



Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales (Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (North-eastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis)

A. Reggam^{1*}, H. Bouchelaghem², M. Houhamdi¹

¹Laboratoire Biologie, Eau et Environnement (*LBE*), Faculté SNV-STU, Université 8 Mai 1945 de Guelma, Algérie.

²Laboratoire de Recherche et Conservation des Zones Humides, Faculté SNV-STU, Université 8 Mai 1945 Guelma, Algérie.

Received 15 Nov 2014, Revised 25 Jan 2015, Accepted 25 Jan 2015

*Auteur correspondant. E-mail: asma24049@gmail.com; Tel: (+213699027901)

Abstract

Five stations (S1, S2, S3, S4 and S5) have been followed throughout an annual (year 2012) cycle to assess the physicochemical water quality of Oued Seybouse. Twelve parameters were measured (T °, pH, electrical conductivity, hardness, sulphate, ortho-phosphates, chlorides, dissolved oxygen, suspended solids, organic matter, and nitrogen compounds.) The last station (S5) located downstream of the river is the most polluted. The rate of sulphate, ortho-phosphates, chlorides, suspended solids and nitrogen compounds are the highest. 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 (S5). S3 and S4 located, in the middle of the river stations present a moderate pollution. Human anthropogenic actions (wastewater discharges, agricultural and industrial activities) without treatment in advance are the main cause of this generated pollution.

Keywords: Quality of water, physical chemistry, pollution, Oued Seybouse, Algeria

Résumé

Cinq stations (S1, S2, S3, S4 et S5) ont été suivies pendant tout un cycle annuel (année 2012) pour évaluer la qualité physico-chimique de l'eau de l'Oued Seybouse. Douze paramètres ont été mesurés (la T°, le pH, la conductivité électrique, la dureté totale, les sulfates, les ortho-phosphates, les chlorures, l'oxygène dissous, les matières en suspension, les matières organiques et les composés azotés. La dernière station (S5) située en aval de l'oued est la plus polluée. Les taux des sulfates, des ortho-phosphates, des chlorures, des matières en suspension et des composés azotés sont les plus élevés. 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 (Analyse en Composantes principales) a révélé que leurs teneurs de ces paramètres restent toutefois faibles en amont de ce cours d'eau (S1 et S2) par rapport à l'aval (S5). Les stations S3 et S4, situées au milieu de l'oued présentent une pollution modérée. Les actions anthropiques humaines (rejets d'eau usée, activités agricoles et industrielles) sans traitement au préalable sont la cause principale de cette pollution générée.

Mots-clés : Qualité de l'eau, physico-chimie, pollution, Oued Seybouse, Algérie

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 [3-6].

Au niveau de l'Est de l'Algérie, les activités industrielles sont en expansion et leurs déchets sont rejetés directement dans les cours d'eau naturels modifications plus ou moins marquées sur les communautés vivantes [7], la faune aquatique peut. Ces actions affectent directement la qualité de l'eau et provoquent des témoignages de la qualité des eaux et peut servir ainsi comme indicateurs biologiques de la pollution [8]. L'influence anthropique sur l'un des grands oueds de l'Algérie orientale, l'Oued Seybouse, se manifeste par des activités diverses liées aux agglomérations installées tout le long de ce cours d'eau (trois wilayas : Guelma, El-Tarf et Annaba) et aux activités agricoles qui sont pratiquées sur l'ensemble du bassin versant ou directement dans les petites parcelles aux bordures de cet écosystème [9]. De plus, les eaux usées de l'ensemble des trois wilayas avec leurs communes sont déversées d'une façon précaire et sans traitement préalable dans l'oued. 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 de cet écosystème lotique [10]. Ainsi, l'eau de ce milieu connaît depuis plusieurs années une dégradation notable de ses qualités physico-chimique et biologique.

Dans cet objectif et pour mieux appréhender l'étude qualitative de l'eau de l'Oued Seybouse et sa dégradation, des échantillons d'eau ont été prélevés dans le lit de l'Oued depuis son amont jusqu'à son embouchure. Ces échantillons ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique dont l'intérêt est de mettre le point sur les principaux acteurs et facteurs de dégradation de la qualité de l'eau de cet écosystème lotique. Les résultats escomptés visent l'étude des impacts environnementaux relatifs à la pollution des eaux liée aux facteurs.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Description du site

L'Oued Seybouse draine l'un des principaux bassins versants de l'Algérie. Ce bassin situé au Nord-Est de l'Algérie couvre une superficie totale d'environ 6471km² (Figure 1). C'est le bassin le plus vaste, après celui de la Medjerda, de la partie orientale de l'Afrique du Nord et il est subdivisé en six sous-bassins principaux [11-13]. Du point de vue importance des ressources hydriques et de sa forte anthropisation, les caractéristiques physiographiques et le climat humide et subhumide du bassin versant de la Seybouse (situé entre la confluence de l'Oued Charef et de l'Oued Bouhamdane), expliquent le fonctionnement hydrologique de ce cours d'eau. L'Oued Seybouse prend naissance de la commune de Medjez Amar, wilaya de Guelma (36°26.587'N, 007°18.740'E), à l'ouest de la ville de Guelma et coule sur 134.74km avant de se déverser dans la mer Méditerranée, près de la commune de Sidi Salem, wilaya d'Annaba (36°51.689'N, 007°46.066'E). Il traverse trois wilayas (Guelma, El-Tarf et Annaba) et reçoit en continue les rejets et les eaux usées des communes et des agglomérations du bassin versant et qui sont au nombre de 68 communes, soit 1.300.000 habitants [13]. Guelma et d'El-Tarf sont deux wilayas à vocation agricole avec une industrialisation faible (minoteries, production industrielle de lait et conserverie de concentrés de tomates) et Annaba, capital de l'acier, qui représente pôle industriel de l'Est algérien : *Mittal-Steel* spécialisée dans la sidérurgie, *Fertial* : industrie chimique spécialisée dans la production des insecticides et de produits phytosanitaires [14].

