

Qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de l'Oued Hassar : impacts des eaux usées de la localité de Mediouna (Périurbain de Casablanca, Maroc)

Safaa FOUAD^{1,2}, Kaoutar HAJJAMI², Nozha COHEN² et Mohamed CHLAIDA^{1*}

¹Laboratoire d'Ecologie et d'Environnement (LEE), Université Hassan II-Mohammedia-Casablanca, Faculté des Sciences Ben M'sik, BP 7955-Sidi Othmane, Casablanca, Maroc

²Division de Microbiologie et d'Hygiène des Aliments et de l'Environnement, Institut Pasteur du Maroc, Casablanca, Maroc

* Correspondance, courriel : med_chlaida@yahoo.fr

Résumé

Une des préoccupations majeures du début du XXI^e siècle est la pérennité d'une ressource en eau suffisante pour satisfaire les besoins d'une population en forte croissance dans un contexte mondial marqué par le changement climatique et ses conséquences hydrologiques. Cette problématique ne se limite pas à la quantité des ressources en eau, mais porte également sur leur qualité qu'il faut aujourd'hui plus que jamais bien gérer. Les activités industrielles, agricoles ou urbaines peuvent modifier la qualité des eaux et les rendre impropres à l'utilisation. C'est le cas de la zone périurbaine du Nord Est du grand Casablanca (Province de Mediouna), où le cours d'eau d'Oued Hassar reçoit, à ciel ouvert, les rejets d'eaux usées de Mediouna dont les impacts écologiques et sanitaires sont multiples.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que les eaux de ce cours d'eau sont caractérisées par une minéralisation importante comme l'indiquent les valeurs élevées de la conductivité électrique et des chlorures. De même, ces eaux présentent une pollution importante confirmée par les valeurs élevées de la DCO, le phosphore total et l'azote ammoniacal. En ce qui concerne les métaux lourds (Cd, Pb, Cr, Cu, Fe et Zn), l'analyse des résultats montre que les concentrations en éléments traces dans les eaux usées de Mediouna et de celles d'Oued Hassar ne constituent pas un facteur limitant pour la réutilisation de ces eaux dans l'irrigation.

Mots-clés : *Casablanca, Oued Hassar, eaux usées, pollution, physicochimie, métaux lourds.*

Abstract

Physico-chemical and heavy metal contamination of waters of the river Hassar: Impacts of wastewater from the town of Mediouna (Suburbain of Casablanca, Morocco)

A major concern of the early twenty-first century is the sustainability of water resources sufficient to meet the needs of a growing population in a global context marked by climate change and its hydrological consequences. This problem is not limited to the amount of water resources, but also touches the quality of these resources that we should manage now more than ever. Industrialism, agriculture or urbanism may affect water quality and make it useless. This is the case of the suburban area of northeast of Casablanca

(Mediouna Province), where the river Hassar receives discharges of wastewater that increase the ecological and health impacts.

The results of physicochemical analysis show that the water of this river is characterized by a significant mineralization as indicated by high values of electrical conductivity and chloride. So this water is extremely polluted, because a high level of COD, total phosphorus and ammoniacal nitrogen has been found in this water. In what concerns heavy metals (Cd, Pb, Cr, Cu, Fe and Zn), the analysis shows that the concentrations of trace elements in wastewater of Mediouna and those of Wadi Hassar Don't contain a limiting factor for the reuse of water in irrigation.

Keywords : *Casablanca, Hassar Wadi, wastewater, pollution, physico-chemical, heavy metals.*

1. Introduction

Le développement socio-économique conjugué à la croissance démographique engendre l'augmentation des besoins en eau qui se traduit par l'utilisation excessive des ressources en eau et par la production et le rejet d'un important volume d'eaux usées dans les milieux récepteurs.

En effet, au Maroc et au cours des dernières décennies, le rythme de développement du pays s'est accéléré et diverses activités anthropogéniques se sont installées dans plusieurs régions et zones à proximité des grandes villes et aussi en plein milieu rural. La cadence d'urbanisation a nettement augmenté avec l'apparition de plusieurs centres urbains et villages au détriment des espaces et paysages naturels. Il en résulte également une production excessive et des rejets importants d'eaux usées qui génèrent des déséquilibres sérieux des écosystèmes aquatiques et notamment les principaux cours d'eau marocains. Plusieurs travaux, menés il y a quelques années principalement dans ces différents milieux aquatiques tels les Oueds de Sebou, Oum Er Rbia, Moulouya, Bouregreg révèlent l'atteinte de niveaux de dégradation inquiétants [1-5].

Plus récemment d'autres études ont intégré les petits cours d'eau et particulièrement ceux qui coulent au voisinage des grandes villes. Les résultats obtenus suite à ces travaux confirment une fois de plus un niveau de pollution et de dégradation important [6-9].

