



Etude écotoxicologique de l'oued Za et de son affluent Oued Tizeghrane (Basse Moulouya, Maroc Oriental) Ecotoxicological study of Oued Za and its tributary Oued Tizeghrane (Lower Moulouya, Eastern Morocco)

A. Brahimi*, A. Chafi

¹Laboratoire des Sciences de l'Eau, d'Environnement et Ecologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Mohammed Ier, code postal 60000 Oujda Maroc

Received 12 May 2014, Revised 5 Jun 2014; Accepted 6 June 2014.

* E-mail: bhafaf@yahoo.fr, Tel: (+212 666803438).

Abstract

Superficial waters of the lower Moulouya are mainly affected by many kinds of pollution. This pollution affects the physicochemical quality of these waters, principally Oued Za and its tributary Oued Tizeghrane. The city of Taourirt is particularly affected by the problem of pollution because of its increasing demography and consistent developing industry, for the fact that Oued Tizeghrane is near the industrial zone of Taourirt city and the city's purifying station, it will for sure be contaminated by different kind of pollution. This pollution will be drained to Oued Za, and will end in the lower Moulouya. In order to identify the level of pollution of these water courses, our study has focused on the determination of physicochemical parameters of the water (T° , pH, CE, MES, O_2 , DBO_5 , DCO, PO_4^{3-} , Pt, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , NTK). The sampling was made by season, three stations for Oued Za and one station for Oued Tizeghrane. The results found shows a worrying situation of these water courses, especially the station of Oued Tizeghrane which receives industrial discharges from Taourirt city, our results shows that the level of DBO_5 , DCO, MES, NTK etc, increase but the level dissolved oxygen decrease, especially in the olive trituration period. If we don't protect the natural heritage of Taourirt city, the low level of water quality caused by the pollution will for sure cause its degradation.

Keywords: Oued Za, Oued Tizeghrane, Physicochemical parameters, industrial Pollution.

Résumé

Les eaux superficielles de la basse Moulouya se trouvent particulièrement touchées par le problème de pollution qui menace leur qualité physico-chimique, principalement les eaux d'Oued Za et son affluent Oued Tizeghrane. La ville de Taourirt, du fait de sa démographie croissante et du développement continu du son secteur industriel, ses cours d'eau superficiels Oued Za et son affluent Oued Tizeghrane sont actuellement menacés par l'ampleur des rejets urbains et industriels. Dans le but de cerner l'état de pollution de ces cours d'eau, notre étude a porté sur la détermination des paramètres physico-chimiques de l'eau (T° , pH, CE, MES, O_2 , DBO_5 , DCO, PO_4^{3-} , Pt, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , NTK). Ainsi des prélèvements d'eau, par saison, ont été effectués au niveau de trois stations sur oued Za et une station sur son affluent oued Tizeghrane. Les résultats obtenus décrivent une situation préoccupante de l'état de ces cours d'eau, surtout pour la station d'oued Tizeghrane qui reçoit les rejets industriels de la ville de Taourirt. Nous assistons à une augmentation des teneurs en DBO_5 , DCO, MES, NTK..., et une diminution des teneurs en oxygènes dissous, particulièrement en période de trituration d'olives. La perpétuelle dégradation de la qualité de ces eaux conduirait certainement à la perte de ce patrimoine naturel de la ville, si des mesures de protection ne sont pas entreprises.

Mots clés : Oued Za, Oued Tizeghrane, Paramètres physico-chimiques, Pollution industrielle.

Introduction :

Il y a une trentaine d'années déjà que la sonnette d'alarme a été tirée par les scientifiques sur la précarité de la situation hydrique. En prévenant que la question d'approvisionnement en eau deviendra préoccupante dans certaines régions du monde, si des mesures nécessaires ne sont pas adoptées à temps.

En effet, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide qui cause de nombreuses perturbations pour les milieux naturels [1]. L'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais, pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants, pouvant affecter la qualité physico-

chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs [2]. Ces pressions sur les ressources en eau s'accompagnent d'une dégradation croissante et de plus en plus grave de leur qualité [3].

Le Maroc est fortement vulnérable à la sécheresse. L'occurrence d'épisodes secs plus ou moins longs est une caractéristique dominante du régime des ressources en eau du pays, ces écoulements superficiels sont tributaires des précipitations et présentent une grande variabilité spatiale [4].

Comme tous les autres pays, le Maroc n'échappe pas au fléau de toutes les formes de pollution des ressources en eau. La situation qualitative de ces eaux est loin d'être satisfaisante [5]. Faisant partie des pays à climat méditerranéen aride à semi-aride, le Maroc a un potentiel hydrique relativement limité et aléatoire [6;7].

Ces ressources hydriques, sont limitées et soumises à des variations cycliques extrêmes. Évaluées à 29 milliards de m³/an, soit 1 044 m³ par habitant et par an en 1998, alors qu'en 2020, elles ne seront que de 786 m³ par habitant et par an [3]. Sachant que les sources de pollution des eaux sont diverses et multiples. Les eaux souterraines, qui sont souvent protégées géologiquement, sont exposées à des pollutions agricoles, industrielles et ou urbaines [8]. Les eaux superficielles elles aussi, sont menacées par des rejets polluants divers : industriels, domestiques, agricoles, atmosphériques, thermiques... etc.

Les activités anthropiques sont à l'origine de la plupart des problèmes de pollution des cours d'eau. Elles diminuent le potentiel des ressources hydriques de bonne qualité [9]. L'oued Moulouya draine la quasi-totalité du Maroc oriental, 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 [10].

Dans la zone périurbaine du Nord Est du Maroc et au niveau de la province de Taourirt, le cours d'eau d'Oued Za, grand affluent de la basse Moulouya, était alimenté naturellement par des sources d'eau saumâtre. Il jouait un rôle important dans l'irrigation des cultures, l'abreuvement du bétail et l'animation éco-touristique de la zone des cascades. Mais, depuis quelques années, le cours d'eau reçoit à ciel ouvert, les rejets d'eaux usées de Taourirt dont les impacts écologiques et sanitaires sont multiples.

La province de Taourirt, abrite une population de 206 580 habitants dont 119 006 sont urbains. La consommation en eau potable de la ville s'élève à 2.8 Mm³/an en 2011, alors qu'en eau industrielle, elle est de 107 970 m³/an. Ces rejets sont de 2.25 Mm³/an, dont presque 1.46 Mm³/an sont traités dans une station d'épuration [11]. En 2005, Cette station de type lagunage naturel est mise en service et dessert 130.000 EH. Le bon fonctionnement est mis en difficulté par l'absorption de rejets non traités des unités de trituration d'olives (modernes et traditionnelles) et conserveries (anchois, olives, abricot...) qui existent à l'intérieur de la ville.

Cependant, le tissu industriel de la ville, occupe une superficie de 70 ha et renferme 75 unités industrielles dont 67 sont des conserveries d'olives, et seuls 21 de ces unités sont opérationnelles. Elles génèrent plus de pollution avec un débit rejeté de 2321 m³/an. Ces rejets industriels sont déversés sans traitement préalable dans Oued Al Kariyane qui rejoint oued Tizehgrane. Oued Za a suscité l'intérêt de nombreux recherches sur l'étude de la qualité de ses eaux, et la distribution longitudinale des macro-invertébrés [12-17].

Ce travail réalisé sur un tronçon de l'oued Tizehgrane est original, dans la mesure où aucune recherche écotoxicologique n'a été réalisée auparavant. Cet intérêt réside essentiellement dans le fait qu'il reçoit les effluents domestiques de la ville à partir d'oued Et-tyuor, et les rejets industriels notamment les margines pendant la période de la trituration d'olive et les eaux résiduelles de la conserverie (anchois, olives, abricot...) à partir d'oued kariyane. Oued Tizehgrane est le seul exutoire des rejets de la ville, qui est devenu de ce fait, un véritable égout charriant toutes les catégories d'eau usées. Les constats faits sur le terrain sont alarmants. Les odeurs nauséabondes émanant de l'oued, et la couleur noirâtre des rejets, laisse supposer l'existence d'une pollution très poussée de ces eaux.

Ce travail est une ébauche qui donne un aperçu sur la pollution de l'oued, dont l'objectif est d'alerter et sensibiliser les collectivités, pour remédier à cette pollution.

