

Caractérisation de la qualité des eaux de l'oued Kebir Ouest (Nord Est algérien)

Samia Benrabah^{*1}, Houria Bousnoubra², Nacer Kherici¹, Marc Cote³

¹Université Badji Mokhtar, Faculté des Sciences de la Terre, Département de Géologie, Laboratoire de Géologie, BP12 Annaba, 23000, Algérie

²Université Badji Mokhtar, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Département d'Hydraulique, BP12, Annaba 23000, Algérie

³Université de Provence, Aix Marseille I, Institut de Géographie, France.

Révisé le 23/06/2012

Accepté le 10/10/2012

ملخص

إن تعرض المياه الجوفية والسطحية للتلوث للجهة الساحلية (منطقة سكيكدة) وخصوصاً في مستجمعات المياه في الوادي الغربي الكبير (الجانبة الشرقي) هو ناتج عن التلوث الصناعي والزراعي والحضري. على الرغم من الثروة النسبية للموارد المائية، والنمو الاقتصادي القوي الذي يرافقه الكثافة في التصنيع وتسريع تحديث الزراعة، أدت إلى زيادة كبيرة في الاحتياجات المائية وبالتالي إلى درجة عالية من التلوث، والتي يعتمد على عدد من العوامل مثل الموقع الوادي بالنسبة لمنطقة لتصريف مياه الصرف الصحي والنشاط الزراعي. عدة عوامل تؤثر في تطور هذا التلوث وتشمل تركيزات الملوثات في مياه الصرف الصحي، ونوع التربة، والخ صائص الصخرية، نفاذية الجيب المائي المستخدمة، وعمق المياه. تهدف هذه الدراسة لتحديد الجودة الشاملة للمياه في الوادي الكبير الغربي وروافده، وتقييم التغيير المكاني والزمني (الطقس الجاف والطقس الرطب). أظهرت النتائج التي تحصلنا عليها أن مياه النهر في حالة خطيرة، تجاه المواد العضوية في المنبع للنهر، على تركيزات العالية من المعادن الثقيلة بشكل رئيسي الزئبق في وسط حوض، وأخيراً الملوحة العالية للمياه في المنطقة العليا للوادي.

الكلمات المفتاحية: الوادي الكبير - سكيكدة - الغربي مستجمعات المياه - نوعية - التلوث - المعادن الثقيلة.

Résumé

La vulnérabilité des eaux souterraines et de surface du côtière constantinois centre (région de Skikda) et plus particulièrement le bassin versant du Kebir Ouest (côté Est), est liée au contexte industriel, agricole et urbain. Malgré une relative richesse des ressources en eau, la forte croissance économique, la concentration urbaine accélérée et la modernisation de l'agriculture ont entraîné, non seulement, un accroissement considérable des besoins en eau mais aussi un fort degré de pollution. Cette pollution s'accroît en fonction d'un certain nombre de facteurs, tels que l'emplacement du cours d'eau par rapport aux rejets des eaux usées et l'activité agricole. Plusieurs facteurs conditionnent la progression de cette pollution, comme les concentrations des polluants dans les eaux usées, la nature des sols et la lithologie. La présente étude vise à déterminer la qualité globale de l'eau de l'oued Kebir Ouest et de ses principaux affluents et à évaluer la variabilité spatiale et temporelle des polluants. Les résultats obtenus ont montré l'état critique dans lequel se trouvent les eaux, vis à vis de la matière organique à l'amont de l'oued, les fortes concentrations en certains métaux lourds, principalement le mercure, et finalement la faible salinité des eaux vers l'amont du bassin versant.

Mots clés : Kebir Ouest - Skikda - Bassin versant – Qualité - Pollution - Métaux lourds.

Abstract

The vulnerability of groundwater and surface of the coastal center of Constantine (Skikda region) and more precisely the watershed of West Kebir is function of the industrial agricultural and urban contexts. Despite a relative capital of water resources, high economic growth accompanied by high industrialization, urban concentration and accelerated modernization of agriculture, have led to significant increase of water requirements and consequently a high degree of pollution which depends on a number of factors such as location of streams in relation to discharges of sewage and agricultural activity. Several factors influence the progression of this pollution includes the concentrations of pollutants in wastewater, soil type, and lithology, permeability of the aquifer and the depth of the water. This study aims to determine the overall quality of water from the Kebir West River and its major tributaries and to assess the spatial and temporal variability in dry weather and wet weather.

Keywords : West Kebir – Skikda - Watershed – Quality - Pollution - Resource alteration.

*Auteur correspondant : benrabah_lilya@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

Les Côtiers Constantinois Centre (Skikda) comptent plusieurs cours d'eau importants, dont à écoulement permanent ; ils présentent un réseau hydrographique assez dense de plus de 4200 Km. Ces cours d'eau s'écoulent des différentes chaînes de montagnes et débouchent dans la Méditerranée. Avec les bassins versants correspondants (Kebir Ouest, Safsaf et Guebli) [1], ils occupent une place importante dans les écosystèmes de la région. Outre leur rôle essentiel dans l'agriculture irriguée, ces cours d'eau conditionnent la richesse et la diversité de la flore et de la faune de la région. La qualité chimique des eaux de la région est appréciée par les teneurs en nitrates et en chlorures des eaux des oueds [2]. Actuellement, cette qualité des eaux est soumise à une forte pollution exercée par l'accroissement de la population et par l'activité industrielle et les rejets incontrôlés. Elle est, notamment, altérée par l'utilisation excessive de produits agrochimiques. L'essai de la caractérisation de la qualité des eaux du bassin versant a permis d'identifier les zones les plus touchées par l'un ou l'autre des paramètres analysés.