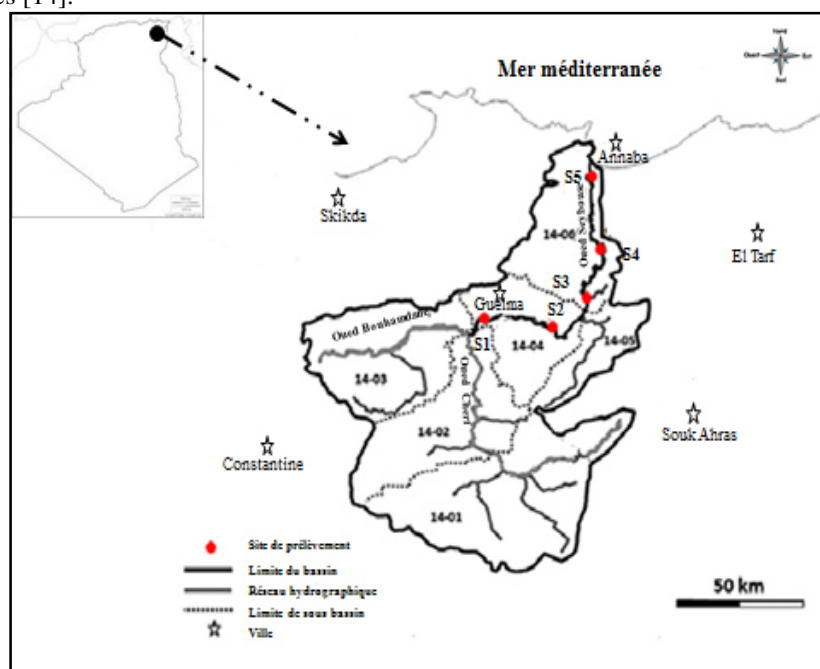


Figure 1: Bassin versant de la Seybouse et sites de prélèvements.

2.2. Echantillonnage

Au cours de l'année 2012, les prélèvements des échantillons d'eau de l'Oued Seybouse 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. Cinq stations ont été sélectionnées (Figure 1). Ils ont choisis en raison de leurs implantations accessibles pour les prélèvements, les traversées des agglomérations à forte densité populationnelles et certaines longeant les terres agricoles.

Les paramètres suivants ont été analysés, la T°C, le pH, la Conductivité électrique (CE), l'Oxygène dissous (OD), la Dureté totale (DT), les Sulfates (SO_4), les Ortho-phosphates (OP), les Chlorures (Cl), les Nitrates (NO_3), les Matières organiques (MO), l'Ammonium (NH_4) et les Matières en suspension (MES). Les paramètres suivants (la Température, le pH, la Conductivité électrique et l'Oxygène dissous) ont été mesurés directement *in situ* à l'aide d'un multi-paramètre (WTW multi 1971) portable adéquat. Les autres paramètres physico-chimiques ont été déterminés selon le protocole d'analyse de Rodier [15]. Ainsi la dureté totale de l'eau a été déterminée par titrage volumétrique à l'EDTA 0,2N et les concentrations en ions chlorures par argentométrie (dosage par les nitrates d'argent). Les autres indicateurs (paramètres) ont été dosés par spectrophotométrie. Des analyses statistiques uni-variée (Tests de corrélations) et multi-variée (Tests de similitude et Analyse en Composantes Principales) ont été réalisées sur ces données afin de déterminer les différentes corrélations existantes entre ces paramètres.

3. Résultats et Discussion

3.1 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 ils 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 8.16 et 8.51 (Figure 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 S5.

