



لجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



التعليم
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسنطينة
كلية الطبيعة والحياة

Département : Biologie et écologie végétale قسم : علم البيئة والمحيط

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Gestion durable des écosystèmes et protection de l'environnement

Option : Pollution des écosystèmes et Écotoxicologie

Intitulé :

Evaluation du niveau de la pollution organique des eaux de l'oued Rhumel en amont et en aval de Constantine

Présenté et soutenu par : *KERDOUN Rym Messaouda*

Le : 22/06/2016

Jury d'évaluation :

Président du jury : *TOUATI Laid* (MCB - UFM Constantine).

Rapporteur : *AFRI-MEHENNAOUI Fatima Zohra* (MCA - UFM Constantine).

Examineur : *SAHLI Leila* (MCA - UFM Constantine).

*Année universitaire
2015 - 2016*

Dédicaces

A mes chers parents,

Vous avez tout sacrifié pour moi n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

Je suis redevable d'une éducation dont je suis fière....

Qu'Alla vous bénisse et vous garde pour moi.

A mon cher frère Amine,

Je te remercie pour ton soutien et ton aide.

A ma petite sœur Malek,

Je te remercie pour ton encouragement.

A Mohammed,

Merci de m'avoir comblé d'attention, affection et d'amour.

A ma douce Fifi,

A mes professeurs,

*A tous ceux qui me sont chers et proches,
A tous ceux qui ont semé en moi à tout point de vue.*

RYM.K

Remerciements

Mes vifs remerciements vont en premier lieu à **Mme. Afri-Mehennaoui F. Z.** Maitre de conférences classe A à l'Université Mentouri de Constantine, sans ses conseils, ses directives et sa grande patience ce travail n'aurait pas pu voir le jour.

Mes remerciements vont également au département d'écologie et de biologie végétale.

Un remerciement spécial pour tout le personnel de l'agence nationale des ressources hydriques de Constantine, particulièrement à **M. Derouaz** ingénieur d'état à l'ANRH, qui m'a guidé et orienté techniquement sur le terrain et au laboratoire.

Mes remerciements vont également au personnel de l'ABH qui m'ont soutenu et fournis les données nécessaires pour l'élaboration de ce travail.

Mes sincères remerciements vont également à **Mr. Touati Laid**, Maitre de conférence classe B à l'Université Mentouri de Constantine, qui a bien accepté et qui m'a honorée de présider le jury de ce mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Mes vifs remerciements s'adressent également à **Mlle. Sahli leila**, Maitre de conférences classe A l'Université Mentouri de Constantine, pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont apporté leur contribution à ce travail. Je leur exprime ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.

Abstract

This work focuses on the evaluation and monitoring of the physical and chemical quality and organic pollution on a major river in the Constantine "Rhumel wadi" where we have chosen two stations upstream in Ain Smara and El Menia downstream of the city of Constantine.

For this we performed measurements and analyzes different indicators of the physicochemical quality (temperature, pH, electrical conductivity and dry residue) and the degree of organic pollution (dissolved oxygen, organic matter, COD, suspended solids, various forms nitrogen (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) and phosphate) for 8 months from September 2015 until April 2016.

The set of parameters determined reveals organic pollution (COD, MO, nitrogen and phosphates) of water from the Rhumel wadi reflecting a serious condition that should not be overlooked.

However, compared to previous studies, we see a reduction of pollution especially downstream of the city of Constantine. This improvement of water quality back probably to the wastewater collection, even if it is not complete.

Indeed, it would be important to better exploit the IBN ZIAD treatment plant for wastewater collection more mastered and comprehensive.

Keywords : Quality, physical chemistry, pollution, Water

Liste des abréviations

ABH.CSM : Agence de bassin hydrographique Constantinois-Seygousse-Mellegue.

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques.

DBO : Demande biochimique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène.

GPS : *Global Positioning System*

MES : Matières en suspension.

MO : Matière organique.

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

Q.s.p : Quantité suffisante pour.

R.S : Résidu sec.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Stations pluviométriques sur le bassin du Kebir-Rhumel (ABH, CSM n°8, 2004).

Tableau 2 : Les principales agglomérations du bassin versant du Kébir-Rhumel (ABH, CSM n°8, 2004).

Tableau 3 : Les barrages du bassin Kébir-Rhumel (ABH, CSM n° 8, 2004).

Tableau 4 : Assainissement des eaux usées urbaines du bassin Kébir-Rhumel dans la région de Constantine (ABH, CSM n° 2, 1999).

Tableau 5 : Principales industries responsables des rejets industriels dans le bassin versant Kébir-Rhumel (ABH, CSM n°8, 2004).

Tableau 6 : Coordonnées et localisation des stations de prélèvements dans le bassin du Kébir-Rhumel (ABH, CSM n°13, 2009).

Tableau 7 : Localisation des deux stations à l'aide d'un GPS.

Tableau 8 : Conservation des prélèvements (Rodier et Al, 2009).

Tableau 9 : Gamme d'étalonnage du dosage de l'ammonium (NH_4^+).

Tableau 10 : Gamme d'étalonnage du dosage des nitrites (NO_2^-).

Tableau 11 : Gamme d'étalonnage du dosage des nitrates (NO_3^-).

Tableau 12 : Gamme d'étalonnage du dosage des phosphates (PO_4^{3-}).

Tableau 13 : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et à El Ménia.

Tableau 14 : Aptitude à la biologie en fonction de la température (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 15 : Aptitude à la biologie en fonction du pH (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 16 : Aptitude à la biologie en fonction de la CE (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 17 : Aptitude à la biologie en fonction de la turbidité (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 18 : Aptitude à la biologie en fonction de l'oxygène dissous (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 19 : Aptitude à la biologie en fonction de la saturation en oxygène (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 20 : Aptitude à la biologie en fonction des MES (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 21 : Aptitude à la biologie en fonction de la DCO (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 22 : Aptitude à la biologie en fonction de l' NH_4^+ (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 23 : Aptitude à la biologie en fonction du NO_2^- (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 24 : Aptitude à la biologie en fonction du NO_3^- (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 25 : Aptitude à la biologie en fonction du PO_4^- (SEQ-Eau, 1999).

Liste des figures

Figure 1 : Carte de situation géographique du bassin versant Kébir-Rhumel (ABH, CSM n°5, 2000).

Figure 2 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant Kébir-Rhumel (ABH, CSM n°8, 2004).

Figure 3 : Stations pluviométriques du bassin versant Kébir-Rhumel (ABH, CSM n° 8, 2004).

Figure 4 : Alimentation en eau potable des agglomérations du bassin Kébir-Rhumel (ABH, CSM n°8, 2004).

Figure 5 : Localisation de la station 1 située à Ain Smara.

Figure 6 : Localisation de la station 2 située à El Ménia.

Figure 7 : Mode de prélèvement à Ain Smara.

Figure 8 : Mode de prélèvement à Menia.

Figure 9 : Mesure *in situ* de la conductivité électrique.

Figure 10 : Fixation de l'oxygène dissous sur terrain.

Figure 11 : Dosage des phosphates dans l'eau au laboratoire.

Figure 12 : Variations spatio-temporelles de la température de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 13: Variations spatio-temporelles du pH de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 14 : Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 15 : Variations spatio-temporelles de la turbidité de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 16 : Variations spatio-temporelles de la teneur en oxygène dissous dans l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 17 : Variations spatio-temporelles du pourcentage de saturation en oxygène de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 18 : Variations spatio-temporelles des teneurs en MES de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 19 : Variations spatio-temporelles du taux de résidu sec de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et à El Menia.

Figure 20 : Variations spatio-temporelles du taux de la DCO de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 21 : Variations spatio-temporelles des teneurs en MO de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 22 : Variations spatio-temporelles des teneurs en ammonium de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 23 : Variations spatio-temporelles des teneurs en nitrites de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 24 : Variations spatio-temporelles des teneurs en nitrates de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Figure 25 : Variations spatio-temporelles des teneurs en phosphate de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia.

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction.....	1

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

1.1 Présentation et description du bassin versant Kébir-Rhumel.....	3
1.2 Situation géographique.....	3
1.3 Aspect topographique.....	4
1.4 Réseau hydrographique.....	5
1.5 Climatologie.....	6
1.5.1 Pluviométrie.....	6
1.5.2 Le vent.....	8
1.5.3 Population.....	8
1.6 Alimentation en eau potable.....	9
1.7 Barrages.....	9
1.8 Assainissement.....	10
1.9 Agriculture.....	11
1.10 Industries.....	11

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.1 Choix et localisation des sites de prélèvements.....	13
2.1.1 Mode de prélèvements.....	15
2.1.2 Prélèvement des échantillons.....	15
2.1.3 Conservation des échantillons	16
2.2 Mesures physico-chimiques	17
2.2.1 Température.....	17
2.2.2 Potentiel hydrogène.....	17
2.2.3 Conductivité électrique.....	17

2.2.4 Résidu sec.....	18
2.2.5 Turbidité.....	18
2.2.6 Matières en suspension	18
2.2.7 L'oxygène dissous.....	18
2.2.8 Saturation en oxygène (%).....	19
2.3 Paramètres de pollution organique.....	19
2.3.1 Matières organiques.....	19
2.3.2 Demande chimique en oxygène.....	19
2.3.3 Composés azotés.....	20
2.3.3.1 Ammonium.....	20
2.3.3.2 Nitrites.....	21
2.3.3.3 Nitrates	21
2.3.4 Phosphates.....	22

Chapitre 3 : Résultats et discussion

3.1 Mesures physico-chimiques.....	25
3.1.1 Température.....	25
3.1.2 Potentiel hydrogène	26
3.1.3 Conductivité électrique	28
3.1.4 Turbidité	29
3.1.5 Oxygène dissous	30
3.1.6 Saturation en oxygène (%)......	32
3.1.7 Matières en suspension.....	33
3.1.8 Résidu sec à 105 °C.....	35
3.2 Paramètres de pollution organique	36
3.2.1 Demande chimique en oxygène	36
3.2.2 Matière organique	37
3.2.3 Composés azotés	38
3.2.3.1 Ammonium	38
3.2.3.2 Nitrites.....	40

Table de matières

3.2.3.3 Nitrates.....	41
3.2.4 Phosphates	43
Conclusion	45
Références bibliographiques.....	47
Annexes	

Table des matières

Introduction

Introduction

L'eau représente 70 % de la planète terre. A travers l'histoire, les grandes civilisations se sont formées et développées sur les trajets des grands cours d'eau (Le Nil, Euphrate... etc.). L'eau est source de toute vie, grâce à elle se développe surtout l'agriculture ainsi que l'économie. En Algérie, notre climat méditerranéen n'a pas été propice au développement de grands cours d'eau. Cependant, nos principales sources hydriques sont les oueds sur lesquels l'Algérie a construit de grands barrages.

En effet, la pollution des eaux constitue un facteur primordial de la diminution de la disponibilité de cette ressource naturelle irremplaçable. Elle est sans doute un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement dont est responsable la civilisation contemporaine.

Aujourd'hui, les réserves d'eau douce sont limitées et se répartissent inégalement dans le temps et dans l'espace. En Algérie, l'eau est rare et les pénuries fréquentes. Selon certaines études, en 2025, la pénurie d'eau affectera 35 pays soit plus d'un milliard de personnes. La question des ressources en eau pour les prochaines décennies est donc au cœur de toutes les préoccupations. La situation s'aggravera à l'avenir, si des mesures ne sont pas immédiatement prises.

L'eau reste un paramètre déterminant, dont les conséquences sur l'environnement sont importantes. En effet le taux d'élimination de la pollution hydrique chimique et organique due essentiellement aux rejets urbains, industriels, dépend du taux de collecte et du rendement d'épuration. Cependant, les rejets diffus émanant des agglomérations, des multiples activités artisanales et de l'emploi d'engrais et de pesticides en agriculture, difficiles à quantifier, ont un impact non négligeable sur la qualité des eaux et des écosystèmes aquatiques.

Le présent travail porte sur un cours d'eau très important dans le Constantinois '' l'oued Rhumel '' où nous avons choisis deux stations, en amont à Ain Smara et en aval à El Ménia de la ville de Constantine. L'oued Rhumel a fait l'objet de nombreuses études relatives à la pollution organique et son impact sur les diatomées, sur la faune macro-invertébrée, à la qualité physico-chimique et la pollution organique (Afri et Pauwels. 1983; Mehennaoui-Afri. 1998; Sahli.2002; Afri-Mehennaoui, Sahli et Mehennaoui. 2004; Khaldi

Introduction

et Melghit.2007 ; Sahli et al.2011 ; Sahli et al. 2004). Ce travail vient compléter l'ensemble des travaux cités précédemment et contribuera à enrichir les données.

Cette étude consiste à l'évaluation et au suivi de la qualité physico-chimique et de la pollution organique provenant des rejets diffus d'une agglomération très importante, celle de Constantine. Pour cela nous avons procédé à des mesures et des analyses de différents paramètres révélateurs de :

- La qualité physico-chimique : Mesure de la température, pH, conductivité électrique et le résidu sec.
- Le degré de pollution organique : l'oxygène dissous, la matière organique, DCO, les matières en suspension, les différentes formes azotées (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) et les phosphates.

Notre travail traite les trois chapitres :

1. Le premier chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude.
2. Le deuxième chapitre présente le matériel et méthodes d'analyses effectuées.
3. Le troisième chapitre porte sur les résultats obtenus après les analyses.

Ceci permet de suivre l'évolution de la qualité physicochimiques et pollution organique de l'oued Rhumel par rapport aux travaux déjà réalisés sur le même cours d'eau.

Chapitre 1

Présentation de la zone d'étude

Ce chapitre nous permettra de présenter les caractéristiques de la zone d'étude.

1.1 Présentation et description du bassin versant Kébir-Rhumel

Un bassin versant, entité essentielle en hydrologie (Mebarki, 2005), est un territoire géographique délimité par des lignes de crêtes et irrigué par un même réseau hydrographique. Il est toujours associé à un cours d'eau et son exutoire. En effet, chaque bassin versant est unique de par sa taille, sa forme, son orientation, la densité de son réseau hydrographique, le relief, la nature du sol et le climat.

1.2 Situation géographique

L'Algérie comprend 17 grands bassins versants, dont un des plus importants qui est le Kébir-Rhumel situé dans l'est algérien, avec une superficie de 8111 km², selon les cahiers de l'ABH (2002), soit 20% du territoire du bassin hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue (C.S.M.). Au nord il est limité par la Méditerranée, à l'ouest par la région hydrographique de l'Algérois-Hodna-Soumam, à l'est par la frontière tunisienne et au sud par le bassin hydrographique du Sahara.

