

DIAGNOSTIC PRELIMINAIRE DE LA QUALITE PHYSICOCHIMIQUE DES EAUX DE L'OUED HASSAR APRES INSTALLATION DE LA STATION D'EPURATION DE MADIOUNA (CASABLANCA, MAROC)

[Preliminary physicochemical diagnosis of water quality of Hassar stream after installing the waste water treatment Plant (wwtp) of Mediouna (Casablanca, Morocco)]

Abdelmottalib NAHLI¹, Soumia HEBABAZE¹, Salah BELMATRIK², and Mohamed CHLAIDA¹

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

²Agence de bassin hydraulique Bouregereg Chaouia, Benslimane, Maroc

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Hassar stream is a watercourse of North East of Casablanca suburban which is a tributary of Mellah river. Until the end of 2012, Hassar stream received wastewater in crude state from Mediouna town causing a degradation of its ecological status and adverse effects on the local population. This work aims to make a first assessment of physicochemical water quality of this watercourse after installing the Mediouna StEp started in 2013.

The first results recorded during the first six months of the study (November 2013 to April 2014) shows an improvement in the quality of Hassar stream with dissolved O₂ values reaching up to 8,26 mg/l, COD maximum not exceeding 80 mg/l, a maximum BOD₅ of 14 mg/l, a maximum content of MES 30 mg/l, ammonium ion (NH₄⁺) in concentrations of 0,9 to 7,8 mg / l, orthophosphates from 0,48 to 11,62 mg/l and nitrates from 4,7 to 25,3 mg/l. These results show that the majority of the stations of the Hassar stream have an average to good quality and the beginning of physicochemical resilience of Hassar stream's waters would be initiated.

KEYWORDS: Casablanca, Hassar stream, diagnostics, quality, resilience, wastewater.

RESUME: L'Oued Hassar est un cours d'eau du périurbain Nord Est du grand Casablanca qui constitue un des affluents de l'Oued Mellah. Ce cours d'eau recevait, jusqu'à la fin 2012, les eaux usées brutes de la localité de Médiouna entraînant une dégradation de son état écologique et des effets nuisibles sur la population riveraine. Ce travail a pour objectif de réaliser une première évaluation de la qualité physicochimique des eaux de cet hydrosystème après installation de la StEp de Médiouna et son démarrage en 2013.

Les premiers résultats enregistrés lors des six premiers mois de cette étude (Novembre 2013 à Avril 2014) montrent qu'il y a une amélioration de la qualité de l'Oued Hassar avec des valeurs d'O₂ dissous pouvant atteindre les 8,26 mg/l, une DCO maximale ne dépassant pas les 80 mg/l, une DBO₅ maximale de 14 mg/l, une teneur maximale en MES de 30 mg/l, des concentrations en ion ammonium (NH₄⁺) de 0,9 à 7,8 mg/l, orthophosphates de 0,48 à 11,62 et en nitrates entre 4,7 et 25,3 mg/l. Ces résultats prouvent que la majorité des stations de l'Oued Hassar présentent une qualité moyenne à bonne et qu'un début de résilience physicochimique des eaux de l'Oued Hassar serait amorcé.

MOTS-CLEFS: Casablanca, Oued Hassar, diagnostic, qualité, résilience, eaux usées.

1 INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, le Maroc a connu un développement remarquable avec une accélération de diverses activités anthropiques au niveau de plusieurs régions et zones à proximité des grandes villes et aussi en plein milieu rural [1]. L'apparition de nouveaux centres urbains et agglomérations périurbaines a contribué à un accroissement de la production d'eaux usées déversées dans les milieux aquatiques récepteurs souvent sans aucun traitement préalable. Il en résulte des effets écologiques et sanitaires sur les ressources en eau d'autant plus que le Maroc dispose d'un potentiel hydrique limité qui risque de diminuer suite aux périodes de sécheresse touchant plusieurs régions du pays.

La région du grand Casablanca ne fait pas exception à ce constat puisque les quelques petits cours d'eau de la zone (Bouskoura, Hassar, Merzeg..) sont impactés par les déversements d'eaux usées [2] [3] et les nappes d'eaux souterraines (Berrechid et Chaouia côtière) sont déjà surexploitées et de mauvaise qualité [4].