1.1 Cadre général

Le Kebir Ouest fait partie du côtier Constantinois centre [2]. C'est l'un des trois bassins versants de la wilaya de Skikda (Fig. 1a) dont 80% de la superficie (découpage administratif) font partie de la dite wilaya et les

20% restants sont reliés à la wilaya d'Annaba à l'Ouest et celle de Guelma au Sud. Ce bassin versant est limité à l'Ouest par le bassin versant de l'oued Safsaf (wilaya de Skikda), à l'Est par celui de la Seybouse (Fig. 1b) et au Nord par la méditerranée. Le bassin étudié se situe dans la partie orientale de l'Atlas Tellien, entre les longitudes Est $6^{\circ}15'$ et $7^{\circ}15'$ et les latitudes Nord $37^{\circ}00'$ et $36^{\circ}30'$. La partie supérieure est limitée au Sud par les monts de Constantine où les formations dominantes sont des calcaires et marno-calcaires jurassiques et crétacés, ainsi que des marnes et marno-calcaires éocènes [3]. On retrouve les mêmes formations dans la partie Nord-Ouest du bassin mêlées à des roches éruptives et métamorphiques. La zone côtière fait partie du massif métamorphique de l'Edough formé de schistes cristallins, de gneiss et des grès numidiens limités au nord par la chaîne éruptive du Cap de Fer (Fig. 2).

La plaine du Kebir s'est formée par l'alluvionnement intense des dépressions côtières, caractérisée par une pente relativement faible vers la mer et par la présence de marais dans la partie avale. Le bassin versant est d'une superficie totale de 1619 km^2 [4], doté d'une zone climatique humide, de grandes plaines alluviales et d'importantes nappes d'eau souterraines. La longueur de son cours d'eau principal (Kebir Ouest) est estimée à 43 Km, son estuaire est situé dans la Méditerranée, à 20 km à l'Est de la wilaya de Skikda, et son débit annuel moyen est de $282 \text{ M m}^3/\text{an}$ [4, 5].

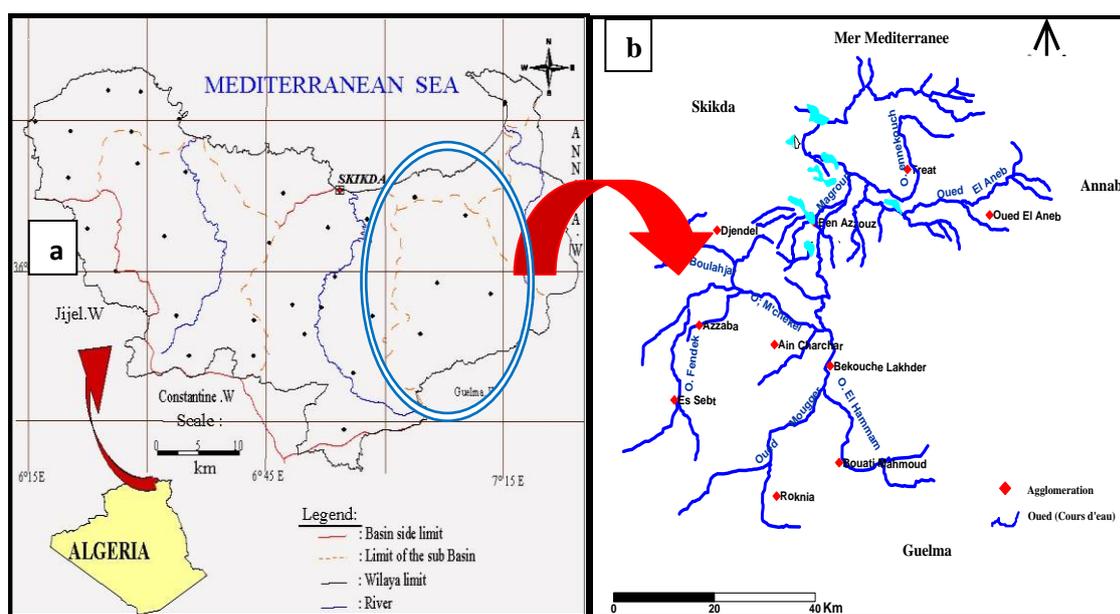


Figure 1. Carte de localisation ; a : Côtiers Constantinois Centre, b : bassin versant Kebir Ouest