La région hydrographique C.S.M. d'une superficie de 44 348 km², englobe 5 grands bassins versants :

- 1) Le bassin versant du Kébir-Rhumel : 8111 km² ;
- 2) Le bassin versant de Seybouse : 6471 km² ;
- 3) Le bassin versant des côtiers Constantinois : 11509 km², composé de :
 - ✓ Côtiers Constantinois Ouest : 2424 km² ;
 - ✓ Côtiers Constantinois Centre : 5582 km² ;
 - ✓ Côtiers Constantinois Est : 3203 km² ;
- 4) Le bassin versant des hauts plateaux Constantinois : 9615 km² ;
- 5) Le bassin versant de Medjerda-Mellegue : 7942 km².

En outre, le bassin Kébir-Rhumel est limité au nord par les deux bassins côtiers constantinois ouest et centre, au sud par le bassin versant des hauts plateaux constantinois, à l'est par le bassin versant de Seybouse (fig. 1).

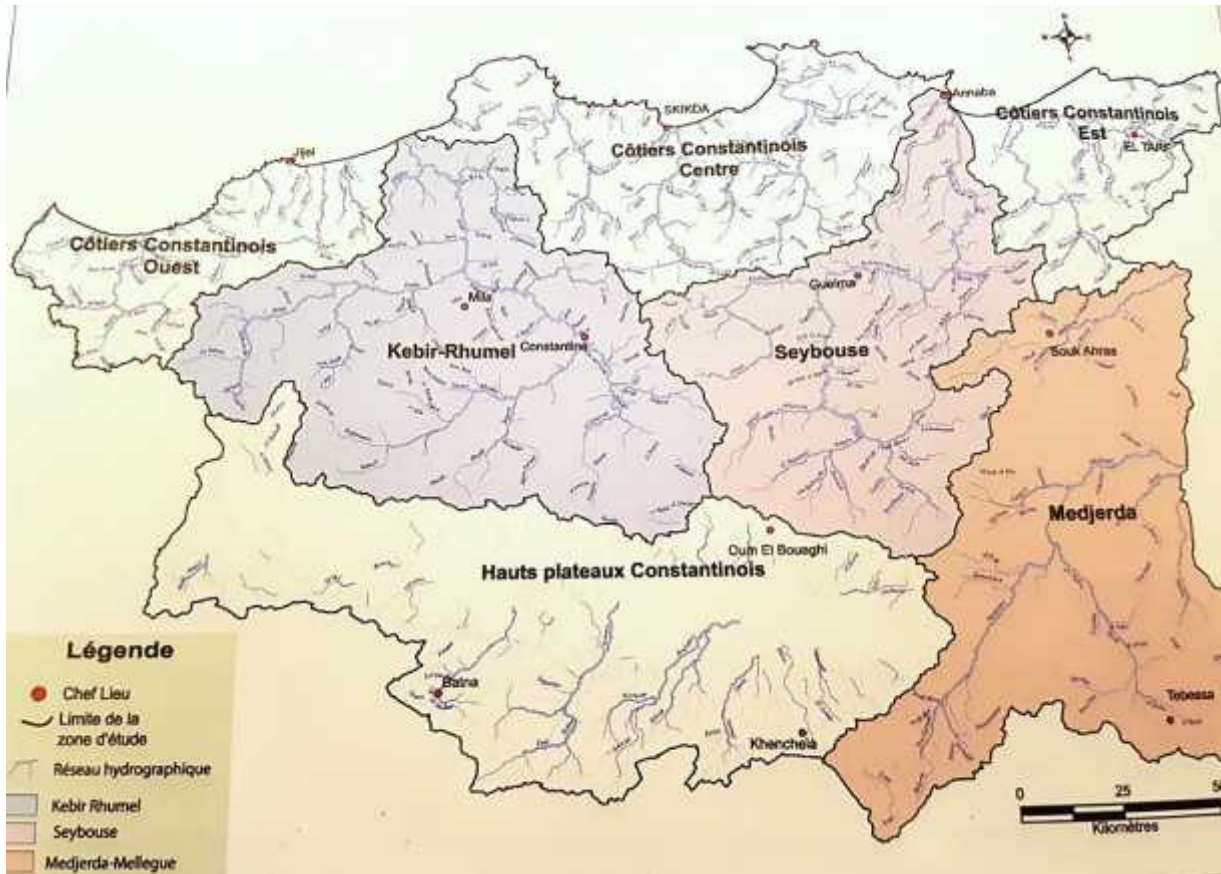


Figure 1 : Carte de situation géographique du bassin versant Kébir-Rhumel

(A.B.H., 2000)

1.3 Aspect topographique

Le bassin du Kébir Rhumel s'étend entre la mer Méditerranée au nord et les hautes plaines des lacs salés au sud, Celui-ci présente un relief compartimenté.

1.4 Réseau hydrographique

Le bassin du Kébir-Rhumel présente un chevelu hydrographique très dense totalisant plus de 4200 km (Fig. 2). Les oueds Rhumel, Endja, El Kebir et Boumerzoug sont les principaux cours d'eau du bassin.

➤ **Oued Rhumel**

C'est l'oued le plus important du bassin, long de plus de 123 km, Il prend naissance dans les hautes plaines sétifiennes (région de Bellaa, Wilaya de Sétif), entaille les gorges de Constantine jusqu'à la confluence de l'oued Endja et prend ensuite le nom d'El Kebir.

➤ **Oued Endja**

Il prend naissance à la confluence de l'oued Kebir et de l'oued Redjas. Son lit a une forme morphologique très intéressante du point de vue hydrologique. Il s'étend sur une longueur de 15 Km.

➤ **Oued El Kebir**

La confluence des oueds, Rhumel et Endja donne l'oued El Kebir, il fait 56 km de long et se déverse dans la mer méditerranée.

➤ **Oued Boumerzoug**

Il est considéré comme le principal affluent de l'oued Rhumel, il prend sa source dans la région d'Aïn M'lila dont les eaux sont largement utilisées pour l'irrigation. L'important groupement thermal d'Ain Fesguia est situé vers la tête de la vallée. Il alimente la ville de Constantine en eau potable, bâtie au confluent de Boumerzoug et du Rhumel.

La figure 2 regroupe tout le réseau hydrographique du bassin versant du Kébir-Rhumel.

Sur le bassin versant Kébir-Rhumel, les pluies sont irrégulières et faibles selon les saisons et les stations communiquées par l'ANRH. Le bassin est caractérisé par un climat méditerranéen avec des hivers doux et des étés chauds et secs.

1.5.2 Le vent

Le vent est un facteur climatique très important car il joue un rôle primordial dans la dispersion et le transport des polluants. Les vents soufflants sur le bassin versant Kébir-Rhumel sont ceux du Nord-Est Algérien qui apportent les pluies ainsi que le siroco.

1.5.3 Population

Selon l'estimation de 2002, la population est de 2500000 habitants, répartis en 90 communes ; et 06 wilayas. 57 communes sont entièrement incluses dans le bassin et 33 partiellement.

L'agglomération de Constantine avec 921.893 habitants selon l'estimation de 2008, regroupe 22.5% de la population totale du bassin (ABH, 2009).

Le tableau 2 représente les principales agglomérations du bassin versant du Kébir-Rhumel en citant la wilaya à laquelle elles appartiennent et la population recensée en 1998.

Tableau. 2 : Les principales agglomérations du bassin versant du Kébir-Rhumel (ABH, 2004)

Agglomérations principales	Wilaya	Population	
		Recensement 1998	Estimation 2002
Constantine	25	462 187	496 179
El Khroub	25	65 344	70 150
Mila	43	54 557	60 197
Ain M'lila	04	50 744	55 467
Chelghoum Laid	43	41 417	45 699
Ain Fekroun	04	40 701	44 490
El Milia	18	39 620	42 400
Hamma Bouziane	25	36 480	39 163
Tadjenanet	43	30 278	33 408

1.6 Alimentation en eau potable des agglomérations

La figure 4 illustre le partage de l'alimentation en eau potable Selon la source de l'ABH en 2004.

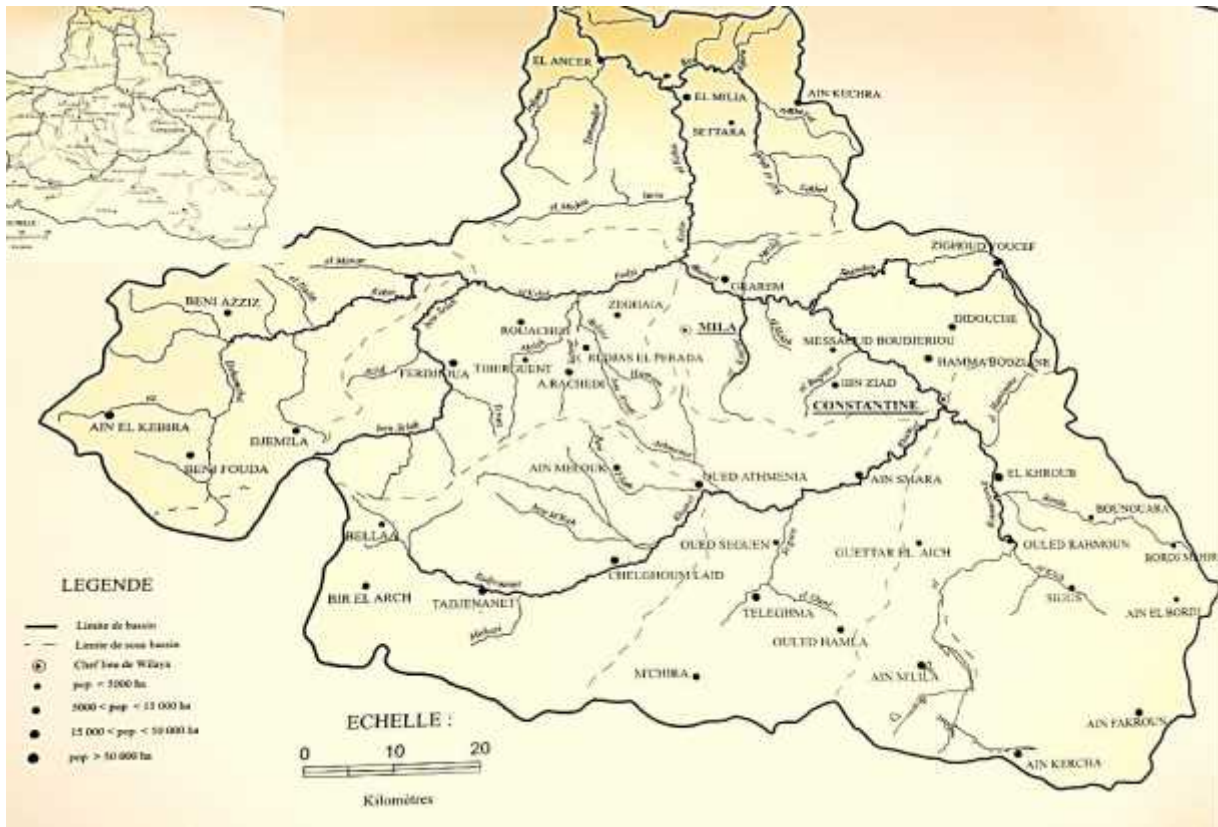


Figure 4: Alimentation en eau potable des agglomérations du bassin Kébir-Rhumel (ABH, 2004)

Parmi les 209 agglomérations du Kébir Rhumel, 160 sont dotées d'un réseau de distribution qui totalise un linéaire de plus de 2010 km et disposent d'un potentiel de stockage d'environ 258.000 m³ (ABH, 2002).

1.7 Barrages

Le bassin du Kébir-Rhumel compte trois barrages : Beni Haroun, Hammam Grouz et Berla mobilisant un volume de 843 hm³ et trente-trois retenues collinaires en majorité envasée (ABH, 2004).

Le tableau 3 présente les trois barrages du bassin Kébir-Rhumel avec leurs caractéristiques : sous bassin, dénomination, commune, wilaya et leurs capacités.

Tableau 3 : Les barrages du bassin Kébir-Rhumel (ABH, 2004)

Sous bassins	Dénomination	Commune	Wilaya	Capacité (hm ³)
10-03	Hammam Grouz	Oued Athmania	43	45
10-05	Berla	Ain Smara	25	3.2
10-07	Beni-Haroun	Grarem Gouga	43	795

1.8 Assainissement

Les agglomérations de plus de 1000 habitants, au nombre de 171, sont dotées d'un réseau d'assainissement totalisant plus de 2000 km. Parmi ces agglomérations, trois possèdent une station d'épuration :

- La première située à Constantine avec une station d'une capacité de 400.000 équivalent-habitants, extensible à 800.000 équ.habi, fonctionne selon le principe de la boue activée, est dimensionnée pour un débit moyen de 800 l/s.
- Quant à la deuxième, située à Oued Athmania est dotée d'une capacité de 45.000 équivalent-habitants, extensible à 67.500 équ.hab, traite les eaux usées de Chelghoum laid, fonctionne selon le principe de la boue activée aussi mais à faible charge, elle est dimensionnée pour un débit de 130 l/s et traite actuellement 46 l/s.
- La troisième station, mise en service le 20 Aout 2009, est implantée sur le territoire de la commune de Sidi Merouane sur une superficie d'environ 16 hectares et d'une capacité de 20 657 m³. La station est conçue pour traiter les eaux usées venues de la ville de Mila, Grarem Gouga, Sidi Merouane, Sibari 1, Sibari 2 et Ras-Elbir. Les effluents traités sont destinés à être rejetés dans la cuvette du barrage Béni-Haroun.

Le tableau 4 présente le réseau d'assainissement des eaux usées urbaines dans le bassin du Kébir-Rhumel dans la région de Constantine, selon la source de l'ABH (1999).

Tableau 4: Assainissement des eaux usées urbaines du bassin Kébir-Rhumel dans la région de Constantine (ABH, 1999)

Sous bassin	Agglomération	Wilaya	Linéaire (ml)	Lieu de rejet
10 04	O.Atmania	Mila	18100	O. Atmania
10 04	Ain Smara	Constantine	26000	O. Rhumel
10 05	Constantine	Constantine	23400	STEP vers O. Rhumel
10 05	El Khroub	Constantine	59000	O. Boumerzoug
10 06	Mila	Mila	42300	O. Rhumel
10 06	Ain Tinn	Mila	16300	O. Ktone
10 06	Grarem Gouga	Mila	22135	O. Rhumel
10 06	Zighoud Youcef	Constantine	31000	O. Smendou
10 06	H. Bouziane	Constantine	16000	O. Rhumel
10 06	Beni Hmidane	Constantine	12000	O. Smendou

1.9 Agriculture :

Le bassin du Kébir-Rhumel se caractérise par une agriculture mixte, traditionnelle (irrigation gravitaire) et moderne (irrigation par canaux d'aspersion) dépendant du type de culture. Les céréales et les cultures maraichères sont les principales activités des périmètres irrigués.