Notre étude porte sur les changements de la qualité de l'oued Tizehgrane et son impact sur l'oued Za, en réalisant un suivi spatio-temporel des paramètres physico-chimiques des eaux échantillonnées, afin de préciser la situation actuelle de cette pollution.

2. Matériels et méthodes :

2.1 Zone d'étude et stations d'échantillonnage :

L'oued Za, situé au Maroc Oriental, est un affluent permanent de la rive droite de la Moulouya (Figure 1). Son bassin versant a une superficie de 18000 km², prend sa source dans les Hauts Plateaux orientaux, Il draine la partie méridionale et occidentale de la chaîne des Horsts, formée de dolomies et de calcaires plus au moins marneux.

Sa direction générale est Sud-est nord-ouest. Il rejoint la Moulouya à Melga El Ouidane, à l'aval de la ville de Taourirt. Il traverse d'amont en aval l'étage bioclimatique méditerranéen aride dans les Hauts-Plateaux, semi-aride dans la chaîne des

Horsts et aride dans la région de Taourirt [17]. Selon les statistiques des années (2010, 2011), communiquées par l'agence du bassin hydraulique de la Moulouya, le débit moyen annuel est de l'ordre de $1,42\text{m}^3/\text{s}$. Le régime de cet Oued est caractérisé par des hautes eaux en Avril $7,46\text{m}^3/\text{s}$ et en Octobre $7,12\text{m}^3/\text{s}$, et des basses eaux en été $1,8\text{m}^3/\text{s}$ en Juillet [18]. L'étiage d'été est accentué par les dérivations anarchiques des eaux pour l'irrigation.

Oued Tizeghrane, est un affluent de la rive gauche de l'oued Za. Sa longueur est estimée à 10km, d'une orientation SSE-NNW. Il draine des formations quaternaires récentes formées d'éboulis et de cônes et du matériel non encrouté, reposant sur le quaternaire moyen. Dans sa partie Sud West, il draine des conglomérats et argiles plio-villafranchiens reposées sur des marnes, des calcaires et dolomies Jurassiques [19]. Oued Tizeghrane, reçoit les rejets domestiques conduits par Oued Et-tyour, et les rejets industriels menés par le biais d'Oued Kariyane. Parmi ces rejets, les eaux de lavage des olives déamérisées fortement basique et riche en sel, les eaux de blanchiment, les eaux de saumures issues de l'étape de dénoyautage des olives chargées en sel, les margines issues des huileries et les rejets de la laiterie.

Compte tenu de l'objectif général de l'étude, le choix des stations de prélèvements a été effectué en fonction de l'implantation des activités humaines et industrielles. Quatre stations ont été retenues (la figure 1), trois sur le cours inférieur de l'oued Za, et une sur son affluent oued Tizeghrane.

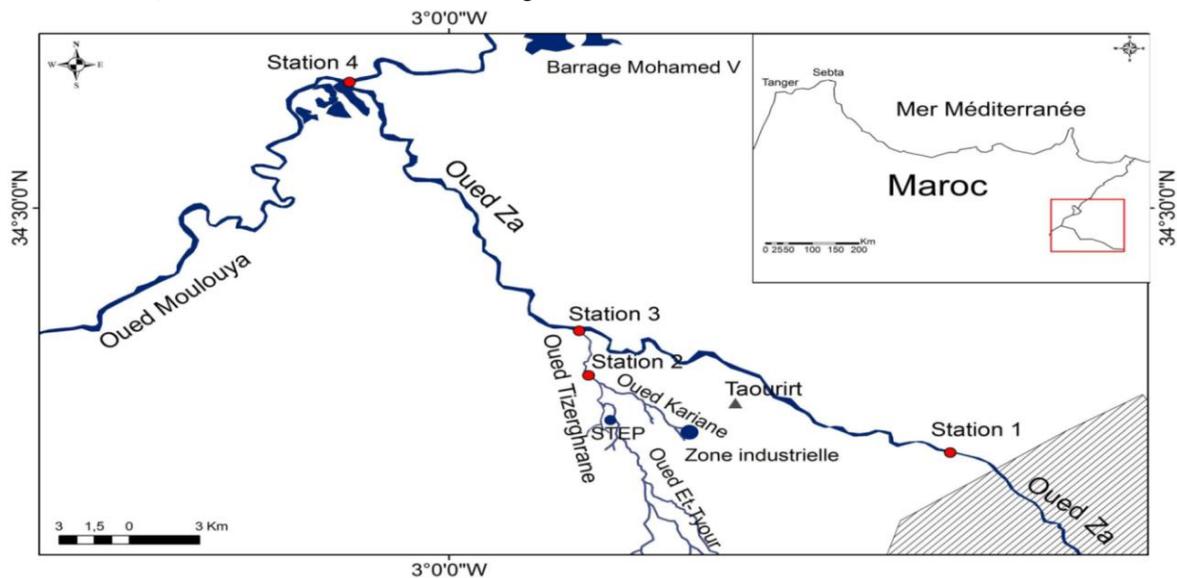


Figure 1: Carte de situation de la zone d'étude et de localisation des stations de prélèvement.

- **Station 1 :** Le choix de cette station est primordial, du fait qu'elle est considérée comme station de référence (témoin). Elle se situe au niveau du pont Taourirt, en aval du barrage oued Za et en amont des agglomérations et des rejets de la ville. La profondeur maximale de 30 cm et la largeur de 8 m. Le substrat est hétérogène, constitué de galets, de graviers, de sable et limons. La vallée des deux rives de l'oued est très élargie. Le cours d'eau est très clair avec un débit moyen.
- **Station 2 :** se situe au niveau d'oued Tizeghrane, elle est choisie afin d'estimer l'impact des apports des rejets mixtes (industriels et domestiques) sur oued Za. Sa distance par rapport à la zone industrielle est de 5 km, et de la STEP est de 3 km. Le cours d'eau est très sombre, trouble, avec une mauvaise odeur, et la présence d'écumes. Le débit est moyen, la végétation est différente avec des algues filamenteuses au milieu et une importante végétation aux rives.
- **Station 3 :** se situe au voisinage de la confluence de l'oued Tizeghrane avec l'oued Za, en aval de la ville de Taourirt, cette station est proche de la station 2 de 3 km, alors qu'elle s'éloigne de la station 1 de 18km. Le débit est important, dans cette station, on note le mélange des eaux claires d'oued Za avec les eaux très sombres et mauvaises d'oued Tizeghrane.
- **Station 4 :** se situe à l'aval de la confluence de l'oued Za avec l'oued Moulouya, au niveau de Melga el Ouidane. Elle se trouve à 19km de la station 3. Elle a été étudiée dans l'objectif d'estimer l'impact des apports de l'oued Za sur l'oued Moulouya. Le débit de l'oued est très important par rapport aux stations précédentes.

2.2 Méthodes d'analyses physico-chimiques:

La période d'échantillonnage s'étalait entre (Juillet 2010 et Avril 2011). Les prélèvements ont été effectués en période d'étiage (Juillet), en période hivernale (Décembre et Février) et en printemps (Avril).

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons de polyéthylène. Le transport au laboratoire des flacons de prélèvement a été effectué dans une glacière à basse température ($+4^{\circ}\text{C}$). Pour chaque prélèvement un répliquât de trois échantillons a été effectué afin d'avoir les résultats en moyenne pour chaque paramètre. L'étude physico-chimique des eaux a porté sur la détermination de treize paramètres : la température ($^{\circ}\text{C}$), pH, la conductivité (CE), et l'oxygène dissous, ont été mesurés sur terrain, tandis que les paramètres azotés (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ Azote kjeldahl (NTK)), phosphorés (PO_4 , Pt) et de pollution (DBO₅, DCO et MES) ont été analysés au laboratoire selon les techniques et méthodes citées par Rodier [20], et suivant les normes d'Afnor [21].

2.3 Méthode d'analyse statistique :

Les résultats ont été soumis à une analyse de variance univariée (Anova) à deux facteurs, le premier facteur correspond à la station alors que le deuxième correspond à la période, à fin de comparer l'effet de la station et de la période sur les paramètres physico-chimiques. L'analyse de la variance à deux facteurs avec répétition (chaque donnée constitue la moyenne de trois mesures).