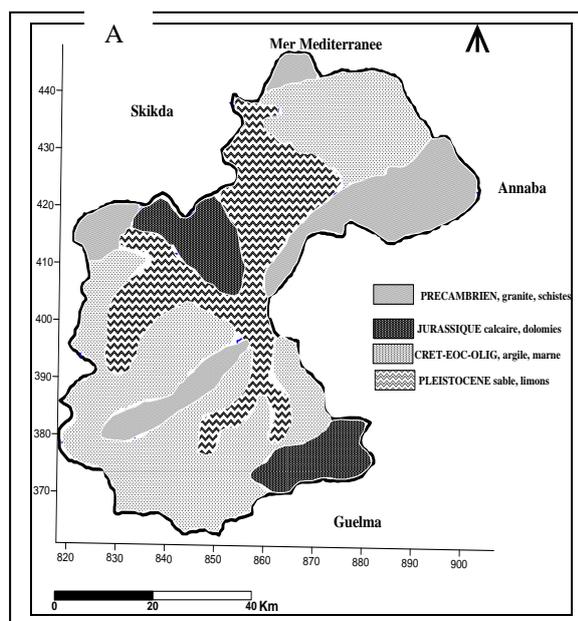


Figure 2 A. Carte géologique dans le bassin versant de l'oued Kebir Ouest

La source principale du cours d'eau qui maintient l'écoulement de l'eau durant toute l'année est dans le versant Nord du Mont de Boutellis au Nord de Guelma. Plusieurs affluents supplémentaires (Mougger, Mchekel, Fendek, El Aneb et El Enekoche) enrichissent le débit du cours d'eau principal, avec lequel ils constituent un réseau hydrographique assez dense [5]. La région est parmi les plus arrosées du Nord Est algérien [6], avec des précipitations qui peuvent atteindre 1200 mm/an ce qui a permis l'accumulation d'importants volumes d'eau souterraine et superficielle. Le Kebir Ouest se divise en deux parties ayant des caractéristiques sensiblement différentes ; partie intérieure (Sud), dont les écoulements sont entièrement contrôlés par les deux stations de Ain Charchar et Zit Emba et la partie côtière qui débute de la région de Ain Charchar jusqu'à la plage du Guerbez [7].

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Sites de prélèvement

Les échantillons d'eau ont été prélevés au niveau de cinq points [7, 8] choisis en fonction de l'urbanisation et l'industrialisation du bassin versant, de l'importance hydrologique des affluents et de l'accessibilité au cours d'eau (Tab.1). Cette approche servira au suivi de l'évolution annuelle des concentrations des différents paramètres physico-chimiques, organiques et quelques métaux lourds durant trois années successives ; deux en période de basses eaux 2008-2010 et une en période de

hautes eaux 2009. Les stations retenues se répartissent de l'amont (Sud) vers l'aval (Nord) comme suit :

S₁ : Oued Mougger, en amont du bassin versant, correspond à l'un des principaux affluents du cours d'eau situé dans une zone urbaine (région de Roknia à Bekkouche Lakhdar). On y trouve des sources thermales (Hammam) dont les eaux usées sont déversées dans le cours d'eau.

S₂ : Oued Mchekel, au centre du bassin versant (région d'Azzaba), est une zone industrielle (dont l'unité principale est celle de l'extraction du mercure « Fendek ») et agricole (périmètre d'Azzaba).

S₃ : Oued Magroun, est la confluence des oueds Mougger et Mchekel, (Ben Azzouz) en aval du barrage. C'est une zone industrielle diversifiée.

S₄ : Oued El Aneb, en aval du bassin versant (côté Est de la région de Ben Azzouz), est une zone urbaine caractérisée par des activités agricoles.

S₅ : Oued Kebir, localisé à 200 mètres avant l'embouchure dans la Méditerranée, est caractérisé par une activité agricole et l'existence de marais (Fig. 2b).

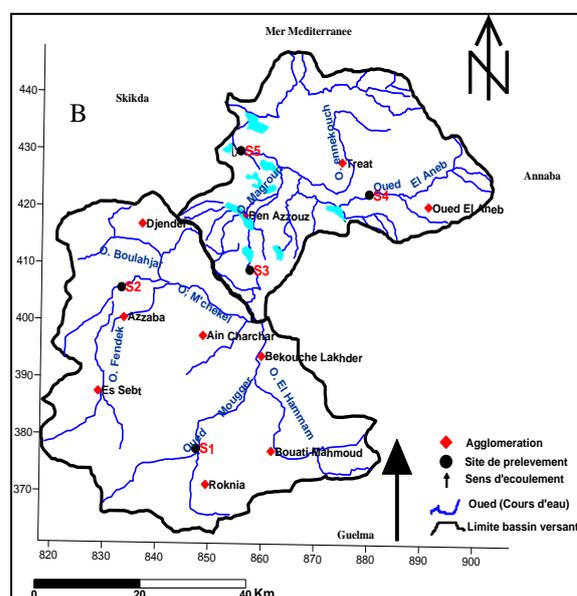


Figure 2 B. Carte de localisation des sites d'échantillonnage dans le bassin versant de l'oued Kebir Ouest.

Pour suivre la variabilité temporelle des paramètres étudiés durant les deux années 2008 et 2010, les cinq prélèvements (S1, S2, S3, S4, S5) ont été effectués vers la fin de la période d'étiage hydrologique (Novembre) où le débit du cours d'eau était faible, et cela avant les périodes de pluies.

Tableau 1. Les rejets éventuels a proximité des cinq sites de prélèvement dans le bassin versant de l'oued Kebir Ouest (208/2010).

Sites d'échantillonnages	Activités en amont	Rejets éventuels
✓ S1 oued Mougger	Zone urbaine et agricole, sources thermales (Hammam)	➤ Rejets urbains, ➤ lessivage agricole
✓ S2 oued Mchekel	Zone agricole et industrielle	➤ Rejets industriels, ➤ lessivage agricole
✓ S3 oued Magroun	Zone industrielle et urbaine	➤ Rejets industriels ➤ urbains
✓ S4 oued El Aneb	Zone urbaine	➤ Rejets urbains
✓ S5 oued Kebir	Zone agricole peu urbanisée	➤ Rejets urbains, ➤ lessivage agricole

Durant l'année (2009), les mêmes prélèvements au niveau des mêmes sites ont été effectués pendant le mois de février, après les pluies [8].

2.2 Analyse des échantillons

Après avoir cerné le but de la campagne d'échantillonnage, on a pu sélectionner les paramètres à mesurer, principalement la qualité physico-chimique, organique et la teneur en quelques métaux lourds des eaux de l'oued Kebir Ouest.

Afin de pouvoir comparer certaines de nos données avec celles des agences qui ont trait aux eaux et leur qualité (agence des ressources hydrauliques et des laboratoires d'hygiène de Wilaya), l'emplacement des cinq stations de prélèvements et les périodes correspondant à celles réalisées auparavant [9].