Afin d'améliorer le secteur de l'agriculture, les professionnels ont recouru aux nouvelles méthodes et techniques de culture en utilisant les engrais et les pesticides. Certes, le taux de production augmente mais leurs utilisations abusives conduit à des concentrations excessives de ces différents produits chimiques, dont surtout les nitrates et les phosphate qui conduisent finalement à une pollution des sols et des eaux (ABH, 2004).

1.10 Industries :

Le bassin du Kébir-Rhumel compte 37 unités industrielles. Les besoins en eau sont estimées à 11749 m³/an et le volume alloué à 9843 m³/j soit 3,59 hm³/an. L'activité industrielle est localisée autour des grandes agglomérations : Constantine, Chelghoum Laid, El Khroub, Hamma Bouziane, Mila et Ain el Kebira (ABH, 2004).

Les industries ayant une consommation supérieure à 10 m³ par jour et qui présentent les principales sources de rejets du bassin Kébir-Rhumel dans la région de Constantine sont répertoriées dans le tableau 5.

Tableau 5: Tableau des principales industries responsable des rejets industriels dans le bassin versant Kébir-Rhumel, (ABH, 2004)

Sous-bassin	Nom	Lieu d'implantation	wilaya
04	C.P.G	Ain Smara	Constantine
04	C.C.A	Ain Smara	Constantine
04	GERMAN (CCE)	Ain Smara	Constantine
04	S.C.O.A	O.Athmania	Mila
05	COTEST	Chaab Eressas	Constantine
05	Laiterie Numidia	Chaab Eressas	Constantine
05	S.N.T.A	Z.I.Ibn Badis	Constantine
05	SO.AL.CO	Z.I.Ibn Badis	Constantine
05	Papier REC	Z.I.Tarf	Constantine
05	Abattoir Municipal	El Khroub	Constantine
05	ENPMO	Z.I.O.Hamimine	Constantine
05	E.N.C.M.T	Z.I.O.Hamimine	Constantine
05	NAFTAL	Bounouara	Constantine
05	CAB.AM	Z.I.Ain M'lila	Oum El Bouaghi
05	ENGI	Z.I.Palma	Constantine
05	SNVI	Z.I.Palma	Constantine
05	Limonad.PUIPA	Constantine	Constantine
05	Limonad.MIMOZA	Z.I.Boumerzoug	Constantine
05	Mégisserie de l'Est	Constantine	Constantine
06	E.R.C.E	Hamma B	Constantine
06	Transcanal	Hamma B	Constantine
06	Moulin Sidi Rached	Hamma B	Constantine
06	S.B.N.C	Z.I.Didouche M	Constantine
06	E.G.B.S (Ex-EMIB)	Didouche M	Constantine
06	CIRTA Céramique	Z.I.Didouche M	Constantine
06	Sarl Indus.Céramique	Z.I.Didouche M	Constantine
06	S.C.C	Ibn Ziad	Constantine

Chapitre 2

Matériels et méthodes

Dans ce chapitre, nous allons présenter les lieux de prélèvements ainsi que les techniques d'échantillonnages et les méthodes mises en œuvre pour les différents traitements effectués *in situ* ou au laboratoire.

2.1. Choix et localisations des sites de prélèvements

Le bassin du Kébir-Rhumel présente un chevelu hydrographique très dense totalisant plus de 4200 km et comprend trois principaux cours d'eau : Le Rhumel, oued Endja et oued El-Kebir.

Nous avons choisis deux stations sur l'oued Rhumel, en amont et en aval d'une importante ville de l'est algérien, Constantine, afin d'évaluer son impact sur la qualité physico-chimique du cours d'eau. Il faut néanmoins préciser que les eaux usées de Constantine et de sa banlieue sont collectées et traitées au niveau de la STEP Ibn Ziad située à Hamma-Bouziane mais il faut préciser que la collecte n'est pas du tout totale.

✓ Station 1

Localisée à Ain Smara au niveau de l'ancien pont sur la route menant à la nouvelle ville. Elle servira de station de référence en amont de la ville de Constantine. Cette station rendra compte la qualité des eaux de l'oued Rhumel afin d'apprécier l'effet de la commune d'Ain Smara.

La figure 5 est prise lors d'un prélèvement de l'échantillon, le 03-04-2016 à Ain Smara (Station 1).



Figure 5 : Localisation de la station 1 située à Ain Smara

✓ Station 2

Elle est située sur l'oued Rhumel, sur la route Constantine-Hamma-Bouziiane, sous le pont d'El Menia. Elle permet d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux de l'oued Rhumel en aval de la ville de Constantine.

La figure 6 présente la localisation de la station 2 située à El Menia. La photo a été prise lors du prélèvement du 04-05-2016.



Figure 6 : Localisation de la station 2 située à El Ménia

Les coordonnées des deux points de mesure Ain Smara et El Ménia sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Coordonnées et localisation des stations de prélèvements dans le bassin du Kébir-Rhumel (ABH, 2009)

Point de mesure	X(m) Lambert	Y(m) Lambert	Sous bassins	Origine des eaux	Commune et wilaya
Ain Smara	843411	337097	O.Rhumel et O.Seguen	O.Rhumel et O.Seguen	Ain Smara Constantine
El Menia	848813	348298	O.Rhumel et Smendou	O Rhumel et Boumerzoug	Constantine Constantine

Sur le terrain les coordonnées ont été prises à l'aide d'un GPS, le tableau illustre la localisation exacte des deux points :

Tableau 7 : Localisation des deux stations à l'aide d'un GPS

Coordonnées	Ain Smara	El Menia
Latitude	36°15'46 N	36°23'57 N
Longitude	06°30'14 E	06°34'16 E
Altitude	591 m	352 m

2.1.1 Mode de prélèvements

Le calendrier des prélèvements est mensuel. Il s'étend de décembre 2015 jusqu'à avril 2016.

Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises pour que les résultats donnent une représentation exacte de la composition de l'eau.

2.1.2 Prélèvement des échantillons

L'échantillon destiné à l'analyse est prélevé de façon à être le plus représentatif possible du milieu d'où il provient. Dans notre étude nous allons procéder à un prélèvement dans une rivière : comme nous avons deux stations (en amont et en aval du Rhumel) le mode de prélèvement ne serait pas le même dans les deux cas puisque pour la station de Ain Smara, le site est accessible et nous avons procédé directement sur la rive droite du cours d'eau par contre l'accès à la station d'El Menia étant difficile, le prélèvement a été effectué à partir du pont coté aval à mi-distance des deux rives, à l'aide d'un seau attaché à une corde.

Les deux figures (7 et 8) illustrent bien le mode de prélèvements dans les deux cas :

- La figure 7 montre le prélèvement effectué à Ain Smara sur la rive droite de l'oued puisqu'il est accessible.
- La figure 8 illustre le prélèvement à la station d'El Menia réalisé sur le pont vu l'accès difficile à l'oued.



Figure 7: Mode de prélèvement à Ain Smara



Figure 8: Mode de prélèvement à El Menia

2.1.3 Conservation des échantillons

Le tableau ci-dessous illustre le mode de conservation des échantillons à analyser selon Rodier. (2009).

Tableau 8: Conservation des prélèvements Rodier. (2009)

Elément analysé	Conservateur	Température de conservation
Nitrates	Acide sulfurique (pH <2)	4
Nitrites	/	
Résidu sec	/	
pH	/	
Température	/	
Ammonium	Acide sulfurique	4
Phosphore	//	
DCO	//	
MO	//	
O ₂ dissous	(Mn(OH) ₂) +(KI)	

2.2 Mesures physico-chimiques

2.2.1 Température

La mesure de la température est à effectuer sur le terrain. Il y a lieu de déterminer la température de l'air au même endroit et au même moment. Pratiquement la température de l'eau est mesurée soit avec un appareil électro-métrique soit avec un thermomètre précis gradué de 1 à 10. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes. La mesure est exprimée en degrés Celsius.

2.2.2 Potentiel Hydrogène (pH)

Il est recommandé de déterminer le pH des eaux *in situ*, de façon à ne pas modifier les équilibres ioniques par suite d'un transport ou d'un séjour plus ou moins prolongé des échantillons.

La mesure est effectuée avec un pH mètre dotée d'une électrode indicatrice en verre et une électrode de référence au calomel. L'électrode est plongée dans l'eau à environ 6 à 8 cm de la surface. Le pH mètre doit être étalonné avec deux solutions tampon à pH 4 et 7 (NF t 90-008). Les résultats sont exprimés en unités pH.

2.2.3 Conductivité électrique

La conductivité est mesurée avec une cellule à électrode de platine reliée à un conductimètre à lecture directe, de préférence *in situ* ou alors au laboratoire, avec un conductimètre de type (HI9033 multirange conductimeter).



Figure 9: Mesure *in situ* de la conductivité électrique.

L'appareil est étalonné avec des solutions de chlorure de potassium (KCL) (NF 90-031). Les résultats sont donnés en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dans notre cas, la conductivité électrique est mesurée sur terrain (Fig.9).

2.2.4 Résidu sec

Le résidu sec est obtenu par pesée après évaporation à sec dans une étuve à 110°C , de 50 cm^3 d'échantillons contenus dans une capsule d'aluminium.

$\text{R.S (mg/l)} = (\text{poids capsule après évaporation} - \text{poids de la capsule vide}) \times 2$. Rodier. (2009).

2.2.5 Turbidité

Elle est effectuée *in situ* via un turbidimètre. Exprimé en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

2.2.6 Matières en suspension

La détermination des matières en suspension s'effectue par centrifugation. L'eau est centrifugée à environ $3\,000\text{ g}$ (soit $5\,000\text{ trs}/\text{min}$ pour un rayon de centrifugation de 10 cm) pendant 20 minutes. Le culot est recueilli, séché à 105°C pendant 1h et 30 min et pesé. Le taux des matières en suspension est exprimé en mg/l . Rodier. (2009).

2.2.7 L'oxygène dissous

Après avoir prélevé l'échantillon en utilisant un flacon conçu pour le dosage de l'oxygène dissous, la fixation doit se faire immédiatement en ajoutant de l'hydroxyde de manganèse ($\text{Mn}(\text{OH})_2$) et du iodure de potassium (KI) tout en notant la température de l'échantillon et en prenant toutes les précautions possibles pour éviter un dégazage ou une introduction d'oxygène.

L'analyse se fait au laboratoire par la méthode de WINKLER. En milieu alcalin, l'oxygène dissous forme avec de l'hydroxyde de manganèse ($\text{Mn}(\text{OH})_2$) un précipité brun d'hydroxyde manganique (III) ($\text{MnO}(\text{OH})_3$). La réduction de ce dernier en milieu acide en présence d'un excès d'iodure libère l'iode qui est dosé par le thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) et en utilisant l'empois d'amidon comme indicateur. Les résultats sont exprimés en mg/l d' O_2 (AFNOR, 1975).

La figure 10 présente la fixation de l'oxygène dissous effectuée *in situ* immédiatement après le prélèvement de l'échantillon.



Figure 10 : Fixation de l'oxygène dissous sur terrain

2.2.8 Saturation en oxygène

L'oxygène dissous peut être exprimé en pourcentage de saturation qui est le rapport multiplié par 100 de la concentration d'oxygène (mg/l) dans l'échantillon sur la solubilité de l'oxygène à la température de l'eau lors du prélèvement (AFNOR, 1975). Les teneurs dépendent surtout de la température.

2.3 Paramètres de pollution

2.3.1 Matière organique (MO)

Elle est mesurée par l'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4). Le principe consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau. Rodier. (2005). La réaction a été effectuée à chaud pendant 10 minutes. Les résultats sont exprimés en mg/l d' O_2 .

2.3.2 Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Les

matières oxydables contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$), en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium (Rodier et *a.*, 2005). La DCO est exprimée en mg d' O_2 consommé par les matières oxydables dans un litre d'eau : mg/l d' O_2 . Rodier. (2009).

2.3.3 Composés azotés

2.3.3.1 Ammonium (NH_4^+)

Le dosage de l'ammonium est effectué par la méthode au bleu d'indophénol, en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur. Les ions d'ammonium traités par une solution de chlore pour les transformer en monochloramine (NH_2Cl) donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire. Rodier. (2009). Les résultats sont exprimés en mg/l.

A partir d'une solution mère à 100 mg/l d'ions ammonium (chlorure d'ammonium), une solution fille à 1mg/l d'ammonium est préparée. La gamme d'étalonnage est établie selon le tableau 9.

Tableau 9 : Gamme d'étalonnage du dosage de l'ammonium

Numéro des fioles (de 100 ml)	T Blanc	1	2	3	4	5	6
Solution fille étalon à 1 mg/l NH_4^+ (ml)	0	1	2,5	5	10	15	20
Eau bidistillée q.s.p. (ml)	100	100	100	100	100	100	100
Ammonium NH_4^+ (mg/l)	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2

Dans une série de fioles coniques de 100 ml numérotées, 20 ml de chacune des dilutions ci-dessus sont introduits puis traités comme les échantillons selon le mode opératoire préconisés. La lecture est effectuée au spectrophotomètre à 630nm.

2.3.3.2 Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont dosés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire. La diazotation de la sulfanilamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le *N*-Naphthyl Ethylène Diamine Dihydrochloride, donne un complexe pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique à 540 nm. Les résultats sont exprimés en mg/l de NO_2^- . Rodier (2009).

A partir d'une solution mère à 50 mg/l d'azote nitreux. Une solution fille à 1mg/l de nitrites est préparée. La gamme d'étalonnage des nitrites est présentée dans le tableau 10.

Tableau 10 : Gamme d'étalonnage des nitrites (NO_2^-)

Numéro des fioles (de 100 ml)	T Blanc	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 1 mg/l NO_2^- (ml)	0	1	2,5	5	7.5	10
Eau bi distillée q.s.p. (ml)	50	50	50	50	50	50
Nitrites NO_2^- (mg/l)	0	0,02	0,05	0,1	0,15	0,2

Dans une série de fioles coniques de 100 ml numérotés, 50 ml de chacune de dilutions ci-dessous sont introduits puis traités comme les échantillons dans le respect du mode opératoire. Après 30 minutes à l'obscurité la lecture est effectuée au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 540 nm.