3. Resultats et discussions

L'analyse statistique a montré qu'il y a un effet très hautement significatif $p < 0,001$ de la station et la période sur ces paramètres et l'interaction des deux facteurs s'est avérée très hautement significative ($p < 0,001$) (Tableau 1).

Tableau 1: Analyse de la variance (carrés moyens et niveau de signification) des paramètres physico-chimiques

Paramètres	Sources de variation		
	Station (S)	Période (P)	S x P
CE	32768529 ***	8017781,9 ***	2481759,2 ***
DBO ₅	1223384,4 ***	43662,799 ***	24478,039 ***
DCO	6473618,7 ***	146302,910 ***	100568,688 ***
MES	18114903 ***	1030986,8 ***	663552,760 ***
NH ₄ ⁺	68,144 ***	9,320 ***	3,902 ***
NO ₂ ⁻	38,204 ***	5,463 ***	3,254 ***
NO ₃ ⁻	431,806 ***	63,390 ***	22,938 ***
NTK	159,629 ***	34,428 ***	10,897 ***
O ₂	130,085 ***	,368 ***	1,005 ***
pH	,821 ***	,358 ***	,494 ***
PO ₄	32,798 ***	,477 ***	,384 ***
Pt	530,106 ***	18,271 ***	8,640 ***
T (°C)	52,309 ***	714,237 ***	8,294 ***

*** : effet significatif au seuil 0,1%.

L'étude évolutive des teneurs moyennes des principaux paramètres physico-chimiques et indicateurs de pollution a montré les résultats représentés dans le tableau 2, et les figures de 2 à 14.

Tableau 2 : Variation saisonnière des paramètres physico-chimiques au niveau des eaux de l'oued Za (S1, S3, S4) et (S2) sur Oued Tizeghrane.

Station / Saison	Débit	pH	O2	CE	T eau	NH4	PO4	NO3	NO2	NTK	PT	DBO5	DCO	MES	
	m ³ /s		mg/l	µs/s	C°	mg/l	mg/l								
S1	juil.-2010	0,09	8,65	6,93	1390	25	0,01	0,01	3,165	0,02	0,316	0,04	1	12	28,5
	déc.-2010	2,36	7,93	8,46	1560,33	13,5	0,109	0,04	4,139	0,03	0,653	0,43	1	11	215
	févr.-2011	1,4	7,2	8,13	1490	13,16	0,06	0,028	2,656	0,015	0,518	0,826	1	11	98
	av.-2011	1,43	7,73	7,5	1568	22,5	0,026	0,017	3,759	0,017	0,331	0,162	2	18,66	49
S2	juil.-2010	0,164	8,26	0,8	5801	35	2,548	3,35	13,24	2,177	3,259	9,124	474	1086,66	1320
	déc.-2010	1,97	8,9	0,1	6880	14,5	7,852	4,62	25,8	6,16	11,32	17,27	881,66	1740	3530
	févr.-2011	0,98	8,38	0,16	4100	16,86	5,32	3,475	11,57	5,26	9,133	15,86	613,33	1676,66	2523
	av.-2011	0,92	8,16	0,2	4900	26,43	4,356	2,89	17,66	1,75	6,12	15,15	760	1821,66	3275
S3	juil.-2010	0,27	8,1	4,2	3300	32,8	1,83	1,19	5,614	0,61	3,118	8,225	213,3	438,33	304,3
	déc.-2010	2,76	8,2	3,3	6600	15,5	4,11	1,24	8,16	1,013	10,12	10,53	280	634	578
	févr.-2011	2,13	8,17	3,9	4200	16,5	3,95	1,181	5,139	1,147	8,563	10,06	120	268,33	366,33
	av.-2011	2,1	8,056	4,01	2313,33	26,06	1,259	1,186	6,75	0,13	5,56	8,165	320	686,66	325
S4	juil.-2010	4,77	7,78	5,7	3320	29,9	0,099	0,08	5,682	0,222	1,125	1,562	15,33	47,33	128
	déc.-2010	41	7,92	7,13	3720	15,93	0,133	0,18	7,617	0,35	1,536	1,99	8	18	212
	févr.-2011	24,8	7,92	6,73	3175	15,2	0,158	0,157	5,973	0,186	0,665	2,123	1	17	146
	av.-2011	10,9	8,23	6,46	2370	25,03	0,12	0,136	6,568	0,095	1,86	0,955	10,33	55	165