Des paramètres tels que la température, le pH et la conductivité électrique de l'eau ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un pH-mètre et d'un conductimètre. Pour l'appréciation du degré de minéralisation des eaux de l'oued, les paramètres, tels que, Ca, Mg, Cl, sont dosés par titrimétrie au niveau des laboratoires d'hygiène de Wilaya relevant du Ministère de la Santé Publique et de la Population. Les nitrates, les nitrites, l'ammonium, les sulfates et les ortho phosphates ont été dosés par spectrophotométrie. Le spectrophotomètre à flamme est utilisé pour mesurer les concentrations du potassium et du sodium au niveau du même laboratoire.

3. RESULTATS ET INTERPRETATION

Le bassin versant de l'oued Kebir Ouest, à vocation agricole, se trouve particulièrement touché par le problème de pollution du fait de sa démographie croissante et du développement

continu du secteur industriel. Les rejets liquides d'origines domestiques, agricoles et industrielles sont déversés directement dans l'oued qui traverse la zone d'étude du Sud vers le Nord pour enfin se déverser dans la mer, charriant ainsi toute sorte de matières polluantes. De nombreuses études y ont été conduites, précisant différents états de pollution des eaux souterraines et superficielles de la région. Elles ont mis en évidence une importante pollution par la matière organique (nitrates, nitrites, phosphates...), micro polluants (Fe, Cr, Pb, Hg...) et bactériologique [10].

3.1 Evolution du chimisme dans le temps et dans l'espace.

Parmi les paramètres suivis et analysés, ceux en relation avec la nature des terrains traversés par le cours d'eau au niveau du bassin versant, tels que le paramètre conductivité montre une certaine évolution conforme des sels en passant de la partie amont vers la partie aval. Les tableaux ci-dessous (Tab. 2, 3) regroupent les paramètres pris pour cette étude.

On constate que les concentrations du sodium, chlorures, Calcium et sulfates décroissent dans le sens amont aval pour les trois premiers sites (S1, S2, S3), cette baisse est plus légère pour le sodium et d'une manière plus importante pour les Cl, Ca et SO₄ où on assiste à une baisse de près de 10 mg/l. Par contre, l'évolution du Magnésium est quasiment stable dans toutes les stations de prélèvement.

Par conséquent, les facteurs anthropiques ont une influence moindre sur la fluctuation des concentrations de ces paramètres dans ces régions du bassin versant.

Tableau 2. Paramètres physiques de l'eau le long de l'oued Kebir Ouest

Site	T (°C)			pH			Conductivité (µS /cm)			Oxygène (%)		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
S1	9	10.3	10.5	7	7.45	7.45	1089	823	1230	35	60	30
S2	8.5	11.45	12	7.25	7.5	7.5	876	1176	1034	40	65	48
S3	10	13.6	13	7.5	8.03	7.67	980	889	1642	60	86	58
S4	8.5	9.87	9.90	7	7	6.56	1165	724	1140	55	67	45
S5	10	12.56	10	6.8	6.8	6.88	1245	544	2160	46	80	58

Tableau 3. Variables mesurées en mg/l (µg/l pour l'Hg), en fonction des divers sites d'échantillonnages et des périodes de prélèvement.

	S1			S2			S3			S4			S5		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
PO ₄	2.06	1.06	1.68	1.45	1.05	1.25	2.22	1.2	2.77	2.37	1.47	1.99	2.55	1.95	2.45
NH ₄	2.80	1.83	2.90	1.50	1.21	0.98	2.55	1.42	2.04	3.04	2.25	4.02	1.66	1.43	3.67
NO ₃	22.2	20.2	37.90	29.55	28.5	25.89	30	40	41.05	35.6	30.29	40.12	37	38	29.56
NO ₂	0.12	0.2	0.98	0.11	0.32	0.54	0.34	0.55	0.79	0.29	0.31	0.87	0.14	0.18	0.49
Ca	190.3	48.05	170.70	188.9	40	140.45	117.90	44.30	123.1	176	25.45	111	178.50	43.09	140.88
Mg	112.45	82.3	98.09	101.50	100	165.90	100.83	89.30	132.05	124.55	65.23	100.4	123.90	79.90	146.90
Na	45.20	34.8	55.14	50	35	51.23	20.14	16.5	34.10	34.30	22.30	58.05	30.09	40.5	51.10
K	4.54	3.24	2.78	5.05	5	4.89	3.89	2.90	3.55	4.07	2.60	3.09	5.03	3.98	2.95
Cl	150.20	60.25	130	140.30	45.80	145.9	120	50.90	123.56	112	76.30	97.90	145	80.20	120.5
SO ₄	123	110.30	99.45	200	150	183.78	156.54	145.50	180.7	109.80	96.04	132.45	160.90	125.45	165.78
Fr	67	85	89	68	45	65.11	90	78	55.33	76	56	49.09	85	59	45.13
Cr	3.8	4.8	1.68	2.45	2.03	2.01	3.05	1.89	2.44	2.78	3.50	1.67	3.76	2.99	3.13
Pb	14.45	8.6	7.67	15.09	10.45	11.23	11.56	9.88	8.98	13.44	6.67	9.55	14.77	10.44	11.23
Ni	7.09	5.7	6.45	5.56	4.66	4.90	7.99	5.88	8.09	6.90	3.50	7.33	5.80	3.20	5.44
Mn	15.09	8.3	16.34	10.50	5.99	11.09	12.67	6.90	14.56	13.66	7.05	12.78	14.50	8.08	13.56
Zn	58.4	14.9	43.23	30	25.56	28.67	34	19.90	27.22	20.55	15.90	29.45	45.06	30.89	39.06
Hg	0.045	0.049	0.066	0.099	0.097	0.092	0.097	0.045	0.078	0.089	0.056	0.067	0.059	0.022	0.063

L'évolution dans le temps a fait apparaître que pendant la période des pluies (2009), les concentrations enregistrées ont connu une certaine baisse par rapport aux deux périodes sèches, ceci s'explique par le phénomène de dilution qui a manifestement apparu dans tous les sites et pour presque tous les sels. Exception faite pour le sodium, où les concentrations sont

quasiment identiques pendant les trois périodes d'échantillonnage.