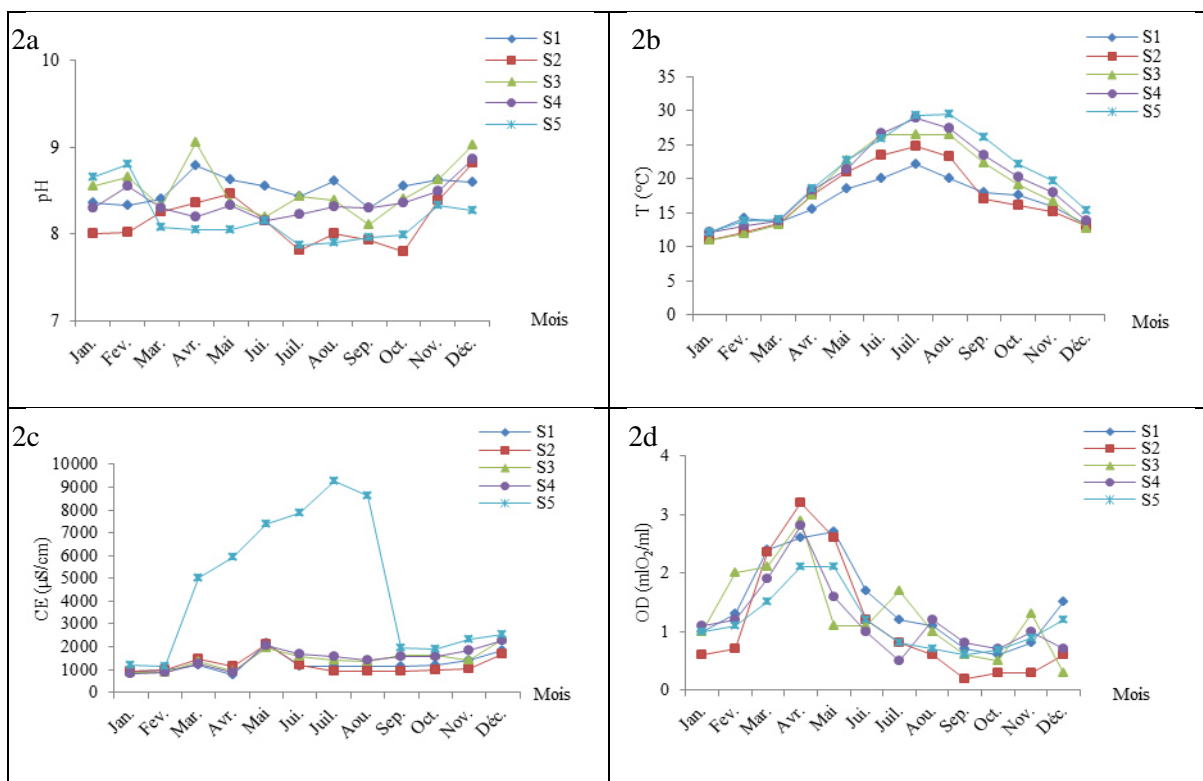


Figure 2: Variation spatio-temporelle du pH (2a), de la température (2b), de la conductivité électrique (2c) et de l'oxygène dissous (2d) au niveau de l'eau de l'Oued Seybouse.

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 au climat régnant [15]. Ainsi, la température moyenne ne présente pas de grandes variations d'une station à l'autre. Le minimum enregistré est de 16.78°C (station S1) et le maximum est de 20.75°C (station S5). Ces valeurs fluctuent entre 11,01°C et 29,50°C (Figure 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 la station S3 (Figure 2b).

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 [20]. Elle est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente [21]. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau [15]. Suites aux dosages effectués, avec des valeurs toujours supérieures à 1000 µS/cm, les eaux de la Seybouse 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 (Figure 2c). L'élévation de ces taux pendant la saison sèche est favorisée par l'étiage de l'Oued Seybouse et à l'entrée des eaux marines de la Méditerranée. Durant la saison des pluies, la baisse de ces teneurs en saison est reliée aux crues de l'oued.

La quantification de la concentration de l'oxygène dissous dans l'eau (OD) d'un hydro-système est un facteur assez important du fait qu'il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques dans ces milieux aquatiques [15, 22]. L'évolution de l'oxygène dissous dans l'eau de l'Oued Seybouse traduit une dégradation plus ou moins nette de la qualité de ces eaux en aval de cet oued (Figure 2d). La teneur en oxygène continue de diminuer de l'amont vers l'aval et passe de 1,47 mg/l à 1,16mg/l. Ce déficit important en oxygène dissous est probablement lié aux fortes charges organiques générées par les effluents liquides de la commune de Sidi Salem (Annaba) chargées de fortes concentrations de substances polluantes.

Concernant les matières en suspension (MES), ces mesures affichent une grande variabilité entre les cinq stations (Figure 3a). Ces teneurs sont comprises entre 1,00 mg/l (S1) et 580 mg/l (S4). La forte charge exceptionnellement enregistrée pendant le mois d'avril est probablement le résultat d'une manifestation hydrologique brutale (crue), dont la charge en MES peut être attribuée à une intense érosion du bassin versant, suite à des pluies torrentielles qui ont occasionnées une augmentation de ces teneurs. Les concentrations les plus basses ont été enregistrées au niveau de la cinquième station. Plus en aval, une décantation importante est à relever le long du cours d'eau.

La dureté totale de l'eau (TH) est un paramètre rattachée directement à la quantité de calcium et de magnésium dans une eau [15]. Les eaux de l'oued Seybouse sont caractérisées par une dureté totale élevée notamment au niveau des stations S4 et S5 avec respectivement 68,17mg/l et 77.42mg/L. Ces valeurs élevées (>30°F) pourraient être expliquées par le rejet des eaux usées des différentes industries raccordées à ces deux rives cours d'eau et à la nature des roches sédimentaires traversées par l'eau et les ruissellements. La dureté varie entre 32,00mg/l (observé pendant le mois d'avril au niveau de la station S3) et 124,00 mg/l (observé pendant le mois de juillet au niveau de la station S4) (Figure 3b). Nous constatons une augmentation de la dureté de l'amont vers l'embouchure.