Face à cette situation, la protection et la gestion rationnelle de ces faibles ressources hydriques existantes et la recherche des ressources en eau non conventionnelles sont devenues une nécessité stratégique pour assurer un développement durable de la région. C'est dans cet objectif qu'un schéma d'assainissement liquide et de traitement des eaux usées a été lancé [5] afin de protéger les milieux récepteurs et pour produire en même temps une eau épurée réutilisable en irrigation agricole.

La localité de Médiouna, qui déversait ses eaux usées brutes dans l'Oued Hassar, a bénéficié en 2012, d'un projet de station d'épuration en vue de réduire les impacts directs sur ce milieu et la population [6] et protéger les ressources en eau souterraines. Le système de traitement utilisé est du type biologique couplé à une filtration membranaire qui vise la réutilisation des eaux épurées en agriculture [7] tout en permettant une résilience éventuelle de l'état écologique du milieu récepteur.

Ce travail, qui s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche relatif au diagnostic de l'état de l'environnement aquatique de toute la région de la basse Chaouia marocaine (Casablanca-Settat-Mohammedia), se propose de dresser un état préliminaire de la qualité des eaux de ce cours d'eau une année après le démarrage de la station d'épuration Médiouna.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'Oued Hassar est un cours d'eau à faible écoulement situé au niveau de la grande région du sahel de Mohammedia-Ben Slimane (figure 1) qui correspond à un plateau incliné vers la mer et traversé par les deux longues et larges vallées des Oueds Mellah et Nfifikh [8]. Cette même zone fait partie de la région ouest de la Meseta côtière caractérisée par une structure géologique subtabulaire à formations d'âges secondaire, tertiaire et quaternaire (Limons continentaux) succédant à un socle primaire plissé. Ces formations discordantes et constituant une couverture perméable, correspondent à des dépôts quartzitiques du Cambro-Ordovicien, pélitico-basaltiques du Permo-Trias, marno-calcaires du Crétacé et grésocalcaires du Plio-Quaternaire. Le socle paléozoïque, imperméable, plissé et tectonisé, est de nature schisteuse d'âge Cambrien [9].

Le climat de la région de Médiouna est du type méditerranéen subhumide sec qui caractérise généralement le domaine côtier centre atlantique marocain [4]. Toutefois, le phénomène de continentalité influence ce climat et le place dans l'étage bioclimatique semi-aride avec des précipitations annuelles atteignant globalement les 400 mm mais qui subissent une disparité spatiale et des variations annuelles et interannuelles alors que les températures varient entre des minimas et des maximas de 13 à 23°C respectivement [10].

Sur le plan hydrologique, le cours d'eau de l'Oued Hassar drainait une partie des eaux de la nappe phréatique de Berrechid en prenant naissance au niveau de son ancienne source principale, dite Ain Sidi Brahim, située à 3 Km au Nord Est de la localité de Médiouna à une altitude de 155 m. Mais la succession des périodes de sécheresse qu'a connue le Maroc, a contribué à son assèchement et seules quelques sources secondaires, parfois salées, continuent à couler le long du lit de ce milieu plus particulièrement au niveau de sa 1^{ère} zone marécageuse (Ain Haçar) et juste en amont de la retenue de son barrage (Ain Gandoula) (figure 1).

Les activités anthropiques exercées au niveau du milieu se caractérisent par une utilisation des eaux en abreuvement du bétail et en irrigation agricole au niveau de ses deux rives et plus particulièrement en aval de son barrage (Hassar). Ce service socio-économique rendu par cet écosystème a été compromis, pendant plus d'une décennie, suite aux déversements d'eaux usées brutes de la localité de Médiouna avant que cette dernière ne connaisse la mise en place de la station d'épuration.

Toutefois, d'autres infiltrations/écoulements d'eaux usées brutes (grises essentiellement) rurales, associés à des déchets solides ménagers clairsemés, constitueraient encore des facteurs d'impacts sur le milieu au niveau des points de Sidi Brahim et Sidi Hajjaj (figure 1).