Dans la zone Nord Est du périurbain du grand Casablanca (Province de Mediouna), le cours d'eau de l'Oued Hassar était alimenté naturellement par des sources d'eau saumâtres et jouissait d'un rôle important dans l'irrigation des cultures, l'abreuvement du bétail et l'animation éco-touristique (socio-économique) de la zone des cascades situées à 10Km plus en aval des ses sources. Mais, depuis quelques années, le cours d'eau en question reçoit, à ciel ouvert, les rejets d'eaux usées de la localité de Mediouna (15000 habitants) dont les impacts écologiques et socio-économiques pourraient être multiples:

- Contamination chimique, bactériologique et parasitologique des eaux de surface et souterraines ;
- Intoxication et mortalité des animaux domestiques et diminution des rendements des terres agricoles ;
- Nuisances olfactives, visuelles et respiratoires chez la population riveraine.

Une étude préliminaire de ce cours d'eau, entamée dès 1998 dans le cadre d'un travail hydrobiologique global du réseau hydrographique de l'Oued Mellah [10], a révélé les premiers signes d'un début de dégradation de la qualité de ses eaux. Mais depuis, le milieu a connu d'importantes transformations liées à l'effet de sécheresse, l'implantation de nouvelles habitations rurales sur ses rives et surtout la construction,

en 2004, d'un barrage (Oued Hassar) plus en aval dont les eaux de la retenue sont utilisées à l'irrigation agricole, l'abreuvement du bétail et à d'autres activités de lavage, etc.

L'objectif de notre étude est de caractériser plus en détails la physicochimie globale et le degré de contamination métallique des eaux de ce cours d'eau et d'évaluer, par la même occasion, leur qualité en rapport avec les rejets d'eaux usées reçues, l'effet de sécheresse et les normes marocaines d'irrigation agricole et de rejets directs dans le milieu récepteur.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude et description des stations de prélèvement

Le milieu d'étude se situe au Nord Est du grand Casablanca (Province de Mediouna) et fait partie de la grande région du sahel de Mohammedia-Ben Slimane qui correspond à un plateau incliné vers la mer traversé par les deux longues et larges vallées des Oueds Mellah et Nfifikh [10].

Oued Hassar est un affluent de l'Oued Mellah (*Figure 1*) qui drainait une partie de la nappe phréatique de Berrechid, au Sud Ouest, sous forme de sources. La principale source d'Oued Hassar est située à 3 Km au Nord-Est de la municipalité de Mediouna à une altitude de 155 m, les autres sources se localisent plus en aval tout au long du cours d'eau. Mais depuis quelques années et suite aux effets de sécheresse qui frappe le pays, ces différentes sources ont connu un assèchement important et la plus grande partie des eaux du cours d'eau proviennent des effluents liquides de Mediouna qui se déversent, à quelques dizaines de mètres de la source principale, au niveau de la zone de Sidi Brahim (SBR).

Juste après cette zone de Sidi Brahim, l'Oued Hassar est canalisé sur une distance d'environ 4 Km où la vallée est légèrement encaissée. Il arrive ensuite dans une zone plus ouverte où il déborde de sa canalisation pour former une première zone marécageuse riche en petites résurgences et en végétation abondante de Joncs.

A la sortie de cette première zone marécageuse, l'Oued Hassar reste sur sa canalisation jusqu'à l'entrée de la région de l'hôpital psychiatrique (HPS) avant de former une deuxième zone marécageuse plus petite au point de la confluence avec son affluent Oued Mouilleh. A l'approche du village de Sidi Hajjaj (SHJ), l'Oued Hassar revient à sa canalisation qu'il ne va plus quitter jusqu'à la retenue de barrage Hassar.

A la lumière de ce trajet et des impacts auxquels le cours d'eau est soumis, trois stations similaires à celles des travaux antérieurs [6,7] ont été choisies au niveau du lit de l'Oued Hassar (*Figure 1*) afin de suivre l'évolution de la qualité de ses eaux. Ces points de prélèvement sont de l'amont vers l'aval:

- La station « Sidi Brahim, SBR », située près du marabout Sidi Brahim, où sont rejetées l'ensemble des eaux usées produites par la localité de Mediouna. Les sources principales d'eau de l'Oued sont très proches (300m) mais elles sont à sec. La station se caractérise par un sédiment formé de vase et de boues de décantation des eaux usées mélangées à des débris divers (plastique, verre, métal... etc). La végétation riveraine est formée de Joncs et de quelques herbacées qui se développent en saison printanière.
- La station « hôpital psychiatrique, HPS » est localisée près de l'hôpital psychiatrique juste après la première zone marécageuse. La station est entourée de quelques habitations rurales possédant des animaux d'élevage pouvant prendre contact avec l'eau de l'Oued Hassar. Le sédiment de la station est du type argilo-vaseux et la végétation est assez bien développée et formée de toufs de Joncs.
- La station « Sidi Hajjaj, SHJ », située en amont de la commune Sidi Hajjaj et juste à la sortie de la deuxième zone marécageuse. Le point de prélèvement a lieu au niveau de la canalisation de l'Oued dans une zone plate, dépourvue de bordures et servant de lieu de traversée des habitants entre les

deux rives de l'Oued. La vitesse de l'eau est plus importante que dans les autres stations car le fond de l'Oued est bétonné, le sédiment est inexistant et la végétation de Joncs existe uniquement en bordures.