2.3.3.3 Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont réduits en nitrites par passage sur une colonne cadmiumcuivre; les nitrites sont déterminés par spectrométrie d'absorption moléculaire après diazotation de l' amino-4-benzènesulfonamide (sulfanilamide) et copulation à pH 1,9 avec le dichlorure de *N*-(naphthyl-1) diamino-1,2-éthane (*N*-1-naphthyléthylènediamine). Le taux de nitrates exprimé en mg/l NO_3^- . Rodier. (2009).

A partir d'une solution mère à 100 mg/l d'azote nitrique. Une solution fille à 5 mg/l de nitrites est préparée. La gamme d'étalonnage est établie selon le tableau 11 :

Tableau 11 : Gamme d'étalonnage du dosage des nitrates.

Numéro des capsules (de 60 ml)	T	1	2	3	4
	Blanc				
Solution fille étalon à 5 mg/l NO ₃ ⁻ (ml)	0	1	2,5	5	10
Eau bi distillée q.s.p. (ml)	10	10	10	10	10
Nitrates NO ₃ ⁻ (mg/l)	0	0,5	1	2,5	5

2.3.4 Phosphates (PO₄³⁻)

La figure 11 présente l'analyse effectuée au sein de l'ANRH.



Figure 11 : Dosage des phosphates dans l'eau

Le dosage des phosphates a été effectué par la méthode colorimétrique. Le molybdène d'ammonium (Mo(NH₄)₄H₂O) réagit en milieu acide en présence de phosphate en donnant un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique développe une coloration bleue (bleu de molybdène) susceptible d'un dosage colorimétrique. Les résultats sont exprimés en mg/l de phosphates (PO₄³⁻). Rodier. (2009).

A partir d'une solution mère à 50 mg/l de phosphore, une solution fille à 1 mg/l de phosphore est préparée. La gamme d'étalonnage est établie selon le tableau 12.

Tableau 12 : Gamme d'étalonnage du dosage des phosphates

Numéro de fioles (de 25 ml)	T Blanc	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 1 mg/l PO ₄ ³⁻ (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau bi distillée q.s.p. (ml)	20	20	20	20	20	20
Phosphate PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0	0,001	0,005	0,010	0,015	0,020

Dans une série de fioles jaugées de 25 ml, 20 ml de chacune de dilutions ci-dessus sont introduits et traités comme les échantillons d'eau. Après passage à l'étuve à 105 °C pendant 10 minutes, les lectures sont effectuées au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 825 nm.

Chapitre 3

Résultats et discussions

Dans ce chapitre, nous présenterons les résultats des analyses effectuées sur les deux stations Ain Smara et El Menia de septembre 2015 jusqu'à avril 2016. En premier lieu, les résultats sont traités par une analyse descriptive (minimum, maximum, moyenne et écart type) à l'aide du logiciel EXCEL (Tableau 13) et comparés via le Test T Student. Dans un deuxième lieu, nous présenterons les résultats sous forme graphique afin de mettre en évidence une éventuelle évolution spatio-temporelle.

Tableau 13 : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et à El Ménia

Paramètres	Station Ain-Smara		Station El Ménia	
	Min-max	Moyenne ± Ecart-type	Min-max	Moyenne ± Ecart-type
T (°C)	9 - 27,5	15,06 ± 5,80	11 - 33	17,5 ± 7,14
pH	7,1 - 7,9	7,42 ± 0,23	6,9 - 7,6	7,37 ± 0,22
CE (µS/cm)	1220 - 1590	1481,25 ± 121,7	1180 - 1700	1567,5 ± 153,43
Turbidité (NTU)	0- 15	4,66 ± 5,72	0,7 - 6,3	3,71 ± 1,84
O ₂ dissous %	76,84-107,22	88,51 ± 10,68	43,24 - 82,41	67,97 ± 12,95
O ₂ dissous (mg/l)	7,3 - 10,8	9,07 ± 1,21	4,5 - 8,9	6,86 ± 1,62
MES 105°C mg/l	60 - 102	80,75 ± 13,41	22 - 98	61,25 ± 22,20
Rs 105°C (mg/l)	812 - 1112	968,75 ± 89,31	800 - 1114	1035,75 ± 93,81
DCO (mg/l d'O ₂)	44 - 70	54,62 ± 8,18	44 - 77	58,62 ± 10,48
MO Acide (mg/l)	6,6 - 14,1	10,02 ± 2,53	10,6 - 13	11,83 ± 0,86
NO ₃ ⁻ (mg/l)	11 - 31	20,62 ± 5,89	2 - 22	7,12 ± 5,77
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,009 - 3,39	0,82 ± 1,00	0,112 - 2,97	0,89 ± 0,88
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0 - 5,61	1,10 ± 1,84	1,72 - 24,75	10,09 ± 7,12
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,02 - 3,06	0,61 ± 0,95	0,85 - 9,38	2,73 ± 2,62

3.1 Mesures physico-chimiques

3.1.1 Température

La température est un facteur écologique de première importance, elle a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (Ramade, 1993).

Ainsi, la mesure de ce paramètre est nécessaire puisqu'elle joue un rôle dans la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissous, la détermination du pH, de la conductivité... (Rodier, 2009).

Les températures relevées (Tab. 13) fluctuent entre une valeur minimale de 9 °C à Ain Smara en février et mars et de 11°C en décembre et février enregistrées à El Menia.

Les valeurs maximales sont de 27.5 °C à Ain Smara et de 33°C à El Menia au mois de septembre. Les moyennes et les écart-types calculés sont : $15.06 \pm 5,80$ °C à la station d'Ain Smara et 17.5 ± 7.14 °C à El Menia.

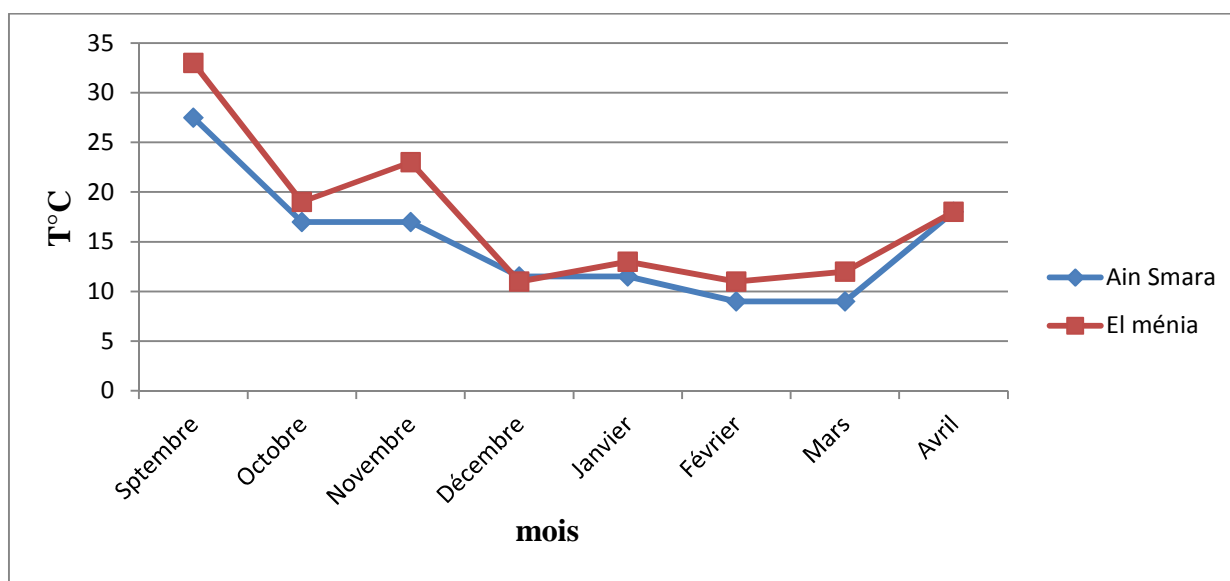


Figure 12: Variations spatio-temporelles de la température de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

La figure 12 permet de constater que les températures sont plutôt saisonnières ; les maxima sont enregistrés en septembre, octobre, novembre et avril, par contre il n'y a pas de

différences remarquables entre les deux stations sauf une légère augmentation au niveau d'El Menia car l'eau se réchauffe de l'amont (Ain Smara) vers l'aval (El Menia).

En effet le test T Student a révélé une différence non significative ($p = 0.44$) entre les 2 stations. Il est à noter que toute augmentation de température conduit à une diminution de la solubilité de l'oxygène dont le déficit peut conduire à une situation critique se traduisant par une accumulation de déchets tels que : H_2S , SO_2 , CH_4 Ainsi, l'élévation de la température facilite les phénomènes de fermentation d'où l'apparition d'odeurs nauséabondes dans les cours d'eau (Brémond et Vuichard, 1973). Cependant, les basses températures peuvent affecter l'auto-épuration des rivières et des cours d'eau car les réactions d'oxydation sont freinées.

Tableau 14 : Aptitude à la biologie en fonction de la température (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
T (° C)	20	21.5	25	25	> 25

Selon la grille de SEQ-Eau (Tab.14) nous concluons que les eaux de l'oued Rhumel sont aux alentours de 20 °C, donc considérées comme 'très bonne' en termes de qualité pour la biologie aquatique.

Si nous comparons nos résultats avec ceux de (Melghit, 2012) nous constatons que les températures sont peu variables.

3.1.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre qui mesure le degré d'acidité ou d'alcalinité des écosystèmes aquatiques. Un pH compris entre 6 et 9 permet un développement à peu près correct de la faune et de la flore aquatique.

La figure 22 indique que des eaux à pH neutre avec une valeur minimale de 6,9 en février à El Menia, il est faiblement alcalin avec une valeur maximale de 7,9 enregistrée à Ain Smara en décembre. Ce résultat est le même que celui de (Melghit, 2012) pour le même cours d'eau.

Avec une moyenne de $7,42 \pm 0,23$ à Ain Smara et $7,37 \pm 0,22$ à El Ménia (Tab.13) on constate que les fluctuations du pH dans le temps et entre les deux stations sont faibles. Le test T Student confirme avec $p = 0,90$, que la différence n'est pas statistiquement significative.

Les valeurs obtenues du pH peuvent être expliquées par la nature géologique calcaire du bassin versant du Rhumel, par les phénomènes de dilution ou alors par les eaux de ruissellements chargées de diverses matières.

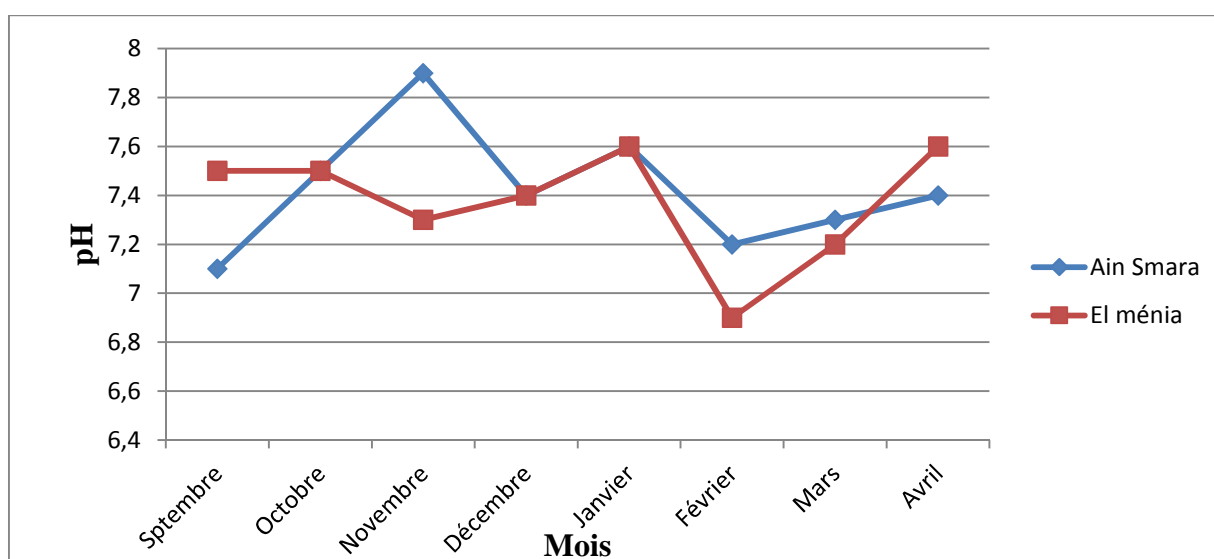


Figure 13 : Variations spatio-temporelles du pH de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Ménia

Comparativement aux données de la grille du système de l'évaluation de la qualité des cours d'eau (SEQ-Eau), (Tab. 15), l'eau de l'oued Rhumel est de très bonne qualité pour la vie aquatique. Toutes les valeurs sont aux alentours de 8.

Tableau 15 : Aptitude à la biologie en fonction du pH (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
pH	8	8.5	9	9.5	>9.5

3.1.3 Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité permet une bonne appréciation des concentrations globales des matières en solutions.

Selon la figure 14, la CE présente des variations spatio-temporelles. En effet, il est à remarquer que les valeurs sont presque similaires dans les deux stations de septembre à janvier. Cependant, depuis janvier on note des fluctuations importantes entre une valeur minimale de 1220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en avril à Ain Smara et un maxima de 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en mars. Quant à la station d'El Menia la valeur minimale de la CE est de 1180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Mars et un maxima de 1700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré en février ce qui peut être lié aux rejets diffus de la ville de Constantine.

Les moyennes de la conductivité sont de l'ordre de $1481,2 \pm 121,7$ à Ain Smara et de $1567,5 \pm 153,4$ à El Ménia. La différence n'est pas statistiquement significative (test T Student, $p=0,26$). D'une manière générale, la CE croît progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau. Cette observation a été précédemment constatée pour le Rhumel (Mehennaoui- Afri, 1998).