Les concentrations moyennes mensuelles des chlorures (Cl) au niveau des différentes stations exhibent l'existence d'un gradient croissant de l'amont vers l'aval. Les teneurs fluctuent entre 124,35mg/l au niveau de la station S4 (janvier) et 3038,80mg/l en aval de ce cours d'eau (juillet). Les teneurs des chlorures atteignent des valeurs plus importantes après la traversée de la commune de Sidi Salem, wilaya d'Annaba (Station S5) (Figure 3c). Ces variations sont probablement liées à la nature des terrains traversés. Nous notons aussi une augmentation des chlorures durant la saison sèche qui serait favorisée par l'étiage de l'oued et les baisses observées durant la période de pluies sont en relation avec les crues de l'oued.

Les teneurs en sulfates (SO_4^{2-}) de l'eau de l'Oued Seybouse exhibent des valeurs distinctes entre les stations étudiées, exposant des taux élevés en amont et en aval de cet écosystème lotique (Figure 3d). La dernière station (S5) présente la valeur la plus élevée (850,00 mg/l) notée pendant le mois de juillet. Elle est le résultat des rejets des eaux usées de la commune de Sidi Salem (wilaya d'Annaba) que le lit de l'oued accueille directement sans traitement préalable. La teneur la plus faible (de l'ordre de 50,00 mg/l) a été enregistrée pendant le mois d'avril (période de crue) dans la station S2.

La pollution azotée peut être estimée par le dosage des teneurs en nitrates et en ions ammonium. Les ions nitrates (NO_3^-) 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 organique) [10,23,24]. Les teneurs en nitrates mesurées varient entre 2,34 mg/l (valeur minimale observée pendant le mois de septembre au niveau de la station S2) et 97,30mg/l (valeur maximale observée durant le mois d'avril au niveau de la même station) (Figure 4a). Elle est le résultat d'une contamination de l'eau.

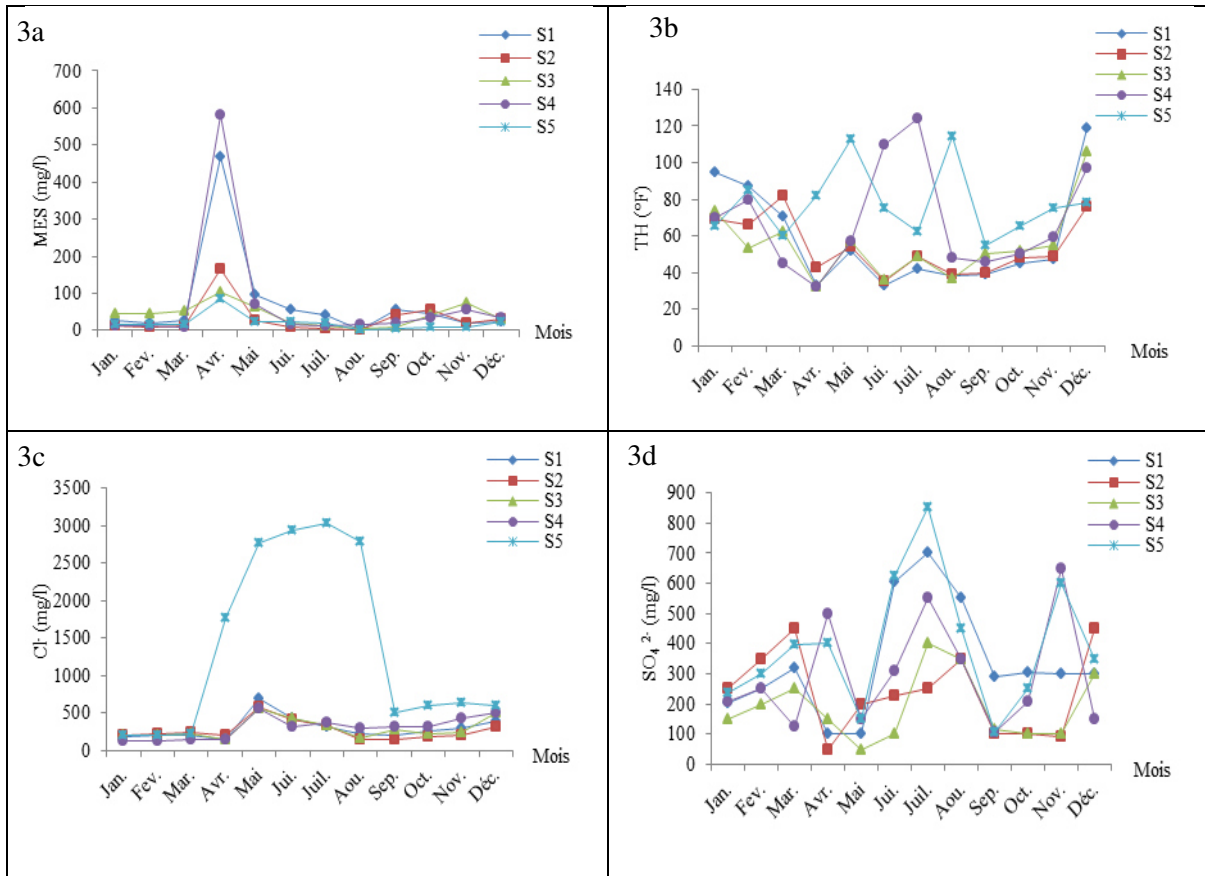


Figure 3: Variation spatio-temporelle de la matière en suspension (3a), de la dureté totale (3b), des chlorures (3c) et des sulfates (3d) au niveau de l'eau de l'Oued Seybouse.