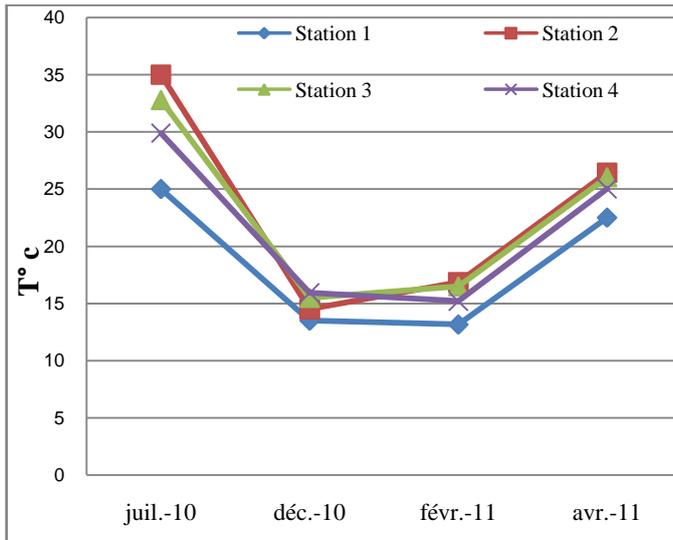


Figure 2 : variation spatio-temporelle de la température

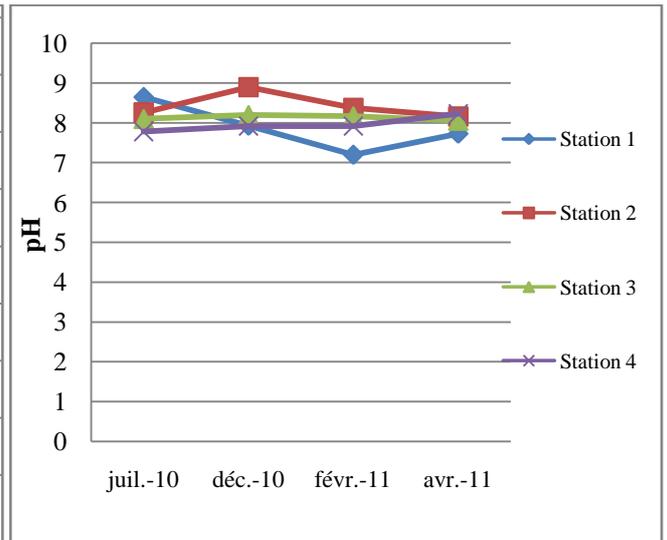


Figure 3 : variation spatio-temporelle du pH

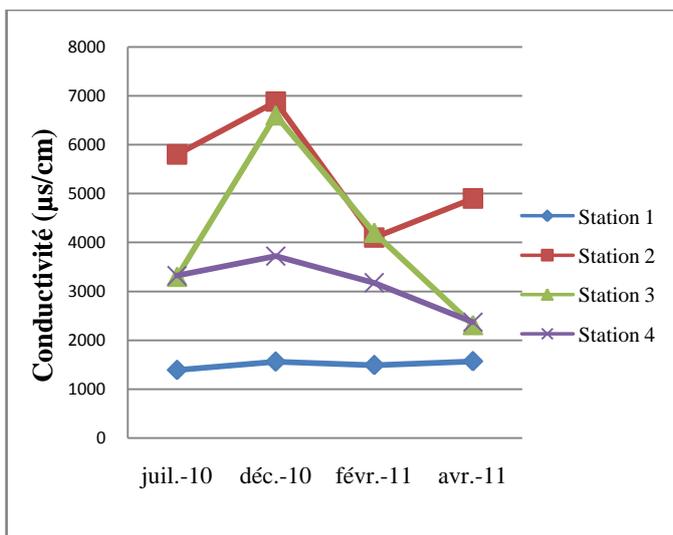


Figure 4 : variation spatio-temporelle de la conductivité

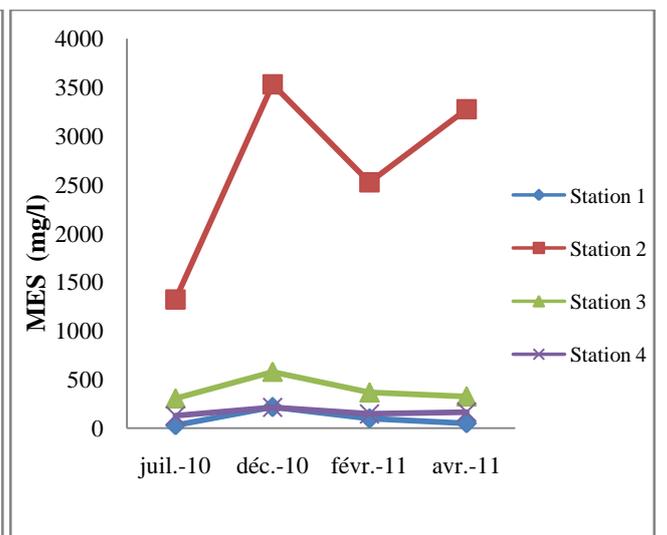


Figure 5 : variation spatio-temporelle des MES

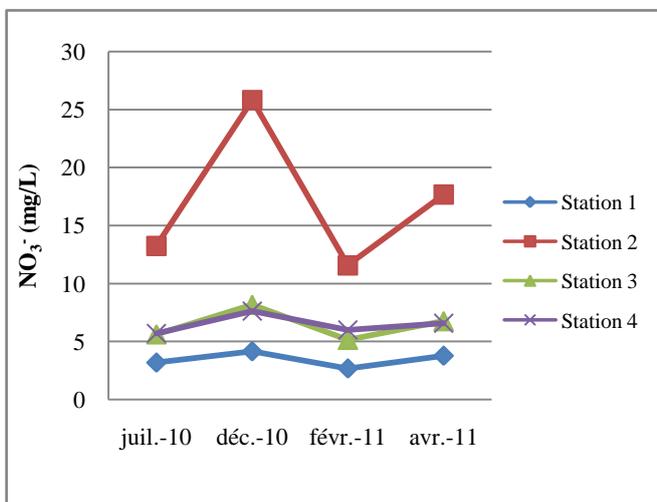


Figure 6 : Variation spatio-temporelle des nitrates

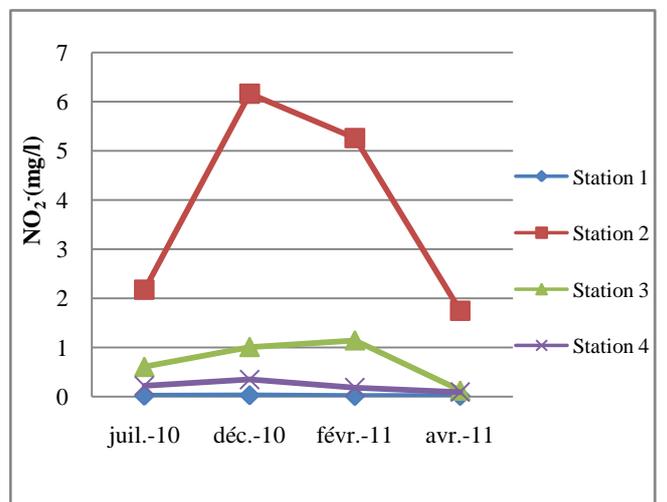


Figure 7 : variation spatio-temporelle des nitrites

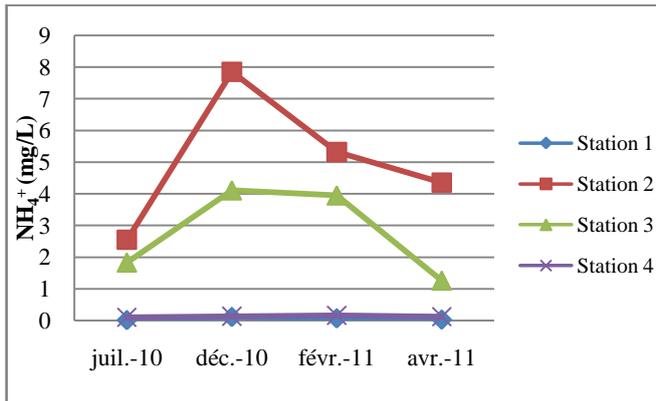


Figure 8 : variation spatio-temporelle de l'azote ammoniacal

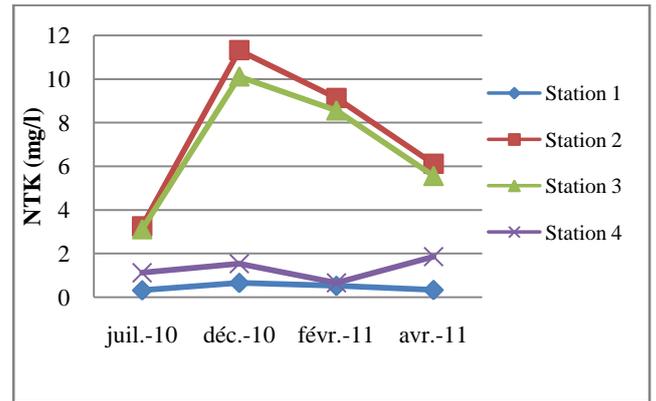


Figure 9 : variation spatio-temporelle de l'azote Kjeldahl

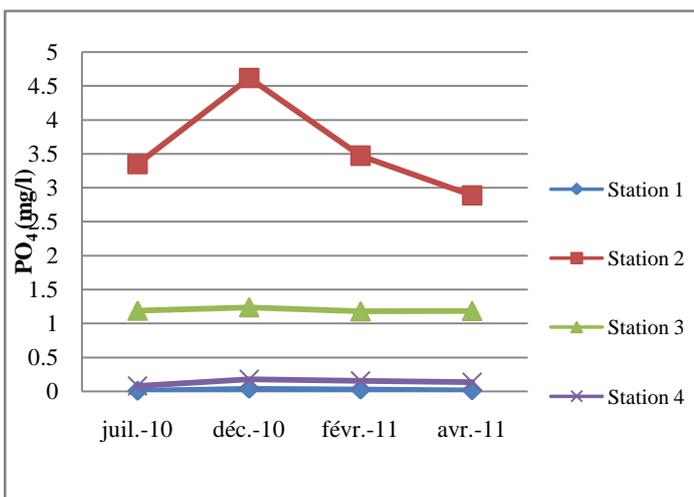


Figure 10 : variation spatio-temporelle des orthophosphates

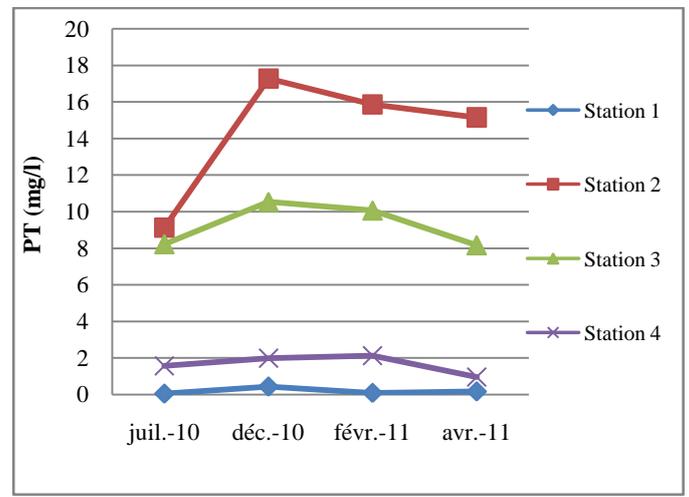


Figure 11 : variation spatio-temporelle du phosphore total

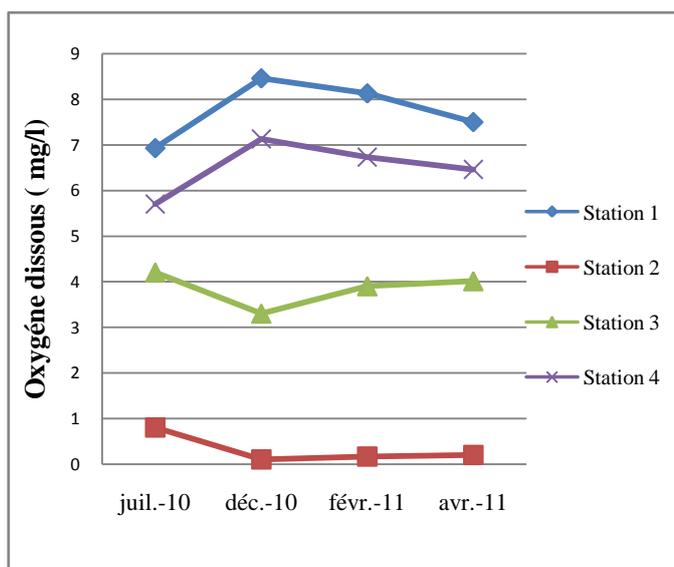


Figure 12 : variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous

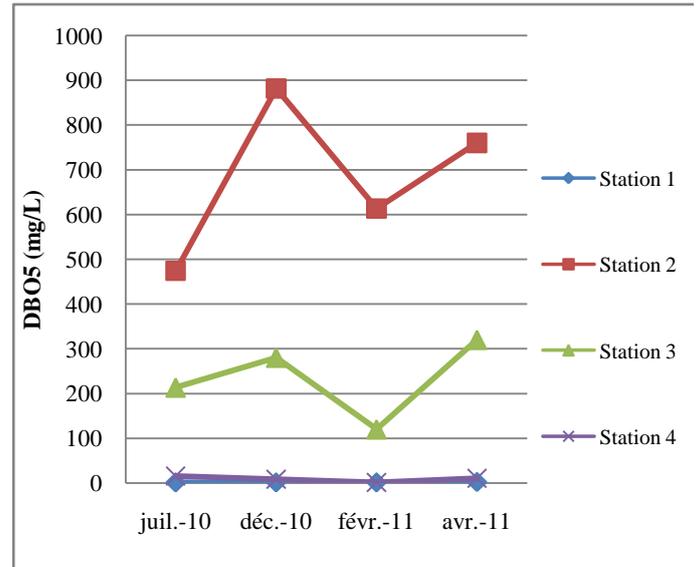


Figure 13 : variation spatio-temporelle de la DBO₅

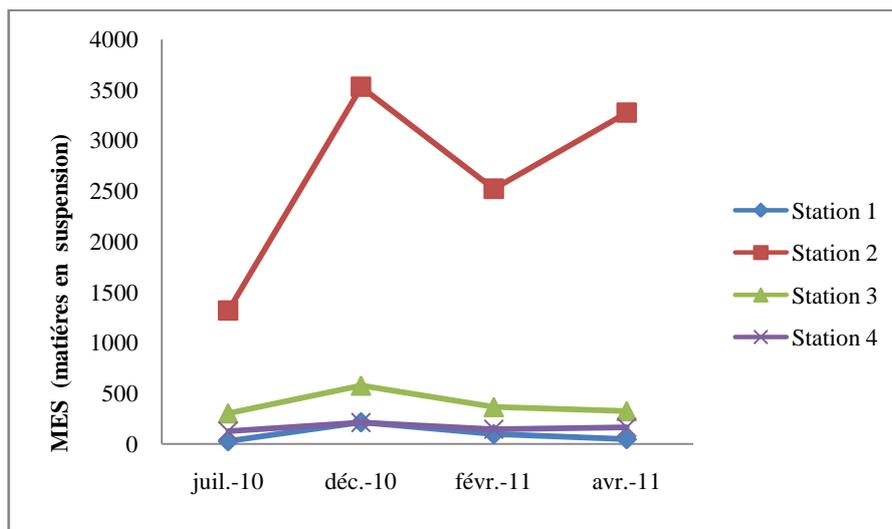


Figure 14 : variation spatio-temporelle de la DCO

3.1 Température

Les eaux des stations d'étude de l'Oued Za, montre une certaine stabilité spatiale. Les minimums ont été observés en hiver 13,16°C à S1 et les maximums en été 32,8°C à S3 (figure 2). En se référant à ces résultats, nous pouvons dire que le profil des variations saisonnières des températures de l'eau suit celui des températures atmosphériques en rapport avec le climat de la région. La température de l'eau reste liée aux conditions locales (climat, durée d'ensoleillement, débit) [26]. Cette variabilité saisonnière de la température est liée exclusivement à la notion temps et non pas aux stations d'échantillonnage [27; 28]. Alors que la température des eaux de l'Oued Tizehgrane S2, varie entre 14,5 °C en hiver et 35 °C en été, ce qui nous permet de classer ces eaux parmi les eaux de mauvaise qualité [22], pour la vie des peuplements aquatiques.

3.2 pH

Les valeurs moyennes du pH des eaux de l'Oued Za varient de 7,87 en S1 à 8,13 en S3, et dévoilent un léger gradient croissant de l'amont vers l'aval (figure 3). Ces résultats classent les eaux d'Oued Za de qualité bonne à excellente [22].

Les valeurs saisonnières des eaux de l'Oued Za, comme pour certain Oued au Maroc ne présentent pas des fluctuations très importantes, Oued Tizguit au moyen atlas [23], et Oued ouisslane dans la région de Meknès [24]. Les teneurs du pH trouvées dans les différentes stations étudiées au cours de notre cycle saisonnier ne présentent pas de danger pour la faune et la flore. Les gammes de pH qui sont directement mortelles pour les poissons, sont celles inférieures à 5 et celles supérieures à 9 [25].

Alors que les eaux résiduaires de l'Oued Tizehgrane S2 sont caractérisées par un pH alcalin, entre 8,26 en été et 8,9 en hiver. Ceci pourrait être expliqué par les margines rejetés par les unités industrielles. Aussi à une neutralisation par les industries de leurs rejets avant leur déversement.