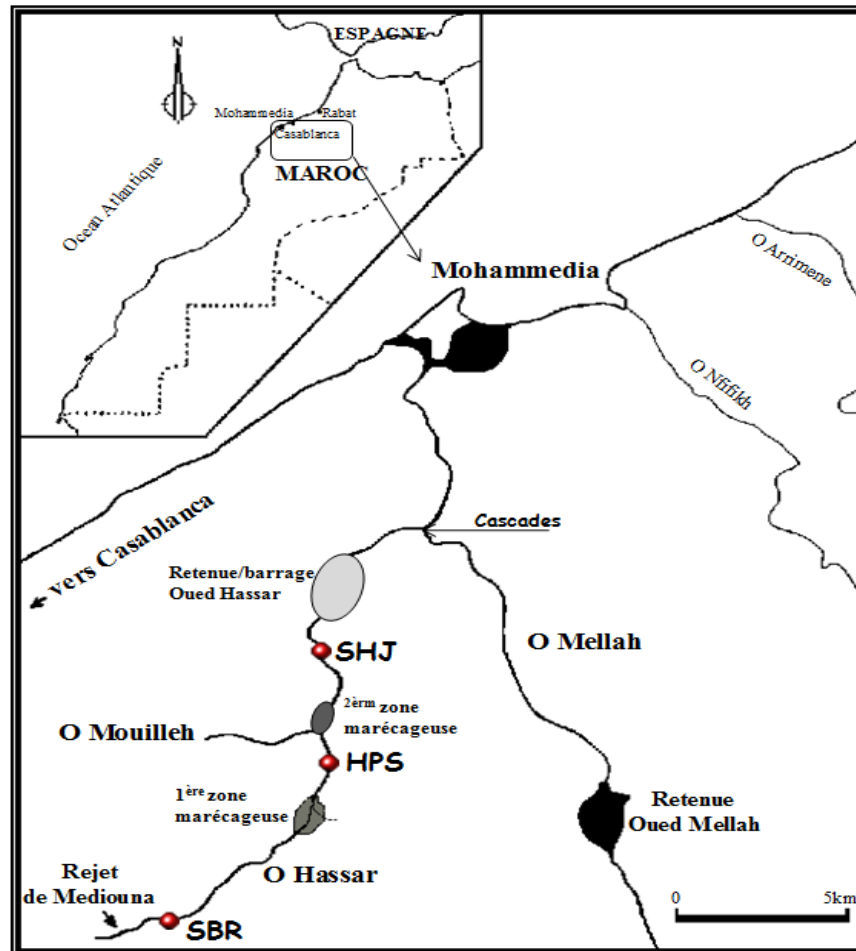


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude et location des stations de prélèvements
 SBR: Sidi Brahim; HPS: Hôpital psychiatrique; SHJ: Sidi Hajjaj.

2-2. Méthodologie et matériel utilisé

Durant notre cycle d'étude, nos mesures in situ et nos prélèvements ont été effectués mensuellement durant la période allant du mois de Mai 2010 jusqu'en Avril 2011. Les mesures in situ de la Température, pH, Conductivité électrique et TDS ont été réalisées à l'aide d'un multi-paramètre portatif (Consort, type C 535) alors que celle de la turbidité est faite à l'aide d'un Turbidimètre (EUTECH TN 100).

Pour les analyses physicochimiques, les échantillons d'eau sont prélevés sur le terrain dans des bouteilles en polyéthylène et transportés à froid (4°C) dans une glacière jusqu'au laboratoire. Les analyses physicochimiques des eaux, ont porté sur les paramètres figurant dans le tableau ci-dessous (**Tableau 1**) selon les normes préconisées par AFNOR [11] ou celles homologuées par RODIER [12].

Tableau 1 : Méthodes d'analyse des différents paramètres physico-chimiques

Paramètres	Méthode utilisée	Unité	Référence
Chlorures	Méthode de Mohr	mg/L	NF T 90-014
Sulfates	Méthode néphélobimétrie	mg/L	NF T 90-040
Orthophosphates	Méthode au molybdate d'ammonium	mg/L	NF EN 1189
Phosphore total	Dosage du phosphore total après oxydation au peroxydisulfate	mg/L	NF EN 1189
Ammonium	Méthode au bleu d'indophénol	mg/L	NFT 90-015
Nitrates	Méthode au salicylate de sodium	mg/L	Rodier 1996
DCO	Oxydation par le bichromate de potassium	mg/L	NF T 90-101

Les métaux lourds Pb, Cd, Cr, Zn, Fe et Cu ont été analysés à l'aide de la spectrométrie d'émission atomique couplée à un plasma induit (ICP-AES) de type JOBIN-YVON, au laboratoire du CNRST, Rabat.