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 [20,25]. Ils proviennent des conditions d'anaérobioses des écosystèmes [23]. Au niveau de l'Oued Seybouse, les teneurs en ions d'ammonium oscillent entre 0,12mg/l, valeur minimale enregistrée au niveau de la station (S4) en mois de décembre et 9,56mg/l, valeur maximale dosée au niveau de la station (S1) en mois d'avril (Figure 4b).

Le phosphore est l'un des nutriments les plus importants dans la nature. Il représente un élément biogène indispensable à la croissance des algues, des bactéries et des protozoaires [26]. Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation [27]. Les concentrations en orthophosphates exhibent des taux importants durant le mois de février et septembre au niveau des stations S3 et S5 et qui sont de l'ordre de 14,00 mg/l et 15,70 mg/l respectivement. Elles sont faibles au niveau des stations S2 et S4 (Figure 4c). Ces teneurs sont les conséquences des rejets d'eaux usées de nombreuses communes proches des stations (communes de Boudaroua et de Sidi Salem). L'élévation de ces teneurs pendant la période hivernale pourrait être liée à l'accentuation du lessivage des sols.

Les teneurs en matières organiques (MO) de l'eau de l'Oued Seybouse fluctuent entre 1,00mg/l (valeur minimale enregistrée durant le mois de décembre au niveau de la station S1) et 11,00mg/l (valeur maximale notée durant le mois de septembre au niveau de la même station) (Figure 4d). Tous les taux calculés des matières oxydables dépassent les valeurs signalées par la grille de qualité des eaux de surface estimée à 5mg O₂/l [21]. D'une manière générale, les taux enregistrés durant la période de pluies sont d'une part la conséquence directe des rejets des eaux usées domestiques des agglomérations limitrophes de l'oued et des

réseaux de collecte des effluents des établissements industriels et d'autre part, aux lessivages des sols. Durant la période estivale, l'abatement important du débit de l'oued ainsi que la prédominance des eaux usées pourraient être associés à l'origine de ces teneurs [28].