La figure 3 illustre nettement l'évolution des éléments de l'amont du cours d'eau à l'aval, où les concentrations dans les trois premiers sites affichent une hausse par rapport aux deux autres sites.

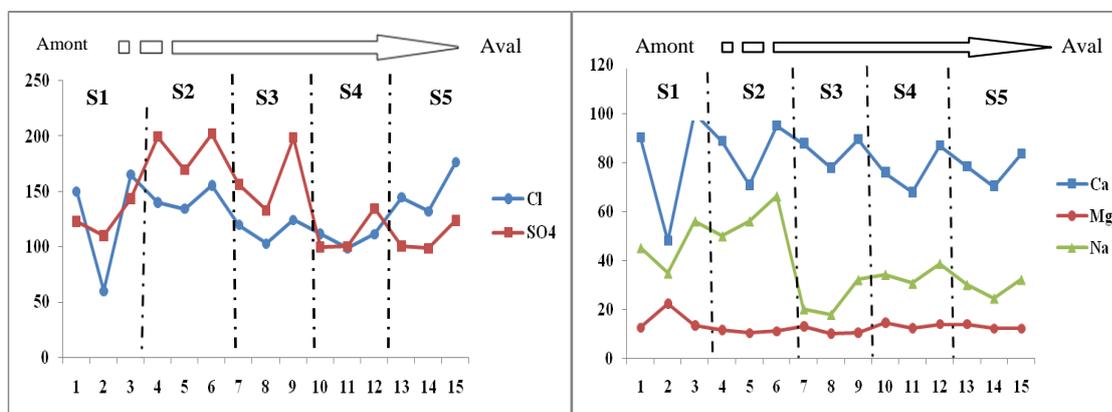


Figure 3. Variation interannuelle des concentrations des sels minéraux (mg/l) dans les eaux de l'oued Kebir Ouest.

3.2 Evolution de la matière organique dans le temps et dans l'espace

Le phosphore montre de fortes augmentations dans les stations 1, 3, 4, 5 (moyenne de 2 mg/l) qui ne peuvent être expliquées que par les rejets urbains des agglomérations avoisinantes, ou ceux des eaux usées des Hammams (Tab.1) de la région. Pour le prélèvement du site 2, les concentrations sont moins faibles par rapport aux autres sites (moyenne de 1.25 mg/l), vu l'éloignement de l'endroit du prélèvement des zones urbaines et industrielles, mais reste tout de même élevée pour causer l'eutrophisation des eaux de l'oued. Pour ce qui est de l'azote ammoniacal, élément caractéristique des rejets urbains dans la plupart des cas, les fortes concentrations sont situées en aval dans les sites de prélèvement 4 et 5. Cette hausse des concentrations par rapport aux deux autres stations (1, 2) suggère que les apports polluants issus des rejets urbains contribuent pour une bonne part à la concentration en cet élément dans les eaux de la région. En effet, la variabilité de ce paramètre sera donc liée d'avantage aux agents anthropiques et aux variations du débit du cours d'eau (période des hautes et basses eaux) [11].

Pour le cas des nitrates, dont l'origine est essentiellement agricole, on assiste à des concentrations relativement plus élevées dans les stations 2 et 4 situées dans une région

agricole. Cette hausse s'explique par le lessivage des terres agricoles (Tab. 3). Les valeurs moyennes maximales des nitrates atteignent 40 mg/l dans les eaux du cours d'eau. Ces résultats ne dépassent pas la norme admise pour les eaux de surface, mais présentent une pollution par les nutriments dont les origines sont probablement liées aux engrais utilisés dans la région, et à l'oxydation des nitrites par les bactéries de la nitrification suite au mélange des eaux usées avec celles du cours d'eau [12]. De même, les nitrites croissent dans les eaux du cours d'eau (Tab. 2), leur présence en quantité importante témoignerait d'une contamination résultant du déversement des eaux usées et d'un déficit du milieu en oxygène et/ou d'une réduction des nitrates par la matière organique. La hausse des concentrations de la matière organique est accompagnée par une consommation considérable de l'oxygène dissous. (Tab. 2, 3).

3.3 Evolution des métaux lourds dans le temps et dans l'espace :

L'étude de l'évolution des concentrations du Fer et du Manganèse au cours du temps aide à mettre en évidence leur variabilité en fonction des données climatiques. De ce fait, on assiste à une certaine diminution des concentrations en période de hautes eaux enregistrées durant l'année 2009. Néanmoins, cette étude ne peut pas évaluer avec exactitude la contribution des

rejets polluants minéraux et organiques (origine anthropique) car ils sont indissociables de ceux naturellement présents dans l'eau. [13]. Les métaux lourds font partie des composants élémentaires de la lithosphère. En effet, chaque sol renferme une certaine teneur en métaux lourds selon la composition de la roche mère et selon ses transformations chimiques [13]. Toutefois; s'ils sont en excès, la source majeure de contamination est d'origine anthropique ; ils ont un caractère polluant à effets toxiques s'ils dépassent les concentrations admises. Les concentrations maximales observés dans les eaux de l'oued concernant Fe, Cr⁺⁶, Pb, Ni, Zn, Mn sont faiblement en hausse quoiqu'ils constituent une pollution qui peut être inquiétante à long terme. (Fig. 5). Les problèmes du fer et du manganèse sont souvent associés, parce que ces éléments se trouvent dans les mêmes minéraux. Les concentrations élevées sont surtout causées par la présence de minéraux ferreux que l'on trouve dans différentes unités géologiques de la région: les grès, les dolomies, certains calcaires, l'argile. Les valeurs des concentrations du fer enregistrées dans les cinq stations d'échantillonnage sont assez élevées durant les deux périodes allant d'un minimum sur le site S2 de 49 µg/l à un maximum au niveau de la station S3 de 94 µg/l.