Les résultats des différentes campagnes de prélèvements sont présentés sous forme de tableau (*Tableaux 2 et 3*) de valeurs moyennes, maximales et minimales afin de faciliter leur comparaison avec les normes marocaines des eaux destinées à l'irrigation des cultures (NMEDI) [13] et celles fixant les limites de rejets directs dans le milieu récepteur (NMRD) [14].

3. Résultats

3-1. Les paramètres physico-chimiques

3-1-1. La température

La température des eaux des différentes stations étudiées varie en moyennes entre 19,12°C et 21,7°C. Les valeurs maximales oscillent autour de 28°C enregistrées au niveau des stations SBR et SHJ, et restent inférieures à 35°C, considérée comme valeur limite préconisée par les NMEDI.

3-1-2. Le pH

Les valeurs moyennes du pH montrent des fluctuations au niveau des stations étudiées allant de 6,47 à 7,61 alors que les valeurs extrêmes varient entre 3,2 mesurée en amont (SBR) et 8,45 enregistrée en aval (SHJ). Les valeurs moyennes restent généralement comprises entre 6,5 et 8,4, considérées comme valeurs limites des NMEDI.

3-1-3. La Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique de nos eaux enregistre des valeurs moyennes allant de 3223,3 µS/cm (SBR) à 4427,7 µS/cm (HPS). Les valeurs maximales varient entre 5340 µS/cm (SBR) et 5540 µS/cm (SHJ) alors que les minimales sont comprises entre 2470 µS/cm (SBR) et 3510 µS/cm (HPS). Ces valeurs restent supérieures à la valeur limite des 1200µS/cm fixées par les NMEDI.

3-1-4. La Teneur en Sels Dissous (TDS)

La salinité (TDS) moyenne des eaux de nos stations est comprise entre 1,73 g/L mesurée au niveau de SBR et 2,38 g/L signalée à HPS. Les valeurs maximales de la TDS oscillent entre 2,89 g/L (SBR et HPS) et 3 g/L (SHJ) et ne dépassant pas donc la valeur limite de 7.68 g/L de salinité prescrite par les NMEDI.

3-1-5. Les chlorures

La teneur des eaux en chlorures au niveau des stations étudiées atteint des valeurs moyennes comprises entre 1034,7 mg/L (SBR) et 1994,56 mg/L (HPS). Les valeurs maximales atteignent 2428,02 mg/L au niveau de la station SBR et 2980,74 mg/L au niveau de la station HPS. Au même moment les concentrations minimales varient entre 552,72 mg/L(SBR) et 1026,5 mg/L (HPS) et dépassent donc les 350 mg/L considérée comme valeur limite des teneurs en chlorures préconisée par les NMEDI.

3-1-6. Les sulfates

Les concentrations moyennes en sulfates dans nos eaux suivent un gradient croissant de l'amont (56,56 mg/L à SBR) vers l'aval (77,25 mg/L à SHJ). Les valeurs maximales varient globalement entre 102,57 mg/L et 162,8 mg/L et restent inférieures à la valeur limite des 250 mg/L fixées par les NMEDI.

Tableau 2 : Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux de l'oued Hassar

Paramètre	SBR			HPS			SHJ			NMEDI
	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	
T (°C)	17	21,7	28	13	19,125	27	14	20,16	28	35
pH	3,2	6,47	8,21	6,07	7,49	8,24	7	7,61	8,45	6,5-8,4
C.E (µs/cm)	2470	3223,3	5340	3510	4427,7	5340	336	4369,1	5540	12000
TDS (g/L)	1,35	1,73	2,89	1,88	2,38	2,89	1,8	2,355	3	7,68
Chlorures (mg/L)	552,72	1034,7	2428	1026,5	1994,5	2980,4	947,5	1923	2812,9	350
Turbidité (NTU)	117	346,75	599	5,76	24,92	115	8,2	19,39	42,8	-
Sulfates (mg/L)	11,39	56,56	102,5	4,12	71,07	152,6	2,25	77,25	162,8	250
Orthophosphates (mg/L)	3,11	5,165	7,71	1,24	2,814	3,59	0,38	1,975	4,11	-
Phosphore Total (mg/L)	5,53	8,507	13,22	1,48	4,54	7,82	1,66	2,855	4,79	-
Nitrates (mg/L)	0,149	1,817	12,71	0,194	4	14,92	0,05	3,346	14,51	30
Ammonium (mg/L)	0,27	31,8	72,15	0,19	14,16	42,88	0,02	7,71	24,19	-
DCO (mg/l)	48	168	366	9,6	36,8	86,4	9,6	28,8	67,2	-

SBR: Sidi Brahim; HPS: Hôpital psychiatrique; SHJ: Sidi Hajjaj.