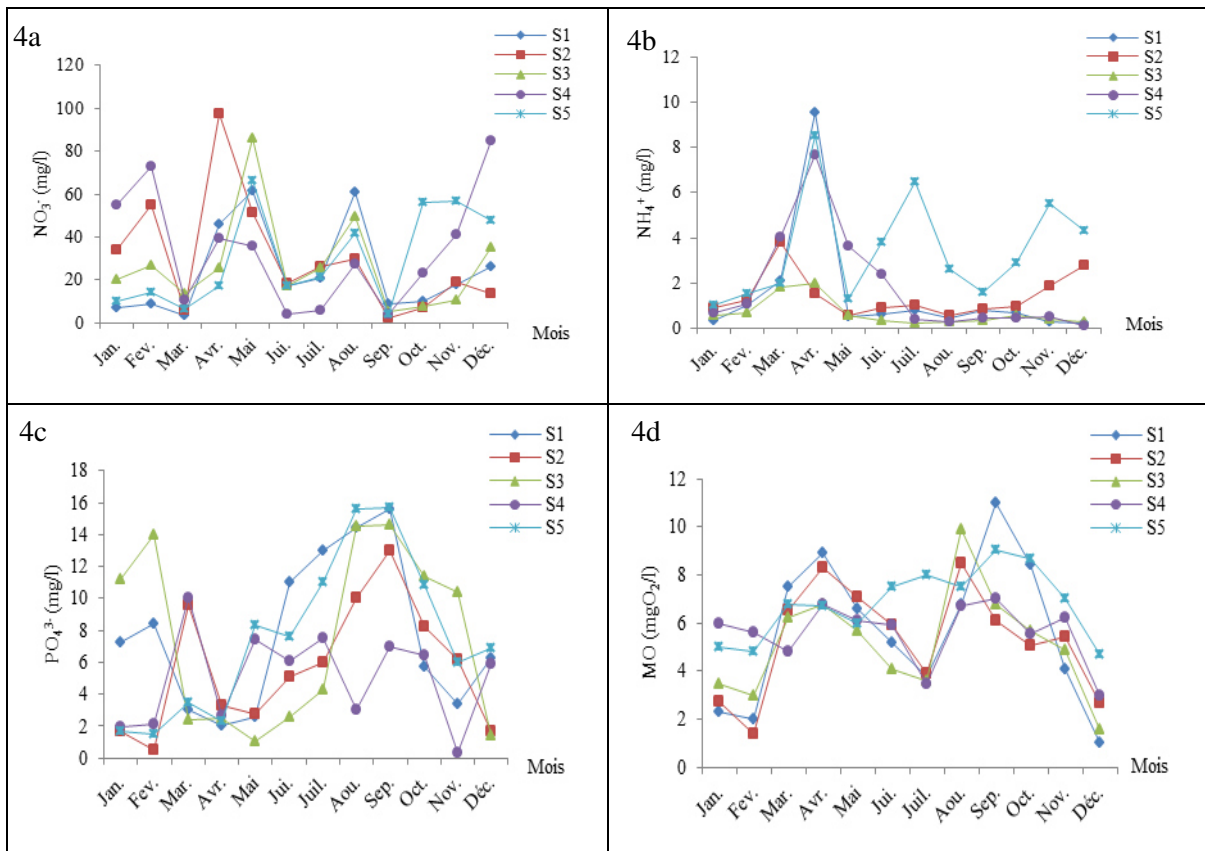


Figure 4: Variation spatio-temporelle des nitrates (4a), des ions ammonium (4b), des phosphates (4c) et de la matière organique (4d) au niveau de l'eau de l'Oued Seybouse.

3.2. 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 [29]. La matrice de corrélation des douze paramètres mesurés durant la période d'étude (de janvier à décembre 2012) est indiquée dans le Tableau 1.

Tableau 1: Matrice de corrélation des différents physico-chimiques étudiés au niveau de l'Oued Seybouse (année 2012)

	CE	Cl ⁻	MES	MO	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	OD	pH	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	T°	TH
CE	1,00	1,00	-0,62	0,95	0,91	0,18	-0,37	-0,52	0,38	0,70	0,75	0,86
Cl ⁻		1,00	-0,63	0,95	0,92	0,15	-0,36	-0,54	0,39	0,72	0,71	0,84
MES			1,00	-0,40	-0,42	-0,10	0,65	0,68	-0,24	-0,01	-0,37	-0,20
MO				1,00	0,97	0,17	-0,24	-0,49	0,31	0,89	0,64	0,91
NH ₄ ⁺					1,00	0,35	-0,42	-0,65	0,10	0,87	0,65	0,92
NO ₃ ⁻						1,00	-0,79	-0,57	-0,82	0,06	0,61	0,47
OD							1,00	0,86	0,51	-0,01	-0,59	-0,40
pH								1,00	0,36	-0,31	-0,34	-0,41
PO ₄ ³⁻									1,00	0,24	-0,05	0,04
SO ₄ ²⁻										1,00	0,35	0,80
T°											1,00	0,83
TH												1,00

Les chiffres en gras indiquent les corrélations significatives.

Ainsi, Une forte association significative et positive est observée entre la Conductivité électrique et les ions chlorures ($r=1.00$, $p<0.05$). Il est à noter qu'une forte association non significative et positive est constatée entre la conductivité électrique et les ions sulfates ($r=0.70$, $p=0.18$) d'une part et entre la conductivité électrique et température de l'eau ($r=0.75$, $p=0.14$). La dureté de l'eau est aussi significativement corrélée avec les paramètres suivants : la matière organique ($r=0.91$, $p<0.05$) et l'ion ammonium ($r=0.92$, $p<0.05$). Une forte association non significative et positive est aussi observée entre la dureté totale de l'eau et les ions sulfates ($r=0.83$, $p=0.10$) et entre la dureté totale de l'eau et la conductivité électrique ($r=0.86$, $p=0.06$). Une corrélation significative est aussi à signaler entre les ions chlorures et la matière organique ($r=0.95$, $p<0.05$) et entre les mêmes ions avec les ions ammonium ($r=0.92$, $p<0.05$). Les ions sulfates présentent aussi une très forte corrélation significative avec la matière organique ($r=0.89$, $p<0.05$) alors qu'aucune corrélation n'est observée entre les éléments azotés (les ions nitrates et les ions ammonium). Enfin, une forte association significative et positive est aussi constatée entre les ions ammonium et la matière organique ($r=0.97$, $p<0.05$).

L'analyse multi-variée par le biais de l'ACP (Analyse en Composante Principale) réalisée sur un tableau à double entrée (12 variables et 5 stations) par le logiciel *STATISTICA* et exprimée jusqu'à trois facteurs et 81,31% de la variance ont été exprimés. La projection des variables sur le plan factoriel F1 et F2 exhibe deux pôles (Figure 5) : Le plan F1 affichant 57.53% 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, la matière organique, les ions ammonium, les sulfates, la température et la dureté de l'eau. Le plan factoriel F2 représentant uniquement 23.78% de l'information est considéré comme un axe caractérisant la pollution agricole et il est déterminé par les nitrates, l'oxygène dissous et les ortho-phosphates (Figure 5).