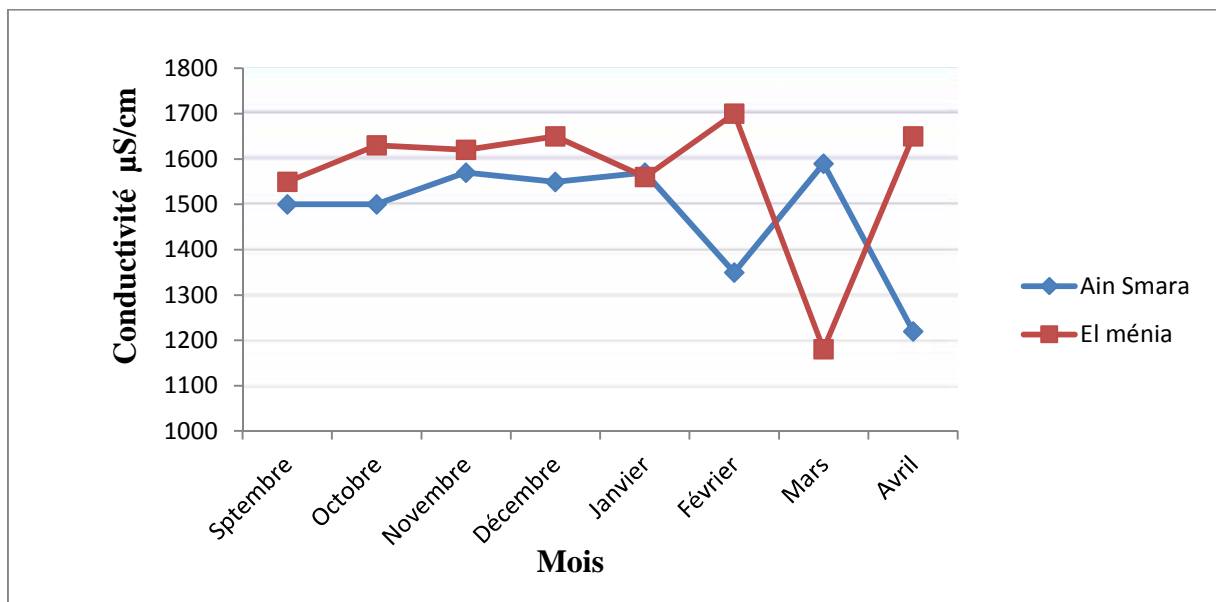


Figure 14 : Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

Nous concluons que lors de nos prélèvements effectués en dehors de la période estivale, les eaux des deux stations sont de très bonne qualité car la CE est inférieure à 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ d'après les classes de qualités des eaux superficielles (Tab.16), (SEQ-Eau, 1999).

Tableau 16 : Aptitude à la biologie en fonction de la CE (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2500	3000	3500	4000	>4000

Nos résultats viennent confirmer ceux des travaux précédents effectués sur les eaux de l'Oued Rhumel (Melghit, 2012).

3.1.4 Turbidité

La figure 15 montre des fluctuations importantes dans le temps et entre les deux stations.

Une moyenne de $4,66 \pm 5,72$ NTU (Nephelometric Turbidity Unit) a été enregistrée à Ain Smara et $3,71 \pm 1,84$ à El Menia (Tab.13). On constate un maxima beaucoup plus élevé à Ain Smara avec une valeur de 15 NTU enregistrée en octobre par rapport à 6,3 NTU à El Ménia en Avril. Quant aux minima ils sont de 0 NTU à Ain Smara en décembre à 0,7 NTU à El Ménia en janvier.

La variabilité a été mise en évidence par le test T Student, qui a révélé une différence statistiquement significative ($p = 0,03249$) due aux particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, matières organiques, etc, présentes en grandes quantité à El Menia en aval de Constantine. Cet enrichissement est probablement favorisé par le ruissellement de matières organiques d'origine naturelle (acide humique, particules provenant de la dégradation des végétaux ou l'érosion du sol) et surtout anthropiques (rejets industriel, agricoles et urbains) qui rendent les eaux d'El Menia plus troubles que celles de Ain Smara.

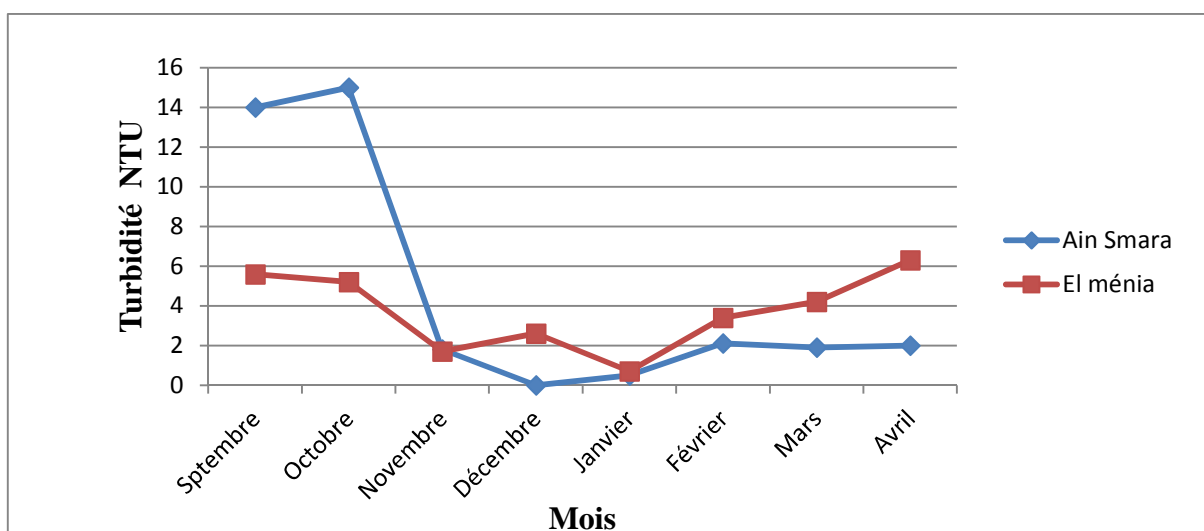


Figure 15: Variations spatio-temporelles de la turbidité de l’eau de l’oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

Tableau 17 : Aptitude à la biologie en fonction de la turbidité (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
Turbidité(NTU)	2	35	70	105	>105

Selon les classes d’aptitude des eaux superficielles (Tab. 17), (SEQ-Eau, 1999), les teneurs de turbidité sont inférieures à 35 NTU caractérisant une eau de très bonne qualité.

3.1.5 Oxygène dissous

L’oxygène dissous dans l’eau est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques. Les teneurs en oxygène dissous sont variables d’un mois à un autre et d’une station à l’autre.

Une moyenne de $9,07 \pm 1,21$ mg/l a été enregistrée à Ain Smara et $6,86 \pm 1,62$ mg/l à El Ménia (Tab.13). La solubilité de l’oxygène dépend essentiellement de la température ; plus la température de l’eau est faible, plus la solubilité de l’oxygène est importante. Effectivement nous avons enregistré une valeur minimale de 7,3 mg/l en avril où la température était de 18°C et une valeur maximale de 10,8 mg/l en décembre où la température était de 11,5°C à Ain Smara.

Quant à la station d’El Ménia, la concentration minimale de 4,5 mg/l a été enregistrée en septembre où la température était de 33°C et une valeur maximale de 7,3 mg/l en avril où la température était de 18°C (Fig.16). Le test T Student a révélé aucune différence statistiquement significative entre les deux stations ($p = 0,22$).

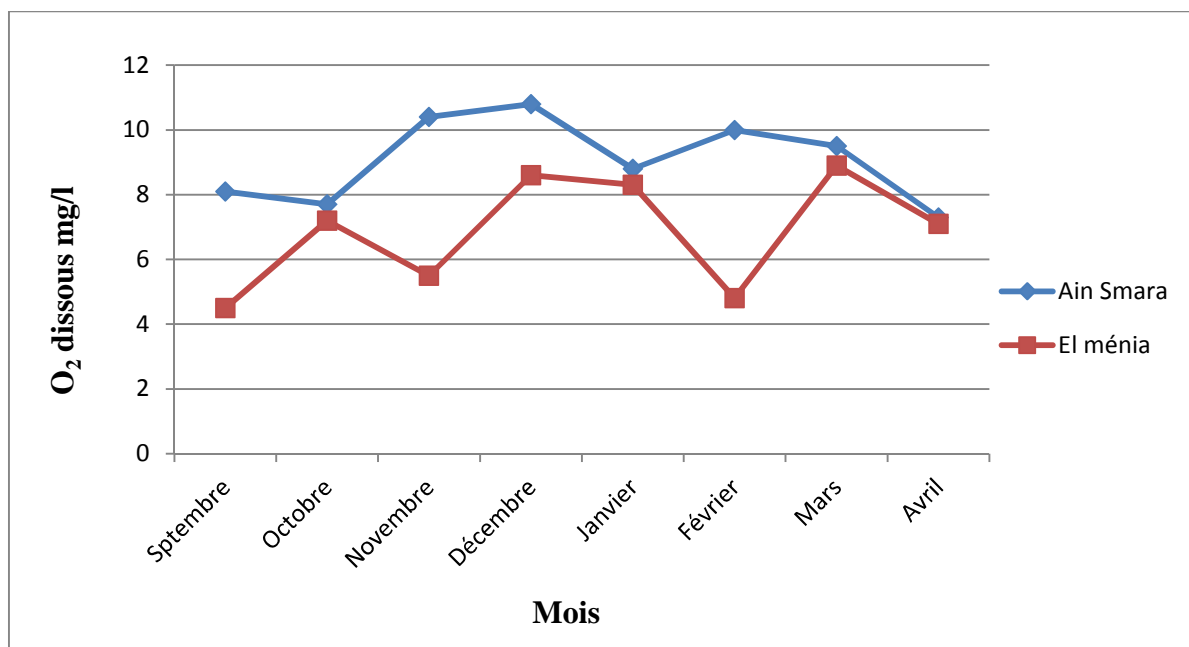


Figure 16: Variations spatio-temporelles de la teneur en oxygène dissous dans l’eau de l’oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

Comparativement aux données de la grille du système d’évaluation de la qualité des cours d’eau (SEQ-Eau), (Tab, 18), l’eau de l’oued Rhumel sont très bonne à Ain Smara et de passable à très bonne à El Menia.

Tableau 18 : Aptitude à la biologie en fonction de l’oxygène dissous (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
O ₂ dissous (mg/l O ₂)	8	6	4	3	<3

3.1.6 Saturation en O₂ (%)

L'oxygène dissous peut être exprimé en pourcentage de saturation et cela est beaucoup plus expressif que la teneur en oxygène dissous exprimée en mg/l.

Les eaux de ces deux stations sont caractérisées par un pourcentage de saturation assez élevé, il est de 107,22 % en novembre à Ain Smara et 76,84 % en avril, ce qui signifie que l'eau est très bien oxygénée et de bonne qualité. Quant à la station d'El Ménia, les valeurs oscillent entre 43,24 % en février et 82,41 % en mars, cette diminution d'oxygénation est probablement due d'une part à sa localisation en aval de Constantine, et de ce fait elle reçoit quelques rejets diffus de la ville, riches en matières organiques et minérales susceptibles de diminuer le pourcentage de saturation, et d'autre part aux températures élevées enregistrées de septembre à avril (Fig.17, tab.13). La figure 17 présente une grande similitude avec la figure 16, car les 2 expressions de l'oxygène, teneur et pourcentage de saturation, sont dépendantes surtout de la température.

Les moyennes enregistrées sont de l'ordre de $88,51 \pm 10,68$ à Ain Smara et de $67,97 \pm 12,95$ à El Ménia. Cependant, le test T Student n'a révélé aucune différence statistiquement significative ($p=0,31$).

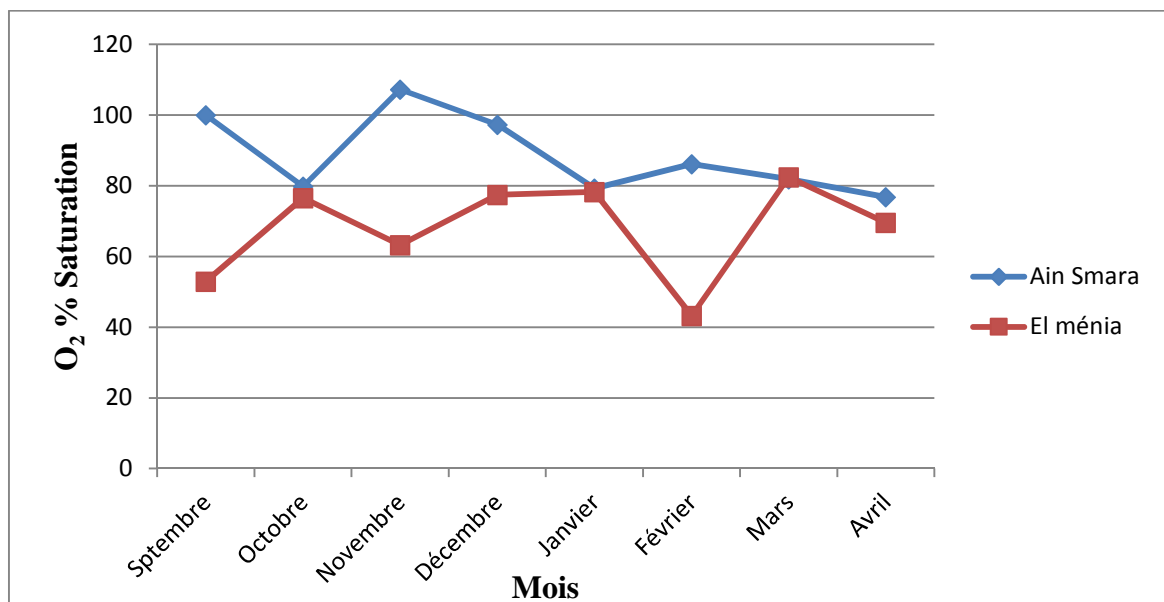


Figure 17 : Variations spatio-temporelles du pourcentage de saturation en oxygène de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Ménia

Les pourcentages de saturation supérieurs à 70 % signifient que les eaux sont de bonne qualité (Tab 19), (SEQ-Eau, 1999), ce qui est le cas pour tous les prélèvements d'Ain Smara, et 4 prélèvements (octobre, décembre, janvier et mars) sur 8 pour El Ménia. Au-delà de 90 %, les eaux sont de très bonne qualité, ceci a été observé à Ain Smara en septembre, décembre et janvier.

Notre étude confirme la bonne qualité des eaux du Rhumel en pourcentage de saturation en oxygène affirmé par (Melghit, 2012).

Tableau 19 : Aptitude à la biologie en fonction de la saturation en oxygène (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
O2 dissous %	90	70	50	30	<30

3.1.7 Matières en suspension (MES 105°C)

Dans les eaux superficielles, Les matières en suspension proviennent soit des effets de l'érosion naturelle du bassin versant suite à de violentes précipitations, soit des rejets d'eaux résiduaires urbaines ou industrielles.

La figure 18 présente des teneurs en MES très variables dans le temps et d'une station à une autre. Elles fluctuent entre $80,75 \pm 13,41$ mg/l à Ain Smara et $61,25 \pm 22,20$ mg/l au niveau d'El Menia (Tab.13). On peut constater que les eaux de l'oued Rhumel sont chargées. Malgré les variations observées, le test T Student a révélé une différence statistiquement significative ($p = 0,071$) entre les 2 stations.