3-1-7. Les orthophosphates

La concentration moyenne en orthophosphates enregistrée au niveau de nos stations varie entre 1,975 mg/L enregistrée en SHJ et 5,165 mg/L signalée au niveau des eaux de SBR. La valeur maximale des teneurs en orthophosphates ne dépasse pas 7,71 mg/L (SBR) et reste inférieure à 10 mg/L considérée comme valeur limite des NMRD dans le milieu récepteur.

3-1-8. Le phosphore total

Les différentes concentrations moyennes en phosphore total enregistrées au niveau des stations étudiées sont comprises entre 2,855 mg/L (SHJ) et 8,507 mg/L (SBR). Les valeurs maximales varient entre 4,79 mg/L au niveau de la station SHJ et 13,22 mg/L au niveau de la station SBR montrant ainsi une diminution de la teneur de l'amont vers l'aval.

3-1-9. Les nitrates

Les teneurs moyennes en nitrates sont comprises entre 1,817 mg/L enregistrée au niveau de la station SBR et 4 mg/L signalée au niveau de la station HPS. Les valeurs maximales varient entre 12,714 mg/L et 14,924 mg/L et restent inférieures à la valeur limite des 30 mg/L fixées par les NMEDI.

3-1-10. L'ion ammonium

Les concentrations moyennes en ion ammonium au niveau des stations étudiées sont comprises entre 7,71 mg/L (SHJ) et 31,8 mg/L (SBR). Les valeurs maximales varient entre 24,19 mg/L au niveau de la station SHJ et 72,15 mg/L au niveau de la station SBR montrant ainsi un gradient décroissant de l'amont vers l'aval.

3-1-11. Turbidité

Les valeurs moyennes de ce paramètre varient entre 19,39 NTU enregistrée à SHJ et 346,75 NTU signalée à SBR. Les valeurs maximales, quand à elles, sont comprises entre 599 NTU au niveau de SBR et 42,8 NTU au niveau de SHJ montrant ainsi un gradient de turbidité décroissante de l'amont vers l'aval.

3-1-12. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La valeur moyenne de la DCO passe de 168 mg/L en amont (SBR) à 28,8 mg/L à l'aval (SHJ). Les valeurs maximales sont comprises entre 366 mg/L notées en amont et 67,2 mg/L enregistrées à l'aval. Ces valeurs restent inférieures à 500 mg/L considérée comme valeur limite des NMRD dans les milieux récepteurs.

3-2. Les métaux lourds

Plusieurs métaux lourds peuvent être présents dans les eaux usées selon leurs origines. Dans notre étude, on s'est limité à la détermination de six éléments: Cd, Cr, Pb, Cu, Fe et Zn (**Tableau 3**) du fait que ces métaux se retrouvent souvent dans les eaux usées domestiques et industrielles et leurs impacts écologique et sanitaires peuvent être importants.

Tableau 3 : Résultats des métaux lourds des eaux de l'oued Hassar.

Métal	RSB			HPS			SHJ		
	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.
Cd (mg/L)	0,022	0,022	0,023	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Cr (mg/L)	0,005	0,007	0,011	0,004	0,005	0,007	0,005	0,005	0,006
Cu (mg/L)	0,014	0,018	0,022	0,015	0,019	0,036	0,012	0,016	0,026
Pb (mg/L)	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Fe (mg/L)	<0,002	0,05	0,123	<0,002	0,012	0,05	<0,002	0,01	0,03
Zn (mg/L)	0,039	0,044	0,054	0,036	0,039	0,042	0,034	0,034	0,035

SBR: Sidi Brahim; HPS: Hôpital psychiatrique; SHJ: Sidi Hajjaj.

Les teneurs moyennes en Cd des eaux des différentes stations étudiées ne varient pas et se situent globalement aux alentours de 0,022 mg/L. Les valeurs maximales de ces teneurs atteignent 0,023 mg/L et sont légèrement supérieures à la valeur limite de 0,01 mg/L préconisée par les NMEDI. Les concentrations moyennes en Cr varient entre 0,005 et 0,007 mg/L alors que les maximales restent comprises entre 0,011 mg/L enregistrée en amont (SBR) et 0,006 mg/L mesurée en aval (SHJ). Cette dernière valeur maximale reste inférieure à la valeur limite du 0,1 mg/L préconisée par les NMEDI. Les valeurs moyennes des teneurs en Cu au niveau des différentes stations étudiées varient entre 0,016 et 0,019 mg/L et les maximales entre 0,036 mg/L (HPS) et 0,026 mg/L (SHJ). Ces valeurs maximales restent largement inférieures à la valeur limite des NMEDI soit 0,2 mg/L. Les teneurs en Pb obtenues pour l'ensemble des stations sont inférieures à 0,004 mg/L et restent donc largement inférieures à la valeur limite des 5 mg/L préconisée par les NMEDI. Les teneurs moyennes en Fe enregistrées au niveau de notre zone d'étude varient entre 0,01 et 0,05 mg/L. Les valeurs maximales sont comprises entre 0,123 mg/L en amont (SBR) et 0,03 mg/L en aval (SHJ) restant inférieures à la valeur limite des 5 mg/L fixée par les NMEDI. Les concentrations en Zn ne dépassent pas globalement 0,05 mg/L enregistrée au niveau de SBR et sont donc largement inférieure à 2 mg/L qui constitue la valeur limite préconisée par les NMEDI.