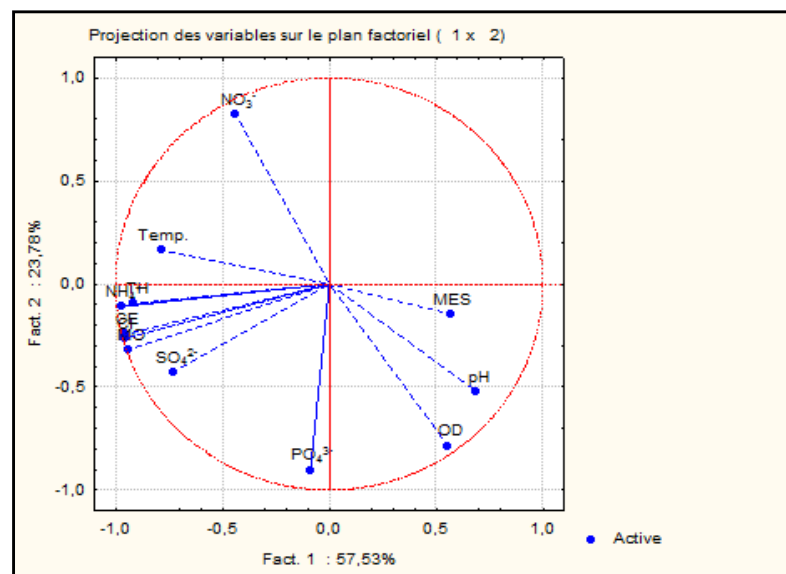


Figure 5: Représentation des variables mesurées sur le plan factoriel F1 et F2 de l'ACP.

La projection des stations de prélèvement sur le plan factoriel F1xF2, nous expose nous confirme l'existence de trois groupes plus ou moins distincts (Figure 6) : Le groupe de la minéralisation exprimée dans l'eau de la station S5, Le groupe à dominance des éléments indiquant une pollution urbaine et industrielle (stations S2 et S4) et le groupe des eaux riches en phosphates indiquant une pollution agricole, soit les stations S1 et S3.

L'étude des degrés de similitudes entre les différents paramètres mesurés nous expose les résultats de la classification des points de prélèvements en zones homogènes (Figure 7). A la lumière de ces résultats, de nombreuses corrélations très significatives ont été identifiées entre l'ensemble des variables mesurées et la contribution des ions phosphates est cependant assez négligeable par rapport à la mesure de tous les autres éléments qui présentent des corrélations plus ou moins solides entre eux.

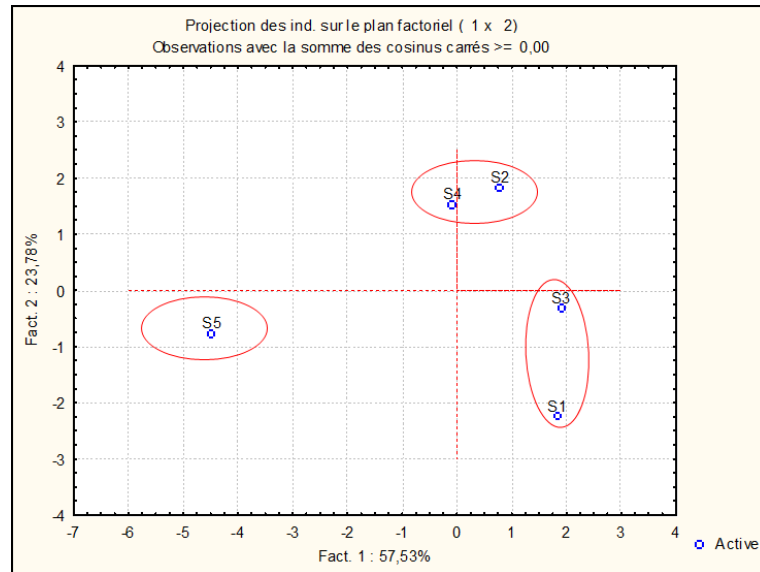


Figure 6: Représentation des cinq stations de prélèvement sur le plan factoriel F1 et F2 de l'ACP.

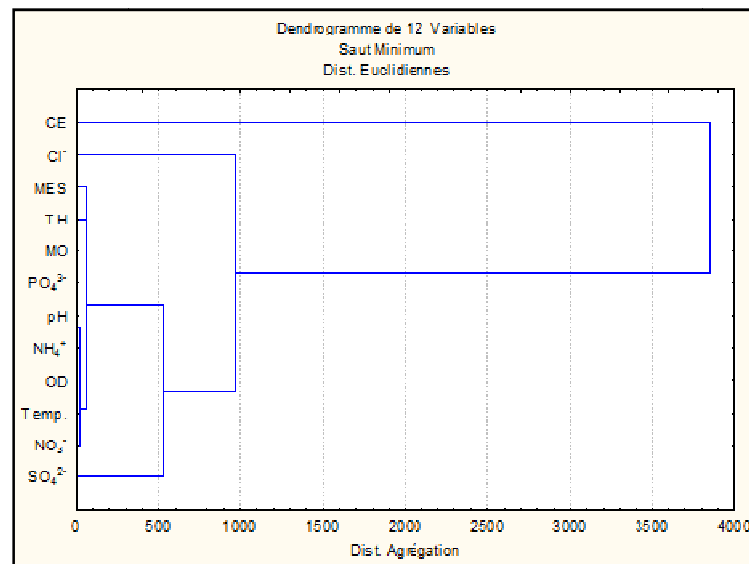


Figure 7: Dendrogramme visualisant les relations entre les variables physico-chimiques mesurés au niveau de l'Oued Seybouse.