Cette mauvaise qualité peut être liée aux variations saisonnières ou lors de transport des particules par ruissèlement. Les teneurs élevées en MES peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer la teneur en oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique et créer des déséquilibres entre diverses espèces.

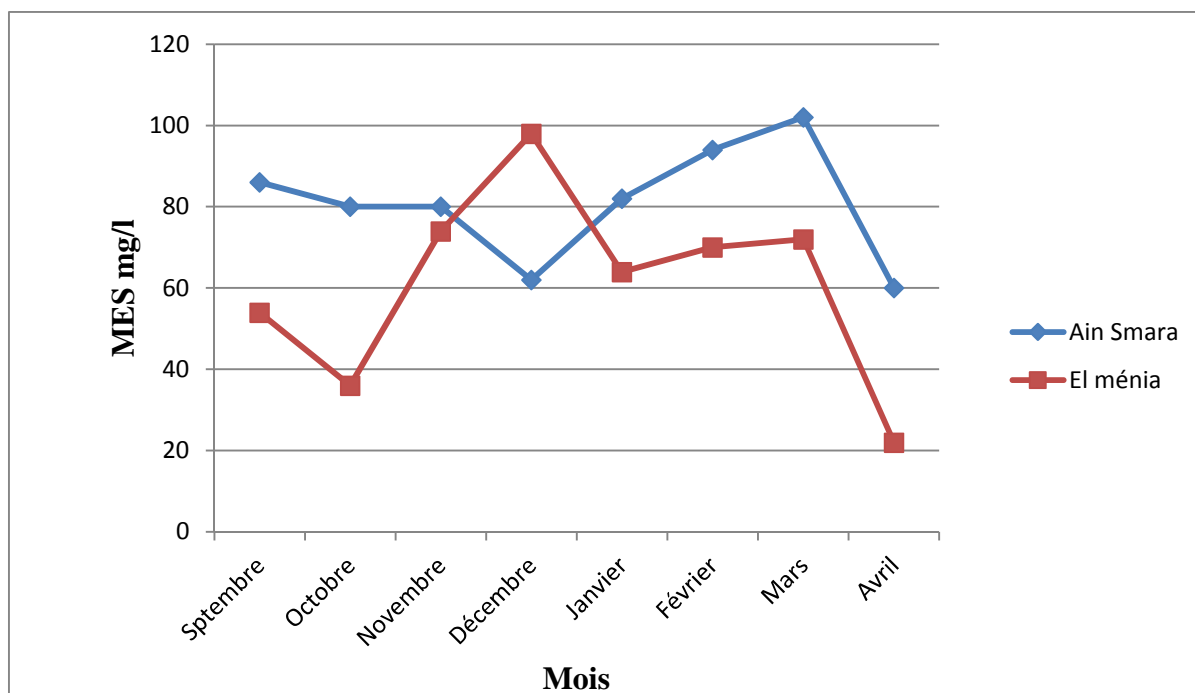


Figure 18: Variations spatio-temporelles des teneurs en MES de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

Elles peuvent être responsables de l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies, interférer sur la qualité d'une eau par des phénomènes d'adsorption notamment de certains éléments toxiques, et de ce fait être une voie de pénétration de toxiques plus ou moins concentrés dans l'organisme.

Le tableau 20 présente la grille du système d'évaluation de la qualité des cours d'eau (SEQ-Eau), (Tab.20). L'eau de l'oued Rhumel sont de passable à bonne qualité à Ain Smara et de passable à très bonne qualité à El Menia. De ce fait, Nos résultats viennent confirmer ceux des travaux précédents sur les eaux de l'Oued Rhumel (Afri-Mehennaoui, 1998) (Melghit, 2012) et par conséquent, les eaux du Rhumel gardent leur teneurs en matières en suspension.

Tableau 20 : Aptitude à la biologie en fonction des MES (SEQ-Eau, 1999).

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
MES (mg/l)	25	50	100	150	>150

3.1.8 Résidu sec à 105°C

Le taux de résidu sec dans l'oued Rhumel présente des variations dans l'espace et dans le temps. Les valeurs les plus élevées sont de 1112 mg/l, enregistrées en novembre à Ain Smara et de 1114 mg/l en février à El Ménia ; les valeurs minimales sont de 812 mg/l en avril à Ain Smara et de 800 mg/l en mars à El Ménia (Tab.13).

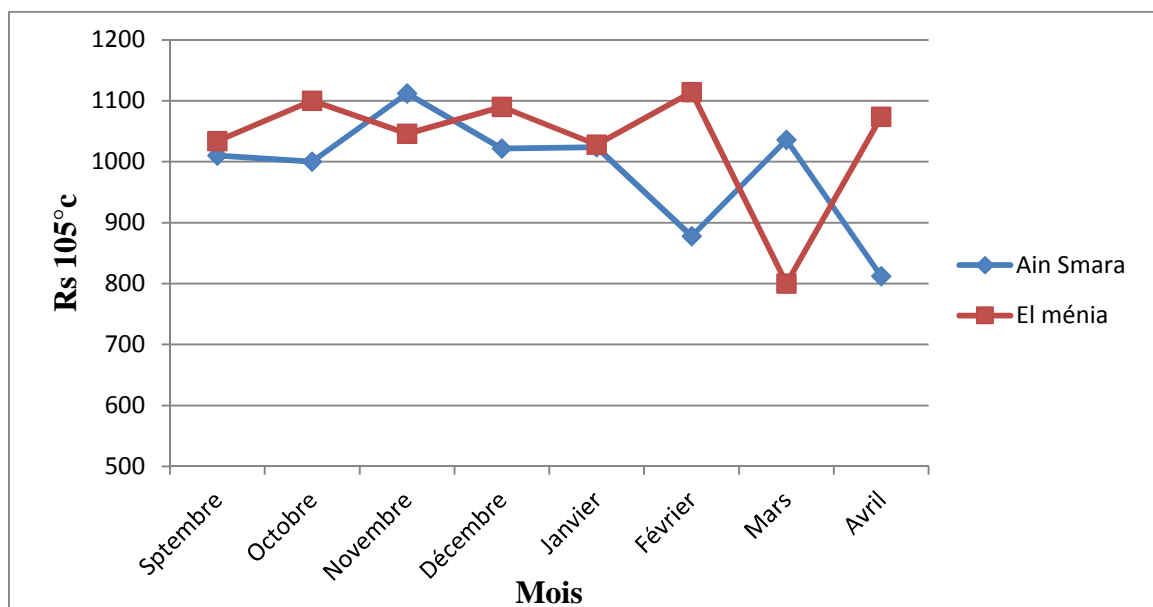


Figure 19 : Variations spatio-temporelles du taux de résidu sec de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et à El Ménia

Selon la figure 19, on constate que le taux du résidu sec est presque similaire dans les deux stations de septembre à janvier et depuis janvier il présente de légères variations d'une station à une autre. En effet, le test T Student confirme une différence non significative ($p=0,33$) entre les 2 stations.

Le taux moyen de résidu sec enregistré à Ain Smara est de $968,75 \pm 89,31$ et celui d'El Ménia est de $1035,75 \pm 93,81$. Nous notons qu'il est plus élevé à El Ménia et cela est probablement dû aux taux élevés des différents éléments minéraux, reflétés par la conductivité électrique, qui dépend de la teneur en sels en matières dissoutes.

Ainsi, cette mesure qui permet d'évaluer la teneur des matières dissoutes et en suspension est indispensable, car c'est ce qui profère à l'eau sa couleur brunâtre, ce qui conditionne la

pénétration de la lumière dans le milieu et qui influence aussi la présence de la faune et la flore aquatique.

Selon les résultats obtenues par l'étude précédente de (Melghit, 2012) , on remarque une légère diminution des teneurs de résidu sec.

3.2. Paramètres de pollution organique

3.2.1 Demande chimique en oxygène (DCO)

La mesure de la DCO correspond à une estimation des matières oxydables présente dans l'eau d'origine organique ou minérale (fer ferreux, nitrites, ammonium, sulfures et chlorures).

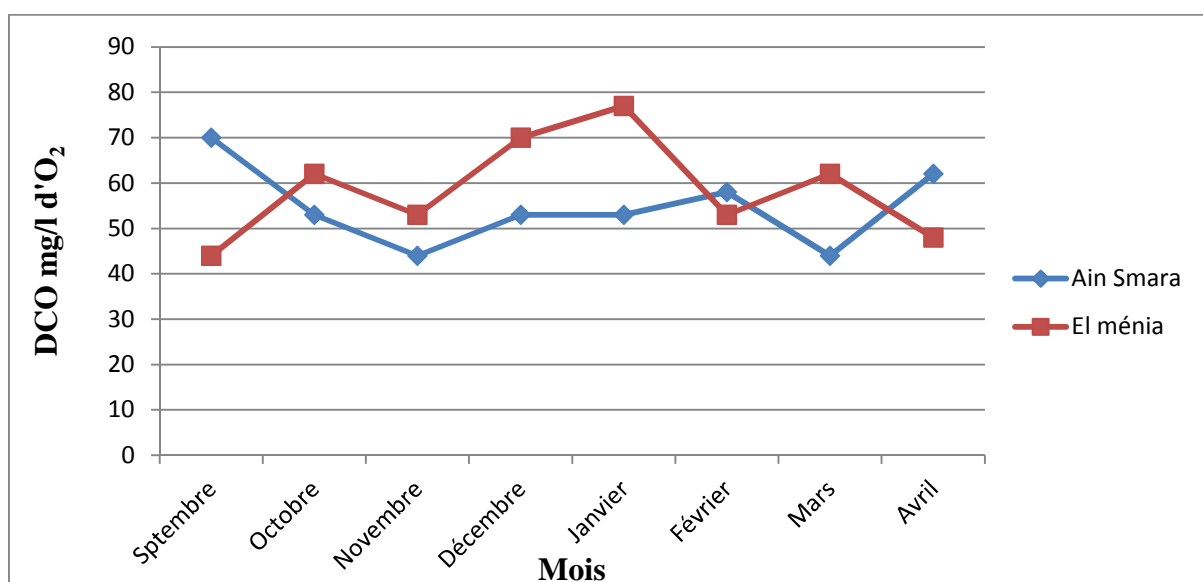


Figure 20 : Variations spatio-temporelles du taux de la DCO de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

Les teneurs de la DCO oscillent entre une valeur minimale de 44 mg/l d'O₂ enregistrée en septembre à El Ménia et en novembre à Ain Smara et une valeur maximale de 70 mg/l d'O₂ enregistrée en septembre à Ain Smara et 77 mg/l d'O₂ en janvier à El Ménia (Tab.13).

La figure 20 illustre les variations spatio-temporelles. Les moyennes calculées sont de $54,62 \pm 8,18$ mg/l d'O₂ à Ain Smara et $58,62 \pm 10,48$ mg/l d'O₂ à El Ménia. Le test T Student a révélé l'absence d'une différence significative entre les deux stations ($p= 0,44$).

Selon la grille du système d'évaluation de la qualité des cours d'eau (Tab. 21), (SEQ, 1999), les eaux des deux stations sont de passable à mauvaise qualité.

Tableau 21 : Aptitude à la biologie en fonction de la DCO (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
DCO (mg/l O ₂)	20	30	40	80	>80

Les taux élevés enregistrés au niveau des deux stations sont essentiellement dus aux rejets diffus de l'agglomération de Constantine, d'où la hausse de la DCO. Quant aux chutes des teneurs, elles sont observées de septembre jusqu'à novembre. Cela peut être attribué à une diminution de la charge des matières organiques avec une réduction des matières non biodégradables responsables de cette pollution.

Si nous comparons nos résultats avec ceux obtenus par (Melghit, 2012) nous trouvons qu'il y'a une petite amélioration de la qualité des eaux surtout en aval de la ville de Constantine.

3.2.2 Matières organiques (MO)

La matière organique ou encore l'oxydabilité au permanganate, permet d'apprécier les teneurs en substances oxydables. Les eaux de l'oued Rhumel présentent un taux élevé en matières organiques, en moyenne $10,02 \pm 2,53$ mg/l à Ain Smara et $11,83 \pm 0,86$ mg/l à El Menia.

Les valeurs minimales sont de l'ordre de 6,6 mg/l à Ain Smara et 10,6 mg/l à El Ménia, en décembre. Quant aux valeurs maximales, elles sont de 14,1 mg/l en septembre à Ain Smara et 13 mg/l à El Ménia (Tab.13).

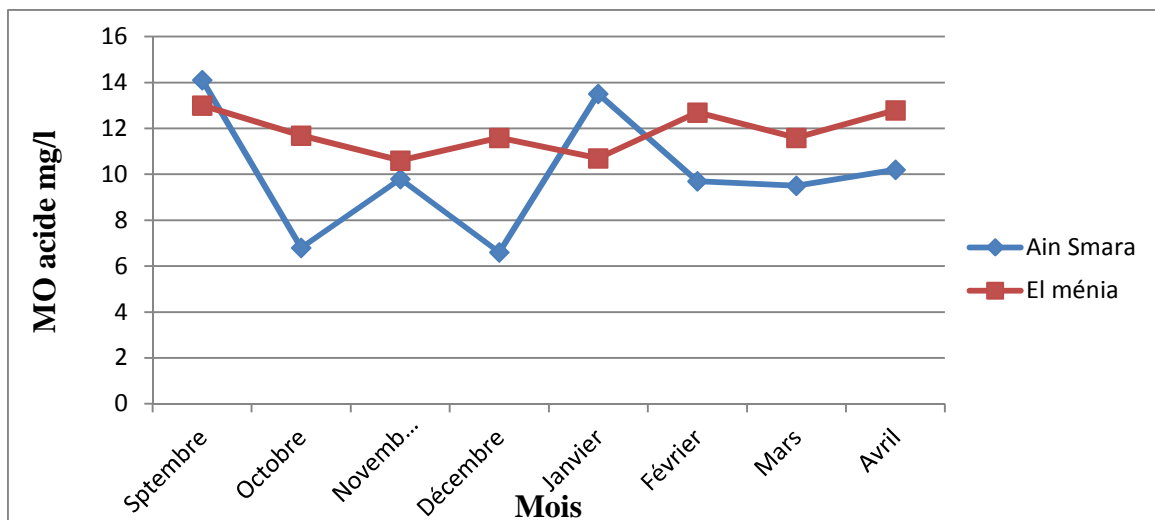


Figure 21 : Variations spatio-temporelles des teneurs en MO de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

D'après la figure 21, on constate des variations des teneurs de la matière organique dans l'espace et dans le temps. La station d'Ain Smara présente des fluctuations importantes de septembre à février puis elle se stabilise de février jusqu'à avril avec de faibles teneurs suite probablement aux bonnes conditions d'oxygénation qui permet une décomposition parfaite de la charge organique. En aval, à El Ménia, les teneurs en MO sont assez stables mais supérieures à celles d'Ain Smara. Cette augmentation du taux de la MO peut être attribuée à la fois aux rejets diffus de la ville de Constantine, à une moindre oxygénation et donc la présence d'une pollution organique. Cependant, selon le test T Student, la différence entre les deux stations n'est pas statistiquement significative ($p = 0,007$).