4. Discussion

La température moyenne des eaux des stations d'étude de notre cours d'eau montre une certaine stabilité spatiale et ne dépasse pas les 22 °C et restent légèrement supérieures à celles signalées par [7] dans ce même cours d'eau. Cette différence serait liée à l'importance du volume d'eaux usées qui sont généralement plus chaude et font augmenter la température des eaux. Les valeurs moyennes du pH enregistrées au niveau des eaux de nos stations d'étude sont globalement proches de la neutralité, mais les valeurs minimales et maximales peuvent parfois atteindre des extrêmes d'acidité (3,2).

Nos résultats restent comparables à ceux signalés par [9] au niveau de l'Oued Boufekrane (région de Meknès) et par [15] au niveau de l'Oued Bounaïm (région d'Oujda) qui reçoit également des eaux usées en permanence. Toutefois, nos valeurs de pH s'avèrent relativement inférieures à celles mesurées par [6,10] au niveau de notre milieu il y a une dizaine d'années à l'époque où le cours d'eau recevait peu d'eaux usées et l'apport des eaux des sources naturelles était encore bien marqué. Il en résulte que la transparence des eaux est importante et l'activité photosynthétique se manifestait plus dans le milieu favorisant ainsi l'augmentation du pH. Actuellement, la tendance est plus vers la respiration et la fermentation afin de dégrader les apports en matières organiques drainées par les eaux usées et qui entraîne une diminution du pH. Ces concentrations sont confirmées par les données de la turbidité des eaux qui enregistrent des

valeurs importantes particulièrement en amont et qui aurait diminué l'activité photosynthétique des algues et donc le pH des eaux.

Au même moment, les matières oxydables, qui étaient relativement assez faibles dans le milieu il y a une dizaine d'années [6] et ne dépassaient pas les 105 mg/L en terme de DBO_5 , ont dû augmenter pour atteindre en amont plus de 360 mg/L en matière de DCO ce qui confirme l'impact des rejets d'eaux usées de la localité de Médiouna. Néanmoins, ces valeurs de la DCO restent inférieures à celles signalées par [15] au niveau de la zone d'épandage des eaux usées d'Oujda et celles rapportées par [16] au niveau de la région de kénitra. Plus en aval, la DCO diminue pour atteindre un maximum de 67 mg/L témoignant d'une certaine épuration des eaux de notre milieu. Pour la minéralisation des eaux, les valeurs moyennes des différents paramètres permettant son appréciation et englobant la conductivité électrique, la teneur en chlorures et la salinité (teneur en sels dissous) restent assez élevées et dépassent respectivement les 4400 μ s/cm, 1,9 g/L et 2,3 g/L. Ces valeurs restent tout de même inférieures aux valeurs limites fixées par les NMEDI sauf pour les chlorures qui les dépassent très largement. Cette situation de forte minéralisation des eaux de notre milieu n'est pas liée exclusivement aux déversements d'eaux usées de la localité de Médiouna mais aussi à la nature géologique des terrains traversés contrairement à ce qui a été rapporté par [5] au niveau de l'oued Fès et le haut Sebou, par [9,17] au niveau de la région de Meknès et par [15] dans la région d'Oujda. En effet, nos fortes valeurs de minéralisation dépassent celles enregistrées par ces différents auteurs et seraient partiellement liées à une dissolution des couches salifères locales du trias par les eaux comme l'a signalé [6 et 7] au niveau de tout le réseau hydrographique de l'Oued Mellah. Cependant, notre degré de minéralisation reste légèrement inférieur à celui mesuré par ces auteurs probablement à cause de la diminution de l'effet de dissolution au niveau des sources d'eau suite à leur assèchement par les effets de sécheresse.

Pour ce qui est des teneurs en sulfates de nos eaux, les valeurs moyennes enregistrées (entre 56 et 77 mg/L) restent supérieures à celles rapportées par [15,5 et 9] respectivement au niveau de l'Oued Bounaïm à Oujda, l'Oued Fès et l'Oued Boufekrane à Meknès. Toutefois, ces teneurs restent inférieures aux valeurs enregistrées à l'Oued Boumoussa dans la région de Settât [18]. Cette situation s'expliquerait par l'apport des sulfates des terrains géologiques traversés par les eaux de quelques sources de l'Oued qui restent légèrement actives au niveau de ses deux zones marécageuses. Ceci se confirme d'autant plus que [6 et 7] rapportent des valeurs maximales des teneurs en sulfates supérieures aux nôtres (230 mg/L contre 162 mg/L) au moment où la majorité des sources d'eau qui alimentaient notre cours d'eau, notamment celles de la zone amont, étaient encore assez actives.