Les concentrations du Zn fluctuent d'un minimum de 15 µg/l à la station S1 en 2009 vers un maximum de 58.4 µg/l à la station S1 en 2008 (Fig. 4). La fluctuation des concentrations en ces éléments, fonction des pluies, est visible sur tous les sites, exception faite pour le S2 où les valeurs sont pratiquement identiques durant les deux périodes climatiques [14]. Pour les teneurs en mercure, elles sont excessivement élevées par rapport aux normes admissibles (1µg/l), ce qui s'explique par la persistance du mercure dans les sédiments de la région, où s'est installée auparavant l'usine de Fendek pour l'extraction du mercure. Les concentrations dans les eaux sont élevées durant les deux périodes (hautes et basses eaux), où l'effet de la dilution est négligeable. Du point de vue qualité, les eaux de l'oued Kebir Ouest et de ses affluents varient sensiblement entre l'amont et l'aval et aussi entre la période des hautes eaux et celle des basses eaux: Le kebir, depuis sa source (le versant Nord de djebel Boutellis au Nord de Guelma) jusqu'à Ain Charchar, (sur la section amont de l'oued Mougger) a des eaux de mauvaise qualité en prenant en considération les concentrations de l'ammonium, nitrites, ainsi que les nitrates (référence aux normes de l'OMS) [15].

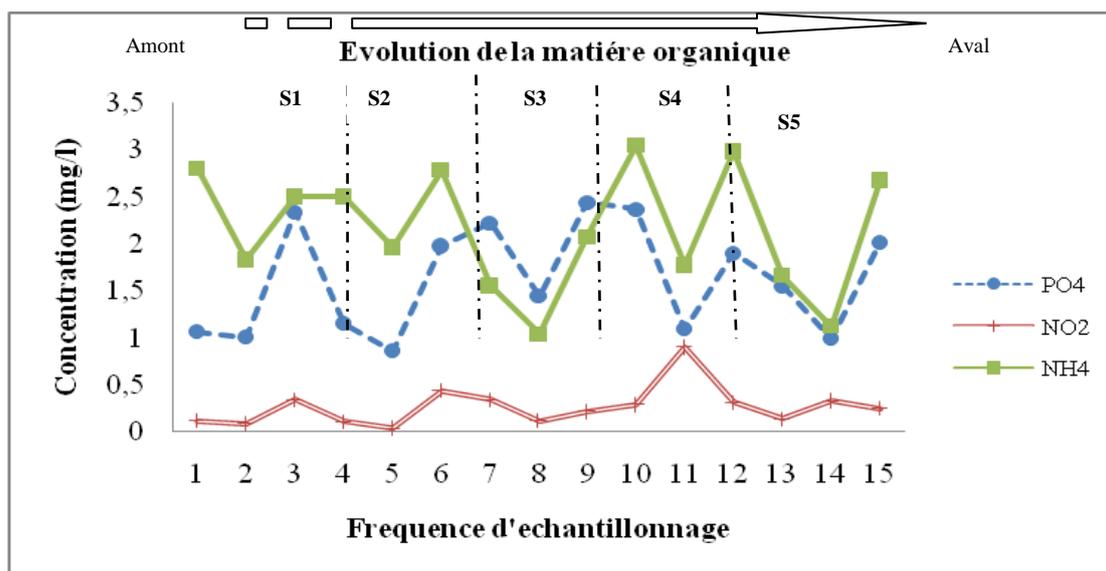


Figure 4. Variation interannuelle des concentrations de la matière organique (mg/l) dans les eaux de l'oued Kebir Ouest.

