: case study of the Rhumel River, Hammam Grouz and Beni Haroun dams. *Journal of Environmental Science and Engineering B4* (2015) 625-630.
- [12] Agence De Bassin Hydrographique Constantinoise .Seybousse-Mellegue A.B.H (2014). *Les cahiers de l'agence N° 2 (le bassin de Kebir-Rhumel)*, 23 pp.
- [13] Benchabane N. (2010) - *Hydrogéologie de bassin versant de Sigus (O.M.B)* Université de Constantine. Mémoire d'Ingénieur, 200 pp.

- [14] Agence de Bassin Hydrographique Constantinois- Seybouse-Mellegue (ABHCSM) (1999) Les Cahiers de l'Agence. Numéro 1. Le Bassin de la Seybouse, 35p
- [15] Rodier, J., Geoffray, C., & Rodi, L. (1984). L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie.
- [16] Karrouch, L. et Chahlaoui, A. 2009. Bioévaluation de la qualité des eaux de l'oued Boufekrane (Meknès, Maroc). Édition Biomatec Echo, 3(6): 6-17.
- [17] Dussart, B. (1966). *Limnologie : l'étude des eaux continentales*. (Vol. 566). Gauthier-Villars.
- [18] Brémond, R., & Vuichard, R. (1973). *Paramètres de la qualité des eaux*. Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, Secrétariat permanent pour l'étude des problèmes de l'eau.
- [19] Meybeck M., Friedrich G., Thomas R., Chapman D., Rivers. (1996). Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman édition, 2 ed. E & FN Spon, London.
- [20] Rejsek F. (2002). Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques, Collection biologie technique, Série Sciences et techniques de l'environnement. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. Canopé-CRDP de Bordeaux, France 99-100 pp.
- [21] Derwich, E., Benaabidate, L., Zian, A., Sadki, O., & Belghity, D. (2010). Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (8).
- [22] Derwich, E., Benaabidate, L., Zian, A., Sadki, O., & Belghity, D. (2010). Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (8).
- [23] Lgourna, Z., Warner, N., Bouchaou, L., Boutaleb, S., Tagma, T., Hssaisoune, M., ... & Vengosh, A. (2014). Nitrate contamination of alluvial groundwater in the Ziz basin, southeastern Morocco. *Moroccan Journal of Chemistry*, 2(5), 2-5.
- [24] Chahboune M, Chahlaoui A, Zaid A, Mehanned S and Ben Moussa A, 2014. Monitoring of the water's quality of Moulouya River: main tributary of Hassan II Dam (Province of Midelt, Morocco). *Moroccan Journal of Chemistry* 2 (5), Mor.J.Chem 2N°5 (2014) 427-433.
- [25] Benchaar, C. (1999). Apport de l'analyse en composantes principales dans l'explication des mécanismes hydro chimiques des oueds Seybouse, Kébir Est et Kébir Ouest (Est Algérien). *Mémoire de Magister. Université d'Annaba*, 177.