Les teneurs moyennes de nos eaux en orthophosphates et en phosphore total, qui restent comprises respectivement entre 1,97 et 5,16 mg/L et entre 2,85 et 8,5 mg/L, subissent un gradient décroissant de l'amont vers l'aval montrant ainsi une influence des rejets des eaux usées de Médiouna malgré une certaine épuration qui se manifeste au niveau de notre milieu. Toutefois cette dernière reste insuffisante par rapport à celle rapportée par [6 et 7] au niveau de ce même milieu puisque les teneurs en orthophosphates et en phosphore total de ces eaux étaient plus importantes pour les premiers et plus faibles pour les seconds. Par comparaison à d'autres milieux, nos teneurs en orthophosphates et en phosphore total restent inférieures à celles signalées par [15] au niveau de l'Oued Bounaïm à d'Oujda, [5] au niveau de l'Oued Fès et [8] au niveau de l'Oued Bouishak dans la région de Meknès. L'importance de la charge polluante qui arrive dans le milieu et l'insuffisance de son pouvoir épurateur expliquerait cette situation.

Les teneurs moyennes en nitrates et en azote ammoniacal des eaux de l'Oued Hassar subissent respectivement des gradients de variation opposés de l'amont vers l'aval croissant pour le premier et décroissant pour le second en relation avec l'impact et les apports des eaux usées de la localité de Médiouna et avec la capacité auto-épuratoire du milieu. Par comparaison à d'autres travaux, les teneurs en

nitrate de nos eaux sont supérieures à celles rapportées par [15] mais inférieures à celles enregistrées par [1,5,9,10 et 19]. Alors que pour l'azote ammoniacal, nos eaux sont plus chargées que celles des différents milieux ayant fait l'objet des travaux de ces auteurs et en particulier ceux de [6 et 7]. L'importance de la charge polluante et son augmentation depuis quelques années au niveau du milieu expliquerait cette différence.

Pour ce qui est du degré de contamination métallique des eaux de notre milieu, les concentrations des différents métaux traces analysés restent inférieures aux valeurs limites préconisées par les NMRD et les NMEDI. Ces résultats concordent avec ceux signalés par [15] au niveau de l'Oued Bounâim dans la région d'Oujda mais s'avèrent inférieurs à ceux de [20] au niveau de l'Oued Sebou. Nos faibles teneurs en métaux traces sont liées à la faible importance des activités industrielles au niveau de la localité de Médiouna qui pourrait générer des eaux usées industrielles plus chargées en métaux lourds. Ces derniers ne semblent pas constituer un facteur limitant pour préconiser un système de traitement biologique des eaux usées de Médiouna par une éventuelle réutilisation des eaux épurées en irrigation agricole.

5. Conclusion

Au terme de cette étude, les résultats obtenus au niveau de l'état de la qualité des eaux d'Oued Hassar semblent mettre en relief l'impact direct de la pollution globale, générée par le rejet des eaux usées de la localité de Médiouna. En effet, cette qualité physico-chimique des eaux de ce cours d'eau révèle :

- Une minéralisation élevée des eaux comme l'indiquent les valeurs élevées de la conductivité électrique et des chlorures. Cette minéralisation n'est pas seulement un phénomène naturel qui résulte uniquement du contexte géologique de la région mais elle résulte aussi des apports des eaux usées de la commune de Médiouna.
- Une pollution importante confirmée par les valeurs élevées de la DCO, le phosphore total et l'azote ammoniacal. Cette pollution pourrait être accentuée par un lessivage des sels concentrés à la surface des sols agricoles traités par les engrais ainsi que les apports des rejets industriels et domestiques issus des unités et des habitations qui s'installent tout au long des deux rives du cours d'eau.

La comparaison avec des travaux antérieurs réalisés vers la fin des années 1990 par *S. OUBRAIM et B. FAWZI* [6,7] a révélé, pour les stations étudiées (SBR, HPS et SHJ), que les eaux d'Oued Hassar qui présentaient en général une qualité physico-chimique moyenne, subissent aujourd'hui une importante dégradation et le phénomène auto-épuration est à peine perceptible pour certains paramètres. Les conditions climatiques (assèchement de la source Hassar située au niveau de la station SBR) et l'augmentation de la population de la commune de Médiouna seraient les principaux facteurs de cette dégradation. En ce qui concerne les métaux lourds, l'analyse des résultats montre que les concentrations en éléments traces dans les eaux usées de Médiouna et de celles d'Oued Hassar ne constituent pas un facteur limitant pour la réutilisation de ces eaux dans l'irrigation.

En définitive, l'Oued Hassar constitue un exemple concret d'un écosystème aquatique périurbain très dégradé suite à une pression exercée par une urbanisation des villages et des agglomérations rurales locales qui génèrent d'important volumes d'eaux usées qui dépassent le pouvoir auto-épuration du milieu. Afin d'améliorer cette situation et pour une bonne préservation du milieu récepteur, un projet d'installation d'une station d'épuration est en cours permettant le traitement des eaux usées de Médiouna et leur réutilisation en irrigation agricole.