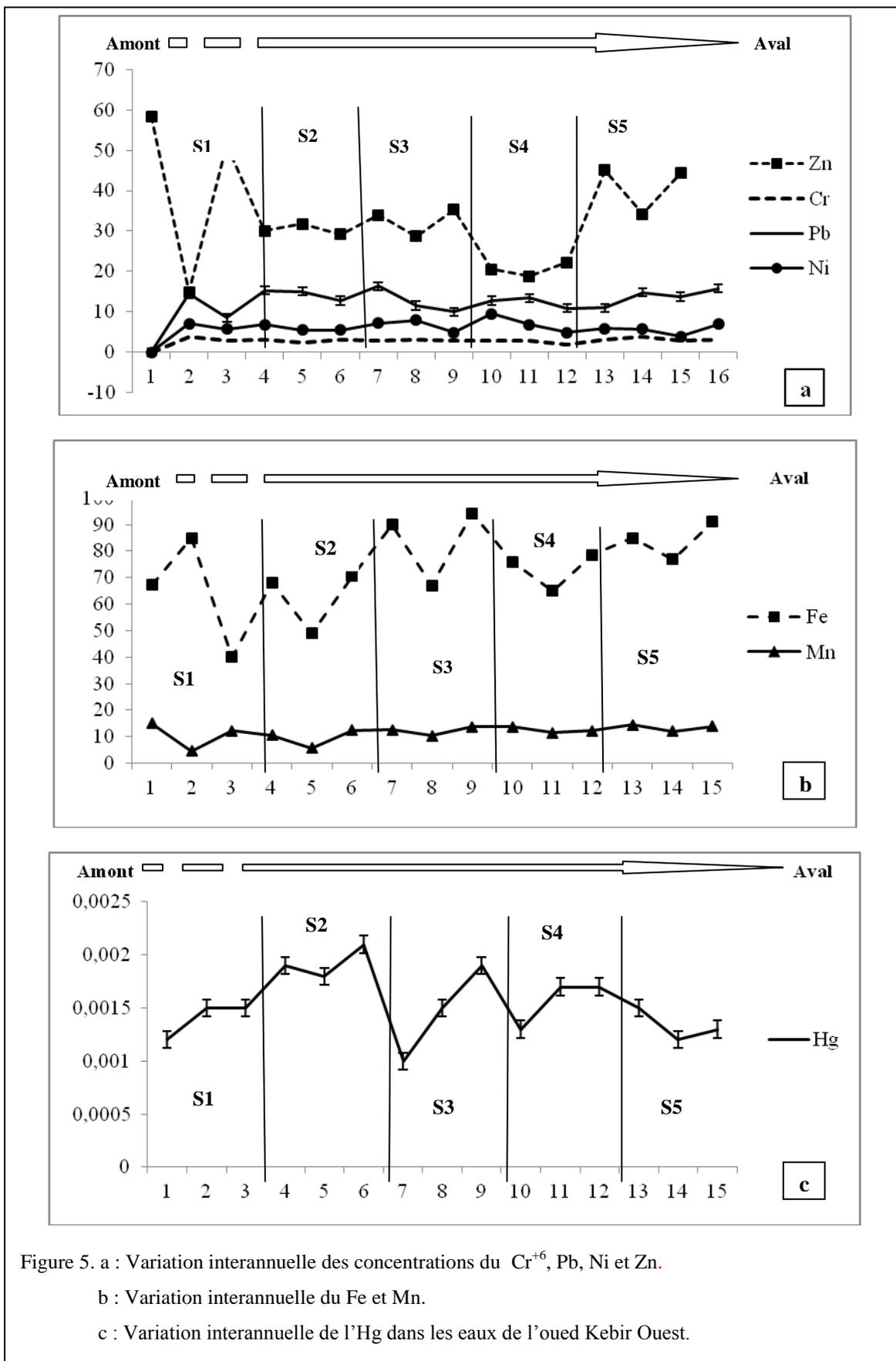


Figure 5. a : Variation interannuelle des concentrations du Cr⁺⁶, Pb, Ni et Zn.

b : Variation interannuelle du Fe et Mn.

c : Variation interannuelle de l'Hg dans les eaux de l'oued Kebir Ouest.

Par ailleurs, sur la section intermédiaire entre Ain Charchar et Ben Azzouz (oued Mchekel), la qualité des eaux se détériore par les activités urbaines et industrielles, bien qu'elle puisse encore être classée comme moyennement bonne vis-à-vis de la qualité physico chimique. Sur la section aval, de Ben Azzouz à l'embouchure (oued El Aneb), la qualité des eaux se détériore nettement à cause des rejets urbains et industriels et le lessivage des terres agricoles. Des indices de forte pollution organique, relativement localisée autour des centres urbains, particulièrement durant la période sèche. (Fig. 6) [15].

CONCLUSION

Une évaluation globale sur les origines de la pollution des eaux de l'oued kebir Ouest pendant les périodes de temps sec et de temps pluvieux a pu être établie au cours de cette étude. Les résultats obtenus ont montré une différence significative entre les différents sites de prélèvement et entre les périodes de crue et les périodes de temps sec. Toutefois, l'influence du temps de prélèvement semble jouer un rôle significatif dans le transport et la mobilisation des matières polluantes.

Les origines de pollution diffèrent selon le type d'occupation des sols. Les rejets des eaux usées urbaines et le lessivage des sols peuvent être considérés comme les sources principales de la pollution de ce cours d'eau. Néanmoins, dans la région intermédiaire du terrain (Azzaba) ce sont les rejets d'eau usée industrielle qui prédominent. La fluctuation annuelle des concentrations des divers éléments chimiques est assez faible dans toute l'étendue du bassin. Cependant, de grandes concentrations ont été décelées dans les zones à regroupement industriel, telle qu'Azzaba, Ain Charchar, Ben Azzouz. L'ensemble des variables physicochimiques mesurées dans les sites d'échantillonnage du cours d'eau situe son état de qualité dans la catégorie de moyenne à mauvaise. Les impacts ponctuels de la pollution industrielle et urbaine du cours d'eau peuvent être très importants, particulièrement dans les zones à forte densité de population et industrielle nécessitant d'importants travaux d'assainissement ; par conséquent, une station d'épuration s'avère nécessaire du fait que les eaux usées sont directement déversées dans l'oued puis dans la mer.