3.3 Conductivité

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre son évolution [20]. Nous notons pour la conductivité électrique des eaux de l'Oued Za, une large variation spatiale de point de vue composition chimique de ces eaux. Elle varie entre un minimum de 1390 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C en S1 et un maximum de 6600 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C en S3 (figure 4). Ces valeurs classent respectivement ces eaux de moyenne à très mauvaise qualité [22]. Nos résultats sont similaires avec ceux obtenus dans les travaux antérieurs, qui montrent que l'augmentation de la conductivité de l'amont vers l'aval peut s'expliquer en grande partie par la composition minérale des eaux usées domestiques de la ville de Taourirt [14], à laquelle s'ajoute la nature géologique des terrains traversés [12;13].

Au niveau d'Oued Tizehgrane S2, la minéralisation est critique avec une valeur 6880 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C en hiver. Celle ci pourrait être expliquée par la forte activité industrielle des unités de trituration d'olives et de conserveries. Ces résultats ont été confirmés par l'étude réalisée dans cette zone par l'ONEP [11]. Les résultats de cette étude ont montré que les volumes des eaux de désamérisation, de dénoyautage des olives, et celui des

margines fortement chargés en sel et matières organique sont à l'origine de fortes teneurs de conductivité et de matières organiques.

L'augmentation de la minéralisation en été à 5801 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C serait favorisée par la diminution du débit de l'eau en faveur de la prédominance des rejets fortement minéralisés. À l'accélération du processus bactérien de la minéralisation de la matière organique [28]. Elle serait aussi probablement liée à une forte évaporation [29]. Les travaux de Dussart [30], ont montré que les températures élevées agissent sur la conductivité électrique par action sur la mobilité des sels. Ceci confirme nos résultats, puisque la température des eaux d'Oued Tizeghrane atteint les 35 °C en été, et contribuait à une augmentation de la conductivité de ses eaux.

Les résultats obtenus nous permettent de conclure que les eaux des Oueds Za et Tizeghrane sont fortement minéralisées. Cette minéralisation dépasse largement celle montrée dans certains Oueds au Maroc comme, l'Oued khoumane [31], l'Oued Tizguit [23], l'Oued Boufekrane [32] et Ouislane [33].

3.4 MES :

Les valeurs des matières en suspension en période de crue (hiver), sont élevées par rapport à celles de la période d'étiage (figure 5). Elles correspondent à 97,6mg/l en S1, 162,75mg/l en S4 et 393,4 mg/l en S3, déterminant ainsi une bonne à moyenne qualité [22]. Ces teneurs élevées peuvent être considérées comme une forme de pollution. Elles seraient liées d'une part aux apports issus des principaux collecteurs de la ville de Taourirt à S3, et d'autre part à une intense érosion du bassin versant, suite à des pluies orageuses brutales à S4. Une telle élévation peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aurait pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide [36].