Références

- [1] - Z. HAMAMA, M. FEKHAOUI et J. BAHOU, « Etude de la contamination bactériologique de l'Oued Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès », Bull. Inst. Sci., Rabat, n°17 (1993), pp 47-55.
- [2] - Y. BENABDELLAOUI, M. CHLAIDA et M. ZABARI, « Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire de l'Oued Oum Er Rbia (côte atlantique, Maroc) », Bulletin de l'institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, n°23 (2001), 71-76.
- [3] - A. BOUABDLI, N. SAIDI, S. M'BARET, J. ESCARRE ET M. LEBLANC, « Oued Moulouya : vecteur de transport des métaux lourds (Maroc) », Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 18, n° 2, (2005), p. 199-213.
- [4] - F. BENMESSAOUD, « Qualité physico-chimique, métallique et bactériologique des eaux de l'estuaire du BouRegreg et impact sur la biologie et la démographie de *Venerupis decussata* (LINNE, 1758) et *Cardium edule* (LINNE, 1767). Thèse de doctorat d'état. 2007, Faculté des Sciences Rabat.
- [5] - E. DERWICH, Z. BEZIANE, L. BENAABIDATE et D. BELGHYTI, « Evaluation de la qualité des eaux de surface des Oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraîchère au Maroc », Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 07, Juin 2008, pp. 59-77.
- [6] - S. OUBRAIM, « Qualité physico-chimique et biologique des cours d'eau du réseau hydrographique de la Meseta Occidentale Marocaine : Cas de l'Oued Mellah ». Thèse de doctorat d'état. 2002, Faculté des Sciences Ben M'Sik.
- [7] - B. FAWZI, « Peuplement diatomique du réseau hydrographique de l'Oued Mellah : Composition, structure, autoécologie et indices de qualité ». Thèse de doctorat. 2002, Faculté des Sciences Ben M'Sik.
- [8] - J. EL ADDOULI, A. CHAHLAOUI, A. BERRAHOU, A. CHAFI, A. ENNABILI et L. KARROUCH, « Influence des eaux usées, utilisées en irrigation, sur la qualité des eaux de l'Oued Bouishak — région de Meknes (centre-sud du Maroc) », Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 3, N°1 (2009) p 56-75.
- [9] - H. LAMRANI, A. CHAHLAOUI, J. EL ADDOULI et A. ENNABILI, « Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique de l'Oued Boufekrane au voisinage des effluents de la ville de Meknès (Maroc) », Science Lib Editions Mersenne : Volume 3, N° 111112, ISSN 2111-4706.
- [10] - B. FAWZI, M. CHLAIDA, S. OUBRAIM, M. LOUDIKI, B. SABOUR et A. BOUZIDI, « Application de certains indices diatomiques à un cours d'eau marocain : Oued Hassar », Rev. Sci. Eau 14/1 (2001) 73-89.
- [11] - AFNOR Recueil de normes françaises: qualité de l'eau. 3^e édition (1999).
- [12] - RODIER J. l'analyse de l'eau 7eme édition DUNOD (1984).
- [13] - Ministère de L'Aménagement du Territoire, de l'eau et de l'environnement (MATEE, 2002) : normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation. 1276-01 (17/10/2002).
- [14] - Ministère de L'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement (MATEE, 2005) : projet de normes marocaines des rejets directs. 2-04-553 (24/08/2005).
- [15] - M. ABOUELOUFAFA, H. EL HALOUANI, M. KHARBOUA et A. BERRICHI, « Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda: canal principal et Oued Bounaïm », Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc), Vol. 22(3) (2002) 143-150.
- [16] - Y. EL GUAMRI et D. BELGHYTI, « Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia, rejetées dans le lac Fouarat (Kénitra, Maroc) », *Journal Africain des Sciences de l'Environnement*, Numéro 1 (décembre 2006), 53-60.
- [17] - J. EL ADDOULI A. CHAHLAOUI, A. CHAFI et A. BERRAHOU, « Suivi et analyse du risque lié à l'utilisation des eaux usées en agriculture dans la région de Meknes au Maroc », *Sud Sciences et Technologies*, ISSN 0796-5419 N° 16 (juin 2008).

- [18] - J. EL ASSLOUJ, S. KHOLTEI, N. EL AMRANI-PAAZA et A. HILALI, « Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines de la communauté Mzamza (Chaouia, Maroc) », *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 20, n°3, (2007) p. 309-321.
- [19] - I. GUASMI, L. DJABRI, A. HANI et C. LAMOUREUX, « Pollution des eaux de l'Oued medjerda par les nutriments », *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 05, (Juin 2006), pp.113-119.
- [20] - S. AZZAOUÏ, M. EL HANBALI et M. LEBLANC, « Cuivre, plomb, fer et manganèse dans le bassin versant du Sebou : Sources d'apport et impact sur la qualité des eaux de surface », *Water Qual. Res. J. Canada*, Volume 37, N°4 (2002) 773–784.