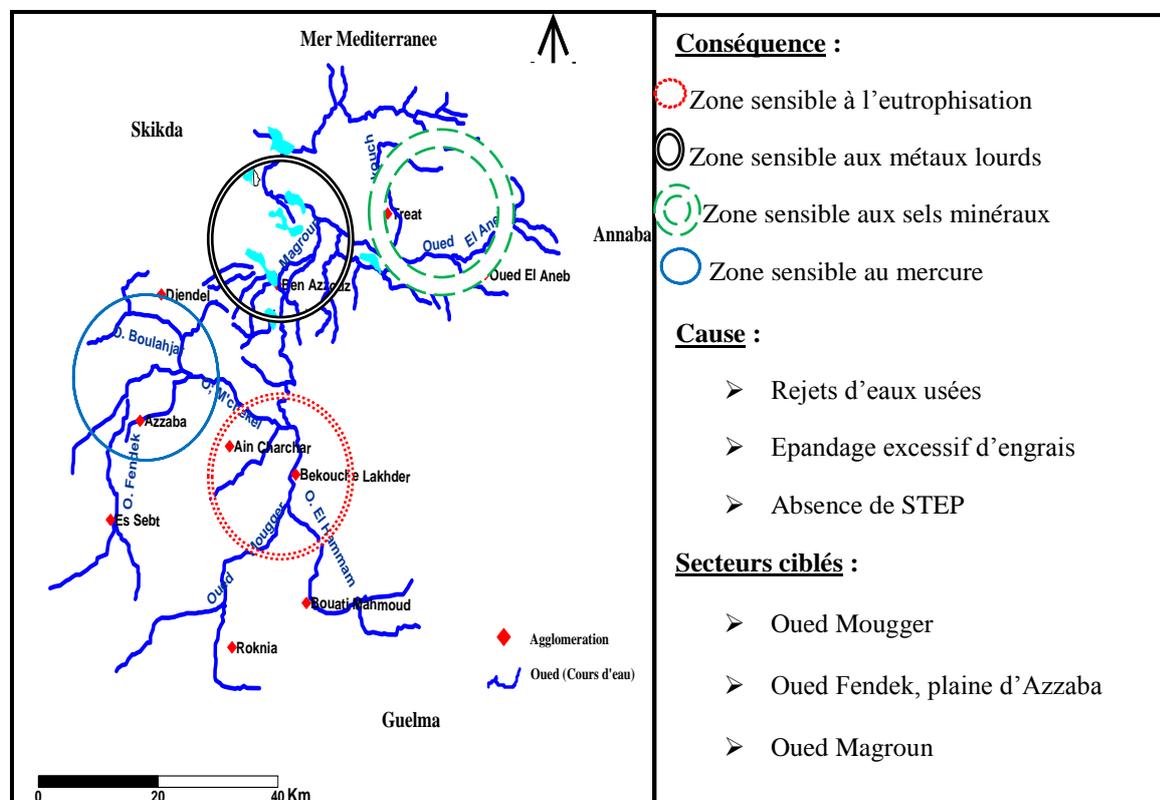


Figure 6. Etat de qualité global des eaux de surface du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.

On peut dire que même en tenant compte des programmes en cours de réalisation, le bassin de l'oued Kebir Ouest se trouve totalement dépourvu de système d'épuration. Au vue de la grande variabilité des teneurs il nous apparaît indispensable d'effectuer des suivis très serrés des cours d'eau, afin de pouvoir prendre en compte les variations saisonnières et les variations lors des crues car, pour certains paramètres, les situations d'une année sur l'autre voir d'un mois à l'autre peuvent être assez différentes.

REFERENCES

- [1] Agence nationale des ressources hydrauliques de Constantine, Annaba et Skikda, 2006. Documents inédits.
- [2] Agence de bassin hydrographique de Constantine, Annaba et Skikda, 2006. Documents inédits.
- [3] Marre A., 1992. Le Tell Oriental de l'Algérie de Collo à la frontière Tunisienne, étude géomorphologique, volume 1, OPU Alger, Algérie, 100-123.
- [4] Khammar C., 1980. Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de l'oued Kebir Ouest. Wilaya de Skikda. Algérie. Thèse de Doctorat 3eme cycle. Université de Grenoble, France. 176p.
- [5] Titi Benrabah S., Kherici Bousnoubra H., Bounab S., 2006. Evaluation de l'indice d'altération organique des eaux souterraines de la wilaya de Skikda. Séminaire international, Tébessa, Algérie.
- [6] Mebarki A., 2005. Hydrologie des bassins de l'Est Algérien, Ressources en eau, Aménagement et environnement. Thèse de Doctorat d'Etat Université Mentouri Constantine. Algérie. 360 p.
- [7] Titi Benrabah S., Kherici Bousnoubra H., Bounab S., 2008. Matière organique et eutrophisation des zones humides de la région de Skikda (cas des oueds Kebir Ouest, Safsaf et Guebli). Séminaire international université 08 mai 1945 Guelma, Algérie.
- [8] Tesco V. 1982. Régularisation de l'Oued Kebir Ouest (étude hydrologique). Ingénieurs conseils, Budapest Document inédit, 35 p.
- [9] Environmental Protection Agency, Office of Water. 2005. Handbook for Developing Watershed Plans to Restore and Protect our Waters. Washington, DC United States Environmental Protection Agency, 400 p.
- [10] Brennecke M., Couture M., 2008. Indicateurs environnementaux pour les projets d'aménagement du territoire. École polytechnique fédérale de Lausanne. France. 29p.
- [11] Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2006. Détermination du phosphore total dissous et du phosphore total en suspension dans les eaux : dosage par méthode colorimétrique automatisée avec du molybdate d'ammonium, Ministère du Développement durable et de l'Environnement, Québec, Canada. 89 p.
- [12] Heathcote Isobel W., 1998. Integrated Watershed Management: principles and practice. New York, Wiley, 400 p.
- [13] Kabata-Pendias, H. Pendias., 1992. Trace elements in soils and plants, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, 365 p.
- [14] Commissions internationales de la protection de la Moselle et de la Sarre, 1996. Méthode d'évaluation de la qualité des eaux des rivières France, 129 p.
- [15] Titi Benrabah S., Kherici Bousnoubra H., Bounab S., Bahroun S., 2010. Dégradation de la qualité des eaux de surfaces de la région de Skikda (Nord Est Algérien). 1^{er} Symp. International sur la géologie du Sahara Algérien, Ouargla, Algérie.