Les travaux de Fontvieille [52], ont montré que son estimation n'est pas nécessairement corrélée avec celle du débit, mais dépend plutôt de la nature des épisodes hydrologiques qui ont précédé le prélèvement. Nos résultats sont similaires avec des valeurs enregistrées dans certains Oueds comme, Oued Moulouya au Maroc [10], oued Mellah en Algérie [48], et le fleuve du Sénégal [53;54]. Mais demeurent supérieurs aux résultats trouvés sur l'estuaire du bas Loukkos au Maroc [35].

Selon la Norme Marocaine relative à la qualité des eaux superficielles [22], et selon la teneur enregistrée au niveau de l'Oued Tizeghrane S2 de 2662 mg/l, ces eaux sont classées de très mauvaise qualité. Ceci pourrait être attribué à des rejets d'eaux résiduelles urbaines et industrielles, transportées respectivement par, les Oueds Et-Tyour et Kariyane, à partir de la ville de Taourirt. Leurs effets sur les caractéristiques physicochimiques de l'eau sont très néfastes : modification de la turbidité des eaux, réduction de la transparence de la lumière et donc de la photosynthèse.

3.5 Nitrates :

L'analyse des concentrations des nitrates dans les eaux de l'Oued Za montre que les quantités les plus élevées sont enregistrées au niveau de S3 et S4 pendant l'hiver, avec des valeurs respectivement de 8,16mg/l et 7,61mg/l (figure 6). Ils s'avèrent liés aux périodes des crues suite à l'augmentation du lessivage. Alors qu'en été et au printemps, les valeurs sont plus faibles, du fait de la diminution de l'introduction diffuse [45;46]. La S1 présente des valeurs faibles avec une moyenne de 3,42mg/l. Selon Nisbet [37], dans les eaux naturelles non polluées, le taux des nitrates est très variable selon la saison et l'origine des eaux et une concentration de 2 ou 3 mg/l est tout à fait normale. De ce fait, les eaux d'Oued Za sont classées d'excellente qualité de point de vue concentration en nitrate [22].

Pour les eaux d'Oued Tizeghrane S2, nous notons une élévation très importante des concentrations des nitrates de l'ordre de 25,96 mg/l avec une qualité moyenne [22]. Le lessivage des sols par les eaux de ruissellement et l'entraînement des déchets d'origines végétales et animales, très riches en composés organiques azotés, seraient sans doute responsables de l'élévation des concentrations des nitrates. Cela a été confirmé par d'autres auteurs qui ont prouvé que les NO_3^- peuvent atteindre des valeurs plus élevées 24 mg/l au niveau du bas Oued Sebou, suggérant la présence de la matière organique [47].

3.6 Nitrites :

L'évolution des nitrites au niveau des eaux de l'oued Za montre des teneurs légèrement faibles (figure 7). La station amont de l'oued présente une moyenne de 0,02 mg/l. Selon Nisbet [37], l'absence de nitrite ne signifie pas obligatoirement que les eaux soient exemptes de pollution, mais elle doit s'accompagner d'une teneur normale en nitrate et d'absence totale d'ions ammonium (NH_4^+), ceci confirme les résultats obtenus dans cette présente étude 3,42 mg/l de NO_3^- et de 0.1 mg/l de NH_4^+ .

Les stations aval S3 et S4 représentent respectivement 0,72mg/l et 0,21mg/l, ces valeurs sont similaires aux résultats trouvés sur l'oued Mellah en Algérie [48]. Mais, restent très faibles par rapport aux résultats obtenus sur l'Oued ouisslane à Meknès, et qui montrent que généralement la cinétique des éléments azotés suit un gradient croissant de l'amont vers l'aval de l'oued [24].

Les concentrations des nitrites des eaux d'Oued Tizeghrane S2 sont alarmantes. Leur moyenne est de 3,83 mg/l dans un milieu pauvre en oxygène dissous. Les nitrites ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydant et leur présence avec des valeurs supérieures à 1 mg/l indique un état critique de pollution organique [37].

3.7 Azote ammoniacal :

Il existe en faible proportion, inférieure à 0,1mg/l dans les eaux naturelles. Il constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains.

Au niveau de S1 (figure8), les valeurs enregistrées sont très faibles et ne dépassent pas 0,1 mg/l de l'azote ammoniacal. Ce qui indique une eau exempte de pollution et d'excellente qualité [22]. Dans la S3, où l'intervalle des valeurs est compris entre 1,25mg/l à 4,11mg/l, ces eaux entrent dans la catégorie de mauvaise qualité [22]. Selon Nisbet [37], la présence d'azote ammoniacal étant tout à fait anormale pour une valeur supérieure à 1mg/l, indiquant une pollution critique, et qu'en aval immédiat des foyers de pollution on relève fréquemment, en pleine eau, des teneurs de 0,5 à 3 mg/l d'ion ammonium, alors que les teneurs en nitrites et en nitrates sont relativement élevées. Ces résultats sont en accord avec notre présente étude, en aval dans la S4, les teneurs d'azote ammoniacal subissent une diminution de **95.6%** (sa valeur moyenne de 0,12mg/l) par rapport à la S3 avec une (valeur moyenne de 2.78 mg/l). Alors que celles des nitrates augmentent légèrement avec **0.78%**, cette évolution est liée au Processus auto-épuration [36 ; 37]. En général, l'ammoniaque se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation [20].

Au niveau de l'Oued Tizeghrane S2, les teneurs en azote ammoniacal sont élevées 7,85mg/l en hiver, et classent ces eaux en eau de très mauvaise qualité [22]. Cette élévation pourrait avoir comme origine domestique et industrielle[37], du fait que l'Oued Tizeghrane reçoit les effluents industriels et domestiques de la ville de Taourirt.

3.8 Azote Kjeldahl :

Considéré comme indicateur majeur de pollution organique, l'azote Kjeldahl ne présente pas la totalité de l'azote mais seulement l'ensemble de ses formes réduites organiques et ammoniacales [20]. L'azote kjeldahl est présent dans les eaux de l'Oued Za à des concentrations spatiales variables (figure 9). Relativement assez faibles dans la station amont S1, avec une moyenne de 0,45 mg/l ne dépassant pas 1mg/l, de ce fait elle attribue à ces eaux une excellente qualité [22]. Par contre au niveau de S3, les valeurs enregistrées divulguent une moyenne de 6,84 mg/l, et les classent parmi les eaux de très mauvaises qualités [22]. L'origine de cette augmentation serait liée au lessivage des sols enrichis en engrais azotés, et aux rejets urbains et industriels. L'azote d'origine industrielle provient non seulement d'industries chimiques mais aussi d'installations agroalimentaires [20], qui sont conduits par l'effluent Oued Tizeghrane. Nos résultats sont beaucoup plus supérieurs à ceux perçues au niveau de l'Oued Moulouya [44]. Au niveau de l'Oued Tizeghrane S2, nous notons des valeurs élevées d'une moyenne de 7,45 mg/l, ce qui indique une eau fortement polluée et de très mauvaise qualité [22], cette contamination pourrait avoir comme origine des rejets industriels.

3.9 Ortho-phosphates :

Les concentrations moyennes en ortho-phosphates montrent une variation spatiale remarquable des eaux d'Oued Za. Au niveau des stations S1 et S4, ces valeurs ne dépassent pas successivement 0,02 mg/l et 0,13mg/l, suite à l'absence de toute agglomération (figure 10). A partir de ces résultats, nous classons ces eaux d'excellente qualité [22] par comparaison avec la S3 qui présente des valeurs dépassant 1,19mg/l déterminant ainsi des eaux de mauvaise qualité [22]. L'augmentation de ces teneurs en aval, pourrait s'expliquer par l'impact des rejets domestiques de la ville de Taourirt chargés en orthophosphates.

Les travaux de Nisbet [37], ont montré que la présence des phosphates dans les eaux naturelles à des concentrations supérieures à 0,1 ou 0,2mg/l est un indice d'une pollution par des eaux de vanes, contenant des phosphates organiques et des détergents synthétiques ainsi que par l'usage abusif d'engrais phosphatés.