Conclusion

Le suivi spatio-temporel de plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau de l'Oued Seybouse 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 élevées des chlorures (1358.78mg/l), de la dureté totale de l'eau (62.68NTU), des sulfates (290.52mg/l) et de la matière organique (5.70mgO₂/l) et les faibles teneurs d'oxygène dissous au niveau de toutes les stations sont la cause de la présence excessive de la matière en suspension dans l'eau de l'oued. 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 cinquième station (l'embouchure de l'oued) est la plus affectée. Elle est tributaire de la quantité importante d'eau usée domestique et aux volumes élevés d'effluents industriels déversés en amont de cette station. La comparaison des moyennes au niveau des cinq 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 de montrer que les deux indicateurs de la minéralisation de l'eau (la conductivité électrique et la dureté totale) évoluent de manière parallèle, sauf qu'au niveau de la dernière station (S5), nous enregistrons une élévation du premier paramètre. Cette hausse peut être expliquée par l'augmentation des concentrations en chlorures de l'eau.

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 Seybouse. 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.

Remerciement - Nos vifs remerciements à toute l'équipe du laboratoire de l'Algérienne des Eaux de Hammam Debagh (Guelma) qui nous ont fourni gracieusement du matériel d'analyse pour mener à bien nos expérimentations sur les paramètres physico chimique.

Références

1. Rouabhia A., Baali F., Kherici N., Djabri L., *Sécheresse*, 15 (2004) 47-52.
2. Rouabhia A.E.K., Djabri L., *Larhyss Journal*, 08 (2010) 55-67.
3. Djabri L., 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, (1996) 278.
4. Bennasser L., Fekhaoui M., Benoit-Guyoud J.L., Merlin G., *Water Research* 31 (4) (1997) 867 – 867.
5. Teixeira E.C., Sanchez J.C.D., Migliavacca D., Binotto R.B., Fachel J.M.G., *Fuel*, 7 (1999) 1539 – 1546.
6. Walling D.E., Russell M.A., Webb B.W., *The Science of the Total Environment*, 266 (1) (2001) 113 – 123.
7. Belhanachi A., Etude hydrologique et hydro chimique dans les bassins versants du Nord-Est Algérien "Bassin de la Seybouse, Kébir Est, Kébir Ouest et Saf Saf". Mémoire de Magister, Université d'Annaba, (2003).
8. Merzoug D., Khiari A., Aït Boughrouss A., Boutin C., *Hydroécologie Appliquée*, 17 (2010) 77–97.
9. Djabri L., Ferrah Y., Bouhsina S., Cazier F., Hani A., Djabri Y., Pulido Bosch A., Same H., *Etats de la qualité des eaux en Algérie : cas des cours d'eau en région méditerranéenne (Kébir est, Seybouse et Medjerda)*, (extrême est algérien). XII Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Cherbourg, (2012).
10. Debieche T. H., Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle : Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat, de l'univ. De Franche-Comté, (2002) 200.
11. Blayac J., Esquisse Géologique du Bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines. Cartes et coupes Géologiques, (1912) 491.
12. Ghachi A., Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie : le bassin de la Seybouse, Alger, O.P.U, (1986).
13. Agence de Bassin Hydrographique Constantinois- Seybouse-Mellegue (ABHCSM). *Le Bassin de la Seybouse*. Les Cahiers de l'Agence. Numéro 1. (1999).
14. Djabri L. Hani A., Messadi D., Mania J., Mudry J., *Tribune de l'eau* 54 (2001) 29-4.
15. Rodier J., Beuffr H., Bournaud M., Broutin J. P., Geoffray Ch., Kovacsik G., Laport J., Pattee E., Plissier M., Rodi L., Vial J., L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7e édition. Ed. Dunod, (1984).
16. Karrass L., Chahlaoui A., *Biomatec Echo*, 03 (6) (2009) 6 – 17.
17. Dussart B., Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars., ed., Paris, (1966).
18. Bermond R., Vuichard R., Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, (1973) 179.
19. 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, 2^{ed}. E & FN Spon, London, (1996).
20. Derwich E., Benaabidate L., Zian A., Sadki O., Belghity D., *Larhyss Journal*, 08 (2010) 101-112.
21. Rejsek F., Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Série Sciences et technique de l'environnement, (2002) 360.
22. Brahimi A., Chafi A., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (5) (2014) 1671-1682.
23. 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, London, (1996).
24. Lgourna Z., Warner N., Bouchaou L., Boutaleb S., Tagma T., Hssaisoune M., Ettayfi N., Vengosh A., *Mor. J. Chem.* 2 N°5 (2014) 447-451
25. Chahboune M., Chahlaoui A., Zaid A., Mehanned S., Ben Moussa A., *Mor. J. Chem.* 2 N°5 (2014) 427-433.
26. El Oumlouki K., Moussadek R., Zouahri A., Dakak H., Chati M., El amrani M., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S2) (2014) 2365-2374.
27. Vilain M., *La production végétale: la maîtrise de technique de la production*. ED. Lavoisier (ed.J. Bailliére). Vol 2. Paris- France. voisines.- Cartes et coupes Géologiques, (1989) 491.
28. Guergazi S., Yahiaoui K., Amimeur D., Achour S., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S2) (2014) 2354-2358.
29. Benchaar C., 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, (1999) 177.

(2015); <http://www.jmaterenvironsci.com>