La présente étude vient confirmer une qualité médiocre en amont de la ville de Constantine affirmée par (Melghit, 2012) avec une amélioration vers l'aval où nous avons enregistré des teneurs en matières organiques beaucoup plus faibles.

3.2.3 Composés azotés

3.2.3.1 Ammonium (NH_4^+)

Les moyennes et les écarts types enregistrés sont de $1,10 \pm 1,84$ avec des valeurs extrêmes de 0 - 5,61 mg/l à Ain Smara et $10,09 \pm 7,12$ en moyenne à El Ménia avec les valeurs extrêmes de 1,72 – 24,75 (Tab.13).

La figure 22 illustre des variations spatio-temporelles importantes de septembre jusqu'à avril. Le test T Student a révélé une différence statistiquement significative ($p= 0,03$) entre les stations.

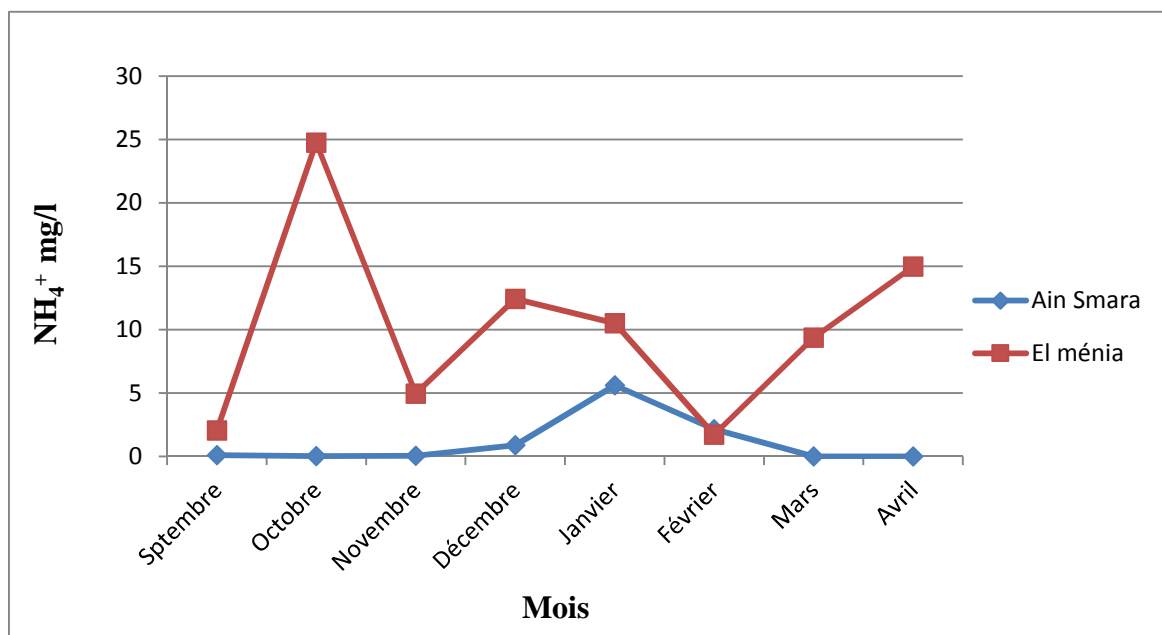


Figure 22: Variations spatio-temporelles des teneurs en ammonium de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

On remarque que la station d'Ain Smara se caractérise par de faibles taux en azotes ammoniacales, un maxima de 5,61 mg/l a été enregistré au mois de janvier suite probablement à l'augmentation du débit des cours d'eau, ce qui conduit à un remaniement des vases chargées en ammonium. A El Ménia, les valeurs augmentent par rapport à Ain Smara et atteignent le maxima en octobre avec un taux de 24,75 mg/l. L'ammonium provient des rejets diffus de la ville de Constantine. En effet, les taux d'ammonium croissent progressivement de l'amont (Ain Smara) vers l'aval (El Menia) ce qui met en évidence l'impact des rejets domestiques.

Tableau 22 : Aptitude à la biologie en fonction de l' NH_4^+ (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
NH_4^+ (mg/l)	0.1	0.5	2	5	>5
NH_4^+					

Les eaux sont de mauvaise qualité si la teneur excède 2 mg/l de NH_4 c'est le cas de Ain Smara en février et de El Menia en septembre. Les eaux sont de très mauvaise qualité à partir de 5 mg/l ceci est enregistrée à Ain Smara en janvier et El Ménia lors de tous les prélèvements exceptés en septembre et en février.

Si nous comparons nos résultats avec ceux obtenues par (Melghit, 2012) nous trouvons que les eaux de l'oued Rhumel sont toujours de mauvaise qualité où le taux d'ammonium croit de l'amont en aval.

3.2.3.2 Nitrite (NO_2^-)

Les valeurs enregistrées sont en moyennes de $0,82 \pm 1,00$ et les valeurs extrêmes sont de 0,009 - 3,39 mg/l d' NO_2^- à Ain Smara. El Menia par contre affiche une moyenne de $0,89 \pm 0,88$ mg/l d' NO_2^- et des valeurs extrêmes de 0,112 et 2,97 mg/l d' NO_2^- (Tab.13).

Les teneurs en nitrites présentent des variations dans l'espace et dans le temps (fig. 23) mais le test T Student ($p= 0,76$) révèle une différence non significative entre les 2 stations. Les nitrites dans l'eau proviennent essentiellement, soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant des bactéries (Rodier, 2009), cas peu probable car en général les eaux du Rhumel sont suffisamment oxygénées. Les nitrites représentent un stade intermédiaire instable.

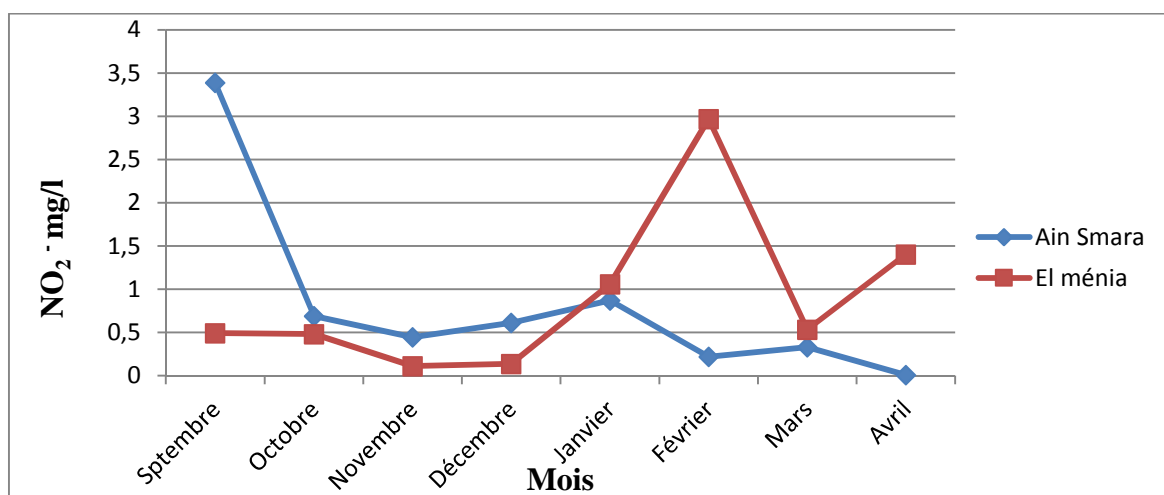


Figure 23: Variations spatio-temporelles des teneurs en nitrites de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

D'après la grille de système d'évaluation de la qualité des cours d'eau (Tab. 23), (SEQ-Eau, 1999) les eaux de l'oued Rhumel des deux stations évoluent entre les qualités, excellente à Ain Smara et bonne à El Menia à très mauvaises.

Tableau 23 : Aptitude à la biologie en fonction du NO_2^- (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
NO_2^- (mg/l NO_2^-)	0.03	0.3	0.5	1	>1

Nos résultats confirment les travaux précédents (Melghit, 2012), nous trouvons que la situation des eaux de l'oued Rhumel, toujours anormale, traduit un état de pollution organique observée.

3.2.3.3 Nitrates (NO_3^-)

Les teneurs en nitrates sont en moyenne de $20,62 \pm 5,89$ à Ain Smara avec une valeur minimale de 11 mg/l NO_3^- en septembre et de 31 mg/l NO_3^- en janvier ; à El Ménia, la moyenne est de $7,12 \pm 5,77$ avec une valeur minimale de 2 mg/l NO_3^- en janvier et une valeur maximale de 22 mg/l NO_3^- en avril (Tab. 13).

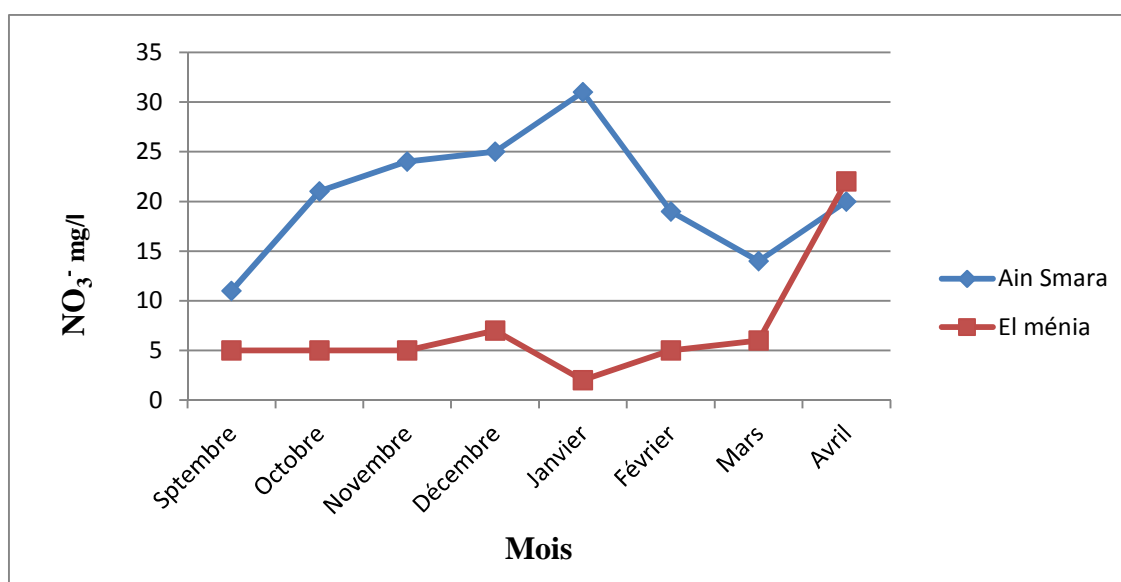


Figure 24: Variations spatio-temporelles des teneurs en nitrates de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

On observe de grandes variations spatio-temporelles illustrées par la figure 24. Les teneurs sont beaucoup plus élevées en amont de la ville (Ain Smara) par rapport à El Ménia qui se situe en aval de la ville. Le test T Student confirme cette observation, la différence entre les 2 stations est hautement significative ($p = 0,00069$).

Les nitrates sont naturellement présents dans notre environnement et peuvent avoir une origine naturelle par la transformation de matières organiques en décomposition par les micro-organismes ou alors d'origine domestique, industrielle et agricole (engrais, pesticides...etc.). Ils rejoignent ainsi les rivières par les nappes d'eaux souterraines et par ruissèlement des terres agricoles en période hivernale.

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique :

Composés organiques azotés Ammonium Nitrites Nitrates

En générale, les eaux de surfaces ne sont pas chargées pas plus de 10 mg/l NO_3^- en nitrates (O.M.S, 1989). Les valeurs obtenues à Ain Smara sont largement supérieures à cette limite.

Les teneurs maximales en nitrates enregistrées en amont de la ville (Ain Smara) sont de l'ordre de 31 mg/l NO_3^- au mois de janvier. Ceci peut être dû à l'utilisation des engrais azotés en agriculture. Ces derniers sont entraînés par le lessivage des terres cultivées lors de fortes pluies. Les eaux de pluies peuvent aussi contenir des nitrates en provenance des oxydes d'azote et de l'ammoniac présents dans l'atmosphère (Rodier, 2009).

La situation s'améliore en aval de Constantine (El Menia) où nous enregistrons des teneurs inférieures à 25 mg/l NO_3^- (bonne qualité), selon les normes et classes de qualités des cours d'eau (Tab.24, SEQ-Eau, 1999). Cette teneur peut être liée à la période printanière où la végétation serait abondante et où l'élévation de la température favorise la minéralisation de l'azote.

Tableau 24 : Aptitude à la biologie en fonction du NO_3^- (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
NO_3^- (mg/l)	2	10	25	50	>50
NO_3^-					

Toujours selon la grille du système d'évaluation et de la qualité des cours d'eau (Tab.23), (SEQ-Eau, 1999), nous concluons que les eaux de Ain Smara sont de bonne qualité pour tous les prélèvements exceptés ceux de décembre et de janvier où elles sont de qualité moyenne à mauvaise.

Comparativement aux résultats des travaux précédents de (Afri-Mehennaoui, 1998) et de (Khaldi et Melghit, 2007), On note actuellement que les eaux de l'Oued Rhumel sont caractérisées par des teneurs moins importantes en nitrates et par conséquent les eaux sont de meilleure qualité.

3.2.4 Phosphates (PO_4^{3-})

Les phosphates jouent un rôle très important dans le développement des algues ; avec les nitrates, ils sont susceptibles de favoriser leur multiplication dans les écosystèmes aquatiques, où ils contribuent à l'eutrophisation. Les phosphates peuvent avoir pour origine le lessivage des terres cultivées enrichies en engrais phosphatés ou traitées par certains pesticides et surtout la présence de lessives dans les eaux usées domestiques et urbaines (Rodier, 2009).

Au niveau d'Ain Smara, la teneur maximale enregistrée est de l'ordre de 3,06 mg/l PO_4^{3-} en décembre et de 0,02 mg/l PO_4^{3-} en février comme étant la valeur minimale. Quant à El Ménia, la teneur maximale est de 9,38 mg/l PO_4^{3-} en septembre et une valeur minimale de 0,85 mg/l PO_4^{3-} en mars. Les moyennes sont de $0,61 \pm 0,95$ et de $2,73 \pm 2,62$ PO_4^{3-} respectivement à Ain Smara et El Menia (Tab.13). Les teneurs sont généralement comprises dans l'intervalle 0 à 3 mg/l.