L'enrichissement en orthophosphates de l'Oued Tizeghrane S2, avec sa moyenne qui est de 3,58mg/l, et une valeur très élevée en hiver de 4,62mg/l, classe ces eaux de mauvaise qualité [22]. L'élévation de ces teneurs en hiver pourrait être liée à l'accentuation du lessivage des sols en particulier après de fortes pluies ou des périodes

de crue [37;38], ainsi que par l'effet des rejets d'eau usée [28 ; 39; 40 et 41]. Ces concentrations restent très faibles par rapport aux valeurs enregistrées dans quelques Oueds au Maroc comme, l'Oued Khoumane [31], l'Oued Bouishak [42] et l'Oued ouisslane [9], ainsi qu'en Tunisie dans les Oueds de Béja, de Kasseb, de l'Oued Mliz, Morneg et Radès Méliane [43], Oueds Merazig et Guenniche [34].

3.10 Phosphore total :

Les résultats du phosphore total montrent qu'ils ont la même évolution que les ortho-phosphates. Ces valeurs moyennes sont de 0,36 mg/l dans S1, 9,24 mg/l dans S3 et 1,65 mg/l dans S4 (figure 11), démontrant ainsi une dégradation des eaux de l'Oued Za qui sont de moyenne qualité S1 à très mauvaise qualité S3 [22]. Ces résultats confirment l'impact de la pollution organique et minérale exercée par le conduit oued Tizeghrane sur les eaux d'Oued Za. La S2 présente des valeurs très élevées de 14,35mg/l, classant ces eaux de très mauvaise qualité [22]. Cette contamination serait la cause des rejets industrielles (industries agroalimentaires) et domestiques, aussi par lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par certains pesticides [20]. Même si les eaux usées sont traitées avant leur rejet dans le cours d'eau, le processus de traitement n'élimine pas complètement le phosphore [36].

Les teneurs notées en phosphore total dans notre zone d'étude sont très élevées par rapport aux teneurs enregistrés au niveau de l'Oued Moulouya [44].

3.11 Oxygène dissous :

C'est un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. Sa présence dans les eaux de surface joue un rôle prépondérant dans l'autoépuration et le maintien de la vie aquatique. L'évolution des valeurs moyennes de l'oxygène dissous des eaux de l'Oued Za traduit une nette dégradation de sa qualité en aval, à proximité de sa confluence avec Oued Tizeghrane S3, et passe de 7,75 mg/l en S1 à 3,85 mg/l en S3, puis à 6,50 mg/l en S4 (Figure 12). Ces teneurs en oxygène dissous restent très faibles aux valeurs trouvées antérieurement au niveau du même cours d'eau [14]. Elles sont similaires à d'autres résultats trouvés au Maroc, confirmant la nette dégradation des eaux, de l'Oued Boufekrane [32], Oued Khoumane [31], et ceux trouvés par Hammami [34] dans les Oueds Guenniche et Hathat (en Tunisie) chargées en matière organiques.

Dans les eaux d'Oued Tizeghrane S2, nous notons des concentrations inférieures à 1 mg/l dans toutes les saisons (Tableau 2), ce qui classe ces eaux parmi ceux de très mauvaise qualité [22]. Les apports excessifs en matières organiques fermentescibles rejetées par les égouts de la ville de Taourirt, susceptibles d'être oxydés et se traduisent par une consommation accrue de l'oxygène. Sachant que la décomposition de la matière organique par les bactéries peut engendrer des conditions potentiellement dommageables pour la faune aquatique [36]. Ainsi que des phases d'asphyxie du milieu surtout lorsque la dilution est insuffisante, et un développement du phénomène d'eutrophisation.

L'évolution spatio-temporelle de la teneur de l'oxygène dissous au niveau de l'Oued Za, montre que la charge en matière organique biodégradable d'origine domestique, industrielle et agricole, est rejetée et accumulée. Elle contribuait à une chute sensible de l'oxygénation du milieu, surtout dans S3 de notre zone d'étude. Les eaux de l'Oued Za peuvent être classées dans la catégorie des eaux d'excellente qualité dans S1, moyenne dans S3, et bonne dans S4 [22]. Cette réoxygénation du milieu au niveau de Melga El Ouidane, pourrait être liée à un phénomène d'autoépuration qui pourrait être du au fort débit noté en hiver, et à la distance très éloignée de S2 (qui est de 22 km) éloigné de toute source de pollution. Alors que l'évolution saisonnière de l'oxygène dissous, nous montre des concentrations plus élevées dans la saison estivale que celles dans la saison hivernale. Des résultats similaires ont été rapportés par El Morhit [35], au niveau de l'estuaire du Bas Loukkos. Ces résultats sont en contradiction avec ceux obtenus dans d'autres travaux par Hébert [36], qui montrent qu'une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissous qu'une eau chaude.

3.12 DBO₅ :

Une augmentation de la DBO₅ des eaux de l'Oued Za a été enregistrée, de l'amont vers l'aval (figure13), notamment en période de forte activité industrielle. Les valeurs moyennes de DBO₅ varient entre 1,25 mg/l à S1 et 233,32 mg/l à S3. La S1 nous renseigne sur une eau non polluée [37], et d'excellente qualité [22]. Alors que la S3, en aval de la confluence d'Oued Tizeghrane avec l'oued Za, présentait une moyenne élevée de 280 mg/l en hiver, et classant ses eaux de très mauvaise qualité [22]. Cette augmentation de DBO₅, pourrait être attribuée à une contamination des eaux d'Oued Za par celles d'Oued Tizeghrane. Sachant que la S2, présentait aussi des

valeurs très élevées 682,24 mg/l en hiver. Ce degré croissant de pollution, a été accéléré par les eaux usées brutes riches en matières organiques, et en substances nutritives provenant des agglomérations urbaines, et activités industrielles de la ville de Taourirt. Les travaux de Foutlane [51], sur l'Oued Sebou, pendant la même période de notre étude (décembre 2010 et février 2011), ont confirmé l'augmentation de ce paramètre par les rejets importants et inquiétant des margines. En été, la diminution importante du débit de l'Oued, associée à la prédominance des eaux usées et le réchauffement des eaux, pourraient être aussi à l'origine des teneurs élevées enregistrées. Cette activité consommatrice d'oxygène permet l'autoépuration des eaux [25].

A la limite, à Melga El Ouidane S4, qui est loin de toute perturbation, avec un débit très fort, enregistré des valeurs moyennes de 8,66 mg/l. Selon Nisbet [37], la présence d'une DBO₅ sensible est une preuve que la rivière peut encore se défendre et assurer une autoépuration active.

3.13 DCO :

Généralement, l'évolution de la DCO suit la même allure que la DBO₅ (figure14), les teneurs moyennes en DCO enregistrées au niveau des eaux étudiées sont comprises entre 13,16 mg/l à S1, 34,33 mg/l à S4, et peuvent atteindre des valeurs très élevées 506,83 mg/l et 1581,24 mg/l, respectivement en S3 et S2. En conséquence, les eaux de l'Oued Za peuvent être classées d'excellente à bonne qualité respectivement dans S1 et S4, de très mauvaise qualité dans S3, de même en S2 pour les eaux de l'Oued Tizeghrane [22].

Conclusion

Le présent travail s'insère dans le cadre de l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Za, qui reçoivent les rejets de son affluent Oued Tizeghrane sans aucun traitement préalable.

Le suivi spatio-temporel de plusieurs traceurs physico-chimiques, nous a fourni l'image d'une pollution relativement intense qui se traduit par une importante charge minérale et organique à l'aval des rejets. Les résultats de l'analyse des eaux permettent de conclure que la qualité de ces eaux est moyenne au niveau de l'Oued Za et très mauvaise au niveau de l'Oued Tizeghrane. La pollution des eaux est très importante, elle atteint des seuils dépassant les normes des rejets admises. Ces eaux peuvent, sous certaines conditions climatiques, constituer des risques de transfert de pollution. Il en découle une nécessité d'intervention urgente pour réhabiliter le site.