Les teneurs en phosphates présentent des fluctuations importantes d'un mois à un autre et d'une station à l'autre (Fig. 25). La différence entre les stations est statistiquement

significative (test T Student, $p = 0,003$). Dans l'ensemble, les teneurs d'El Menia sont supérieures à celles d'Ain Smara mettant en évidence l'impact des rejets la ville de Constantine sur l'oued Rhumel.

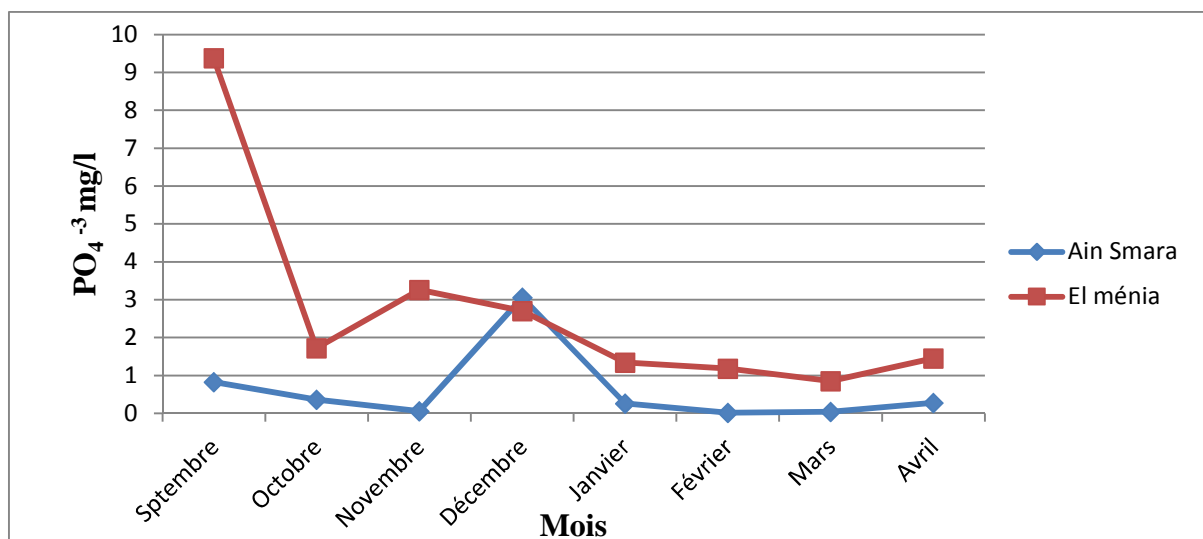


Figure 25 : Variations spatio-temporelles des teneurs en phosphate de l'eau de l'oued Rhumel à Ain Smara et El Menia

Tableau 25 : Aptitude à la biologie en fonction du PO_4^- (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
PO_4^- (mg/l)	0.1	0.5	1	2	>2
PO_4^-					

On constate que les eaux de la station d'El Ménia sont de mauvaise à très mauvaise qualité (au-delà de $2 \text{ mg / l } PO_4^{-3}$) durant tous les mois de prélèvements excepté mars, avec une teneur de $0,85 \text{ mg / l } PO_4^{-3}$. Ce qui révèle une situation douteuse et une pollution excessive d'origine urbaine (rejets diffus de la ville de Constantine).

Quant aux eaux de Ain Smara ; elles sont de très bonne qualité en novembre, février et mars, à bonne durant presque tous les mois de prélèvements sauf en décembre où elles sont devenues de très mauvaise qualité avec une valeur de $3,06 \text{ mg/l } PO_4^{-3}$.

Comparativement au travail précédant de (Melghit, 2012), nos résultats le confirment .En effet, les eaux de l'Oued Rhumel sont de qualité variable d'un mois à un autre.

Conclusion

Conclusion

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que, l'Oued Rhumel, l'une des ressources en eau les plus importantes dans le Constantinois, constitue un grand réceptacle de tout type de rejets de diverses natures. Ce cours d'eau est soumis à des pressions démographiques et industrielles très importantes. Néanmoins les eaux usées de Constantine et de sa banlieue sont collectées et traitées à la station d'épuration Ibn Ziad, dans le but de protéger le barrage Béni-Haroun réceptacle du Rhumel.

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la qualité physico-chimique et le niveau de la pollution organique des eaux du Rhumel en amont et en aval de Constantine durant une période de 8 mois (septembre 2015 à Avril 2016) afin d'apprécier l'impact de la ville sur l'écosystème aquatique. Il est important de signaler que les prélèvements des échantillons d'eaux ont été effectués en dehors de la période estivale, où le débit de l'oued est à son plus bas niveau, conduisant à une concentration des divers polluants.

Malgré le bon fonctionnement de la station d'épuration IBN ZIAD destinée aux traitements des eaux usées nous avons décelés des perturbations du milieu. En effet, les résultats obtenus suite à cette présente étude nous ont permis de réaliser une évaluation de la qualité physico-chimique et de déterminer le niveau de pollution des eaux du Rhumel.

Les paramètres analysés ont révélé :

- Une température de l'eau saisonnière ;
- Des valeurs de pH reflétant une neutralité à une faible alcalinité ;
- Une CE généralement faible, ne dépassant pas les normes critiques ;
- Un taux d'oxygène dissous assez élevé traduisant un processus d'autoépuration avancé ;
- Une turbidité assez faible, traduisant une eau de bonne qualité ;
- Des taux importants de résidu sec et MES révélant une pollution particulaire et dissoute à la fois organique et minérale ;
- Des paramètres de pollutions (DCO, MO) avec une teneur assez importante traduisant une qualité médiocre et un état critique de la pollution organique mais comparativement aux résultats des travaux précédents, nous constatons une diminution des teneurs en aval de l'oued Rhumel ;
- Des teneurs en matières azotés (Ammonium, nitrites, nitrates) reflétant une qualité médiocre des eaux ;

Conclusion

- Des teneurs élevées en phosphates caractérisant une situation douteuse et un état critique de la pollution.

Comparativement aux études précédentes, nous constatons une amélioration de la qualité des eaux, les paramètres révélant une pollution organique (DCO, MO, azotes et phosphates) des eaux de l'oued Rhumel traduisent un état préoccupant qu'il ne faut pas négliger. La qualité de l'eau en amont, à Ain Smara est loin d'être indemne de pollution, essentiellement par les apports dus aux activités agricoles. Cependant, comparativement aux études précédentes, nous constatons une diminution de la pollution surtout en aval de la ville de Constantine. Cette amélioration de la qualité des eaux revient sans doute à la collecte des eaux usées, même si cette dernière n'est pas totale.

Comme perspective à ce travail, qui constitue le suivi de la qualité des eaux de l'oued Rhumel nous proposons un plan de gestion plus maîtrisé, efficace, économique et rapide pour la remédier à cette pollution préoccupante.

La volonté politique est primordiale pour un développement durable et un environnement sain.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

AFNOR, 1975. Essais des eaux. Table de solubilité de l'oxygène dans l'eau. NF T 90-032, 6 pp.

Afri F. Z, 2006. Evaluation du niveau de contamination par les métaux lourds de différents compartiments d'un écosystème aquatique (eau, sédiments, faune macroinvertébrée, macrophytes) de l'Oued Rhumel et son affluent l'Oued Boumerzoug en zone urbaine (Constantine). Thèse de doctorat en science. Université Mentouri, Constantine. 267 p.

Afri F.Z et Pauwels J.M, 1983. Teneurs physico-chimiques et présence de diatomées dans l'oued Rhumel. Mém. de la Sc. d'Hist, Nat, de l'Afrique du Nord ; 13 : 131 – 144, page 3,4.

Afri-Mehennaoui F.Z, Sahli L, et Mehennaoui S, 2004. Assesment of sediment trace metals level contamination and biological quality of the Rhumel river ans its prncipal tributary Boumerzoug river by using multivariate analysis.

Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue. 2009. Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°2.

Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue. 2000. Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°05.

Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue. 2004. Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°08.

Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue, 2009. Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°13.

Brémond R et Vuichard R, 1973. Les paramètres de la qualité de l'eau. Ed. La documentation française. Paris. 173 p.

Khaldi F. Z. et Melghit M, 2007. Qualité physico-chimique, pollution organique et contamination métallique (Fe, Cu, Mn et Zn) de l'Oued Rhumel et des eaux des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Mémoire d'ingénieur en Ecologie et environnement. Université Mentouri, Constantine, 102p.

Références bibliographiques

Masson J. P., 1988. Suivi de la qualité des eaux superficielles : l'expérience française. In : la qualità delle acque superficiali, criteria per una metodologia omogenea di valutazione, atti del convegno interazione. Palazzo dei Congressi. 99-100.

Mébariki A., 2005. Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse d'état. Université Mentouri-Constantine, 306 p.

Mehennaoui- Afri F. Z, 1998. Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Mémoire de magistère en Ecologie. Université Mentouri, Constantine, 238 p.

Melghit M, 2012. Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Mémoire de magistère. Université Mentouri, Constantine, 141 p.

OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 1989. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. 3ème rapport du comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, rapport technique n°776 de l'OMS. Genève (Suisse). 156 p.

Ramade F, 1993. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed. *Science International*. Paris, 822 pp.

Ramade F, 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2ème Ed. *DUNOD*. Paris. 1075 pp.

Rodier J, 2005. Analyse de l'eau ; Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Ed. *DUNOD Bordas*, Paris, 8ème édition, 1383 pp.

Rodier J, 2009. Analyse de l'eau ; Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Ed. *DUNOD Bordas*, Paris, 9ème édition, 1526 pp.

Sahli L, 2002. L'évaluation de la contamination par le cadmium, le plomb, le chrome et le manganèse dans les sédiments, les macroinvertébrés et une plante aquatique (*Roripa*

Références bibliographiques

nasturtium aquaticum) dans l'oued Rhumel et son affluent l'oued Boumerzoug en zone urbaine. Mémoire de Magistère. Université Mentouri-Constantine.126p.

Sahli L et al, 2011. Assessment of sediment quality and pore water ecotoxicity in Kebir Rhumel basin (NE Algeria) a combined approach. Water Science and Technology.

Sahli L, 2012. Etude du comportement de quelques espèces floristiques et faunistiques des écosystèmes aquatiques vis-à-vis des éléments traces métalliques par des bioessais. Thèse de doctorat. Université Mentouri-Constantine. 215p.

Sahli L et al, 2014.Utilisation des indices pour l'évaluation de la qualité des sédiments : cas du bassin versant boumerzoug (Algeria). European Scientific Journal.

Annexes

RESEAU DE SURVEILLANCE

FICHE DE TERRAIN

-N° :

-Code :

-Heure et date de prélèvement :

-Code Echantillon :

-Nom Opérateur :

-Aspect Abord : Propre...Sale.

-Couleur : Incolore...Légèrement coloré...Très coloré...Noirâtre...Grisâtre...Jaunâtre.

-Limpidité : Sans...Légère...Forte.

-Nature odeur : Aromatique...Balsamique...Chimique...Chlore...Hydrocarburée...

Sulfurée...Désagréable...De terre...Fécaloïde...D'herbe...Moisi.

-Débit m³/s ou volume :

-Température de l'air :

-Présence d'hydrocarbure : Oui...Non.

-Lieu de prélèvement : A partir de la berge...Au milieu du courant...Sur toute la section...Oued sec.

-Présence de détergents : Oui...Non.

-Météorologie : Soleil...Nuage...Pluie...Fine pluie...Orage.

-Etat du périmètre de protection : Propre...Sale.

-Matières flottantes : Oui...Non.

Bulletin de l'oxygène dissous en fonction de la température.

Température °C	Cs Mg/l	Température °C	Cs Mg/l	Température °C	Cs Mg/l
0	14,56	17	9,65	34	7,02
1	14,16	18	9,45	35	6,91
2	13,78	19	9,26	36	6,80
3	13,42	20	9,09	37	6,70
4	13,06	21	8,90	38	6,60
5	12,73	22	8,73	39	6,50
6	12,41	23	8,58	40	6,41
7	12,11	24	8,42	41	6,31
8	11,81	25	8,26	42	6,22
9	11,52	26	8,06	43	6,12
10	11,25	27	7,91	44	6,03
11	10,99	28	7,77	45	5,94
12	10,75	29	7,63	46	5,85
13	10,50	30	7,49	47	5,76
14	10,28	31	7,37	48	5,67
15	10,06	32	7,25	49	5,59
16	9,85	33	7,13	50	5,50

Formule de conversion en % :

$$Y\% = \frac{100 * X}{Cs}$$

Cs

X= mesure de l'O₂ dissous

Evaluation du niveau de la pollution organique des eaux de l'oued Rhumel en amont et en aval de Constantine.

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Ecologie et environnement

Le présent travail porte sur l'évaluation et le suivi de la qualité physico-chimique et de la pollution organique sur un cours d'eau très important dans le Constantinois « l'oued Rhumel » où nous avons choisis deux stations, en amont à Ain Smara et en aval à El Ménia de la ville de Constantine.

Pour cela nous avons procédé à des mesures et des analyses de différents paramètres révélateurs de la qualité physico-chimique (température, pH, conductivité électrique et résidu sec) et du degré de pollution organique (oxygène dissous, matière organique, DCO, matières en suspension, les différentes formes azotées (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) et les phosphates) pendant 8 mois de septembre 2015 jusqu'à avril 2016.

L'ensemble des paramètres déterminés révèle une pollution organique (DCO, MO, azotes et phosphates) des eaux de l'oued Rhumel traduisant un état préoccupant qu'il ne faut pas négliger.

Cependant, comparativement aux études précédentes, nous constatons une diminution de la pollution surtout en aval de la ville de Constantine. Cette amélioration de la qualité des eaux revient sans doute à la collecte des eaux usées, même si cette dernière n'est pas totale.

En effet, il serait important de mieux exploiter la station d'épuration d'IBN ZIAD pour une collecte des eaux usées plus maîtrisée et plus globale.

Mots clés : Qualité, physico-chimie, pollution, Eau

Laboratoire de recherche : Agence nationale des ressources hydriques de Constantine

Jury d'évaluation :

Président du jury : *TOUATI Laid* (MCB - UFM Constantine),
Rapporteur : *AFRI-MEHANNAOUI Fatima Zohra* (MCA - UFM Constantine),
Examineur : *SAHLI Leila* (MCA - UFM Constantine).

Date de soutenance : 22/06/2016