References:

1. Mc Kinney M.L., *Bioscience*, 52(2002) 883-890.
2. Mulliss R.M., Revitt D.M., Shutes R.B.E., *Water Science Technol*, 36(1997) 195-199.
3. Alibou J., Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau et les zones humides du Maroc. *Cershe (Centre D'Etude et de Recherche sur les Systèmes Hydrauliques et Environnementaux). Ecole hassania des travaux publics (EHTP) (2002) 1-39.*
4. Bouaicha R., Benabdelfadel A., *Sécheresse*, 21 (2010) 1-5.
5. Chahlaoui A., Cugny P., Lek S., Zaid A., Ramdani M., *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle*, 133(1997) 71-76.
6. COP.7., Communication Initiale du Royaume du Maroc à la Communauté Internationale, Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Marrakech, septembre (2001) 22.
7. CSEC., Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat. Gestion de l'économie de l'eau. 9ème session, Agadir 21-22 Juin, (2001) 53.
8. Bricha S., Ounine K., Oulkheir S., El Haloui N., Attrassi B., *Afrique Science*, 03(3) (2007)391- 404.
9. El Addouli J., Chahlaoui A., Berrahou A., Chafi A., Ennabili A., *Revue de l'Association Forum du Nord du Maroc*. N° double (4-5) (2009a) 46-58.
10. Makhoukh M., Sbaa M., Berrahou A., Clooster Van M., *Larhyss Journal*, 09(2011) 149-169.
11. Anonyme., Etude d'impact sur l'environnement du projet de dépollution liquide de la zone industrielle de Taourirt. Direction de l'assainissement et de l'environnement , *Office National de l'eau potable*, Novec, 138-N402-12a (2012)97
12. Belouali A., Recherche hydrobiologique sur un cours d'eau du Maroc oriental (oued Za). *D.E.S.A.Univ Mohammed 1er. Faculté des sciences. Oujda (1999)150.*
13. Kadri I., Berrahou A., El Halouani H., Chafi A., *ScienceLib*, N °120709, 4(2012) .
14. Fagrouch A., Berrahou A., El Halouani H., *Journal of Water Science* n°2, 24 (2011) 87-101.
15. Fagrouch A., Berrahou A., El Halouani H., Chafi A., *Larhyss journal*, 11(2012) 63-77.
16. Berrahou A., Cellot B., Richoux P., *Ann. Limnol*, 37 (2001a) 223-235.
17. Berrahou A., Chavanon G., Bellouali A., Richoux P., *Soc. Linn*, 70 (2001b) 127-131.
18. Berrahou A., Recherches sur la distribution longitudinale des macro- invertébrés benthiques : cas du Rhône Français et des cours d'eau Marocains. Thèse d'Etat. Univ Mohamed 1er. Fac Sciences, Oujda Maroc, (1995)171

19. Carte géologique de Taourirt. Ministère de l'énergie et des mines, direction de la géologie. Notes et mémoires N° 364 (1995) échelle 1/100 000.
20. Rodier J., L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *Dunod*. 7^{em} édition, (1984).
21. Afnor., Qualité de l'eau. Recueil des Normes Françaises Environnement. (1997) 1372. Tomes 1, 2, 3 et 4.
22. Norme Marocaine de qualité des eaux. Arrêté conjoint du Ministre de l'équipement et du Ministre chargé de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n°1275-01 du 10 Chaabane 1423, (17-10-2002) définissant la grille de qualité des eaux de surface. *Rabat, Bulletin Officiel Maroc*, N°5062.
23. Touabay M., Aouad N., Mathieu J., *Ann Limnol* 38(1). (2002) 65-80.
24. El addouli J., Chahlaoui A., Berrahou A., Chafi A., Ennabili A., *Larhyss Journal*, 09(2011) 21-33.
25. Bremond R., Perrodon C., Paramètres de la qualité des eaux. 2^{ème} ed (1979) 259.
26. Mc Neely R.N., Neimanis V.P., Dwyer L., Référence sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux. Environnement., *Direction de la Qualité des Eaux*, Ottawa, Canada., (1980).
27. Chahlaoui A., Etude hydro biologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. *Thèse d'état*. Fac sci .Meknès. (1996) 234.
28. Silva A.M.M., Sacomani L.B., Technical Note. *Water Res*, 35(6) (2001) 1609-1616.
29. El Morhit M., Fekhaoui M., Serghini A., El Blidi S., El Abidi A., Bennaakam R., Yahyaoui A., Jbilou M., *Bulletin de l'Institut Scientifique*, 30(2008) 39-47.
30. Dussart G.B.J., Limnologie : l'étude des eaux courantes. Paris. *Herman*, (1966) 250.
31. Ben Moussa A., Chahlaoui A., Rour El.H., *J. Biol Chem. Sc*, 6(6) 20127096-7111.
32. Lamrani H., Chahlaoui A., El Addouli J., Ennabili A., *Science Lib*, N° 111112, 3 (2011).
33. Aboukacem A., Etude hydrobiologique comparative des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc), Impact sur l'environnement et la santé. *Thèse de Doctorat national*. Faculté Science. Meknès (2007) 159.
34. Hammami J., Brahim M., Gueddari M., *Bulletin de l'Institut national des sciences et Technologies de la mer Salammbô*, 32 (2005) 69-77.
35. El Morhit M., Hydrochimie ,éléments traces métalliques et incidences ecotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (bas loukkos). *Thèse de doctorat Toxicologie, Sciences de l'Environnement*. Rabat (2009) 260.
36. Hébert S., Légaré S., Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec (2000) 24. *Envirodoq no ENV-2001-0141* . Rapport n° QE-123 .
37. Nisbet M., Verneaux J., Composantes chimiques des eaux courantes. *Annales de limnologie*. Tome 6(1970) 161-190.
38. Abba E., Belghyti D., El Ibaoui H., Benabid M., *Science Lib*. (2010) 1-15.
39. Neal C., Jarvie H.P., Howarth S.M., Whitehead P.G., Williams R.J., Neal M., Harrow M., Wickham H., *Sci Total Environ*. (2000a) 477-495.
40. Jonnalagadda S.B., Mhere G., *Water Res*. 35 (10) (2001) 2371-2376.
41. Vega M., Pardo R., Barrado E., Deban L., *Water Res*. 32(12), (1998) 3581-3592.
42. El addouli J., Chahlaoui A., Berrahou A., Chafi A., Ennabili A., Karrouch L. *Revue Remise* 3 (2009) 56-75.
43. ANPE. Agence nationale de protection de l'environnement. Réseau de contrôle de la pollution de l'eau. Ministère de l'environnement et du développement durable. Tunisie (2008) 1-12.
44. Belbachir C., Etude du transfert des polluants métalliques et bactériens d'oued moulouya vers la mer méditerranée : impact sur la qualité de l'eau de mer et des mollusques bivalves. *Thèse. Université Med1er, Oujda, Maroc* (2003) 155.
45. Neal C., Harrow M., Wickham H., *Sci Total Environ*. (2000b) 251-252: 459-475.
46. Bowes M.J., House W.A., *Hydrol Process journal*. 15 (2001) 261-280.
47. Mergaoui L. Diagnostic d'un état de pollution organique et métallique de deux zones humides : cas de Merja Zerga et de bas Sebou. *Thèse. Université Mohammed Ben Abdellah, Faculté des Sciences Dhar-Mehraz Fès* (2003) 74.
48. Maoui A., Kherouf M., Derradji F., *Afrique science*, 07(3) (2011) 49 - 54.
49. Udert K.M., Larsen T.A., Biebow M., Gujer W., *Water Res*, 37(2003) 2571- 2582.
50. Bonte S.L., Pons M., Potier O., Rocklin P., *Journal of Water Science*, 21(2008) 429- 438.
51. Foutlane A., Saadallah M., Echihabi L., Bourchich L., *Eastern Mediterranean Health Journal*, 8(1) (2002) 10.
52. Fontvieille D., La circulation du carbone organique dans les écosystèmes lotiques. Cas du phénomène d'autoépuration. *Thèse. Univ Lyon I* (1987) 135 .
53. N'diaye A.D., Khadijettou Mint.M.S., Ould sid'Ahmed.M., Ould Kankou.M., *Larhyss Journal*, 12 (2013) 71-83.
54. Ould Mohamedou E., Evaluation de la qualité physicochimique et métallique des eaux du fleuve Sénégal, cas du Delta Mauritanien localisé dans la ville de Rosso. *DESA. Université Ibn Tofail Maroc*, (2006).