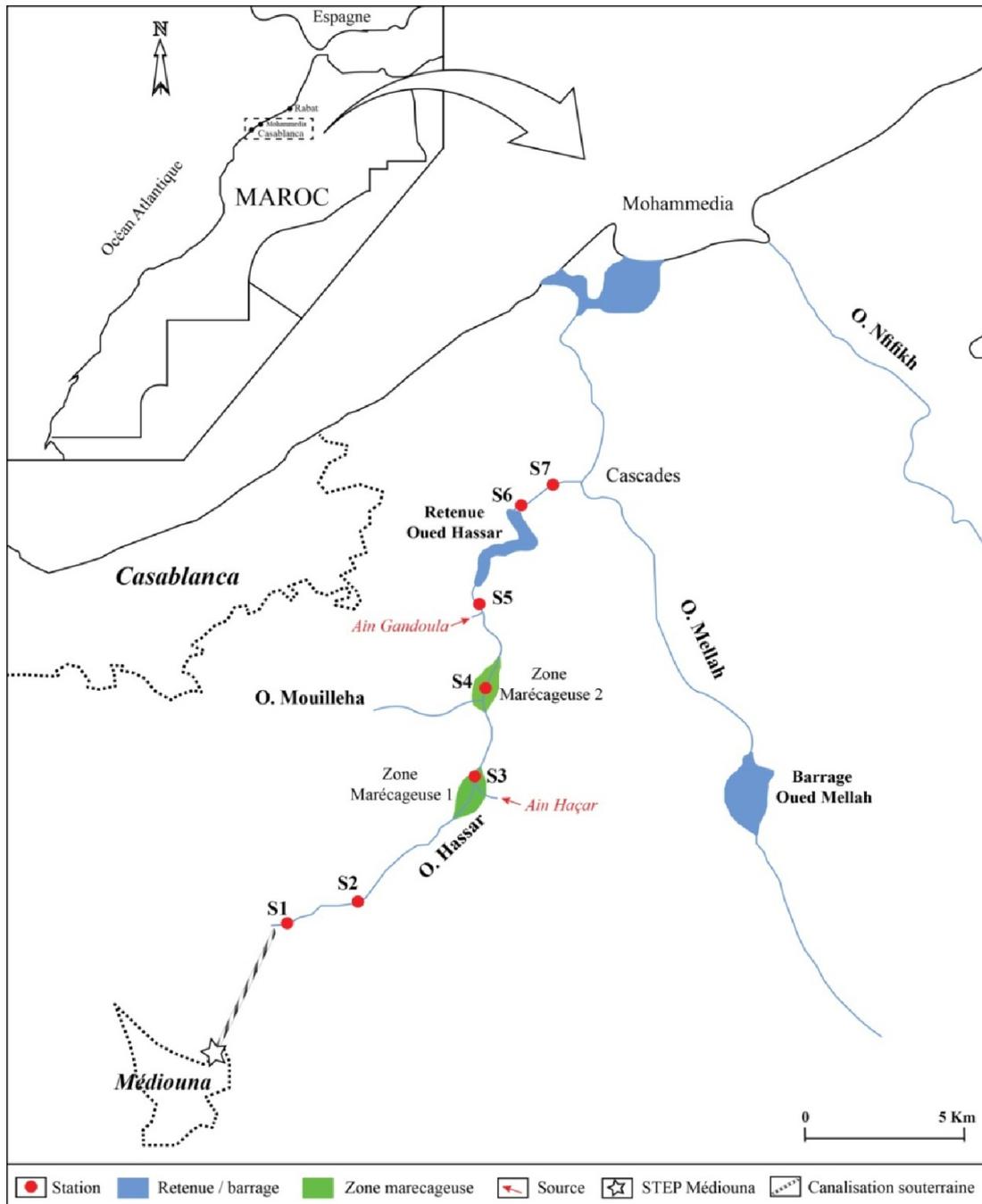


Fig. 1. Localisation du site d'étude et des stations de prélèvement : Point de rejet Médiouna (S1) ; Sidi Brahim (S2) ; Zone marécageuse 1 (S3) ; Zone marécageuse 2 (S4), Sidi Hajjaj (S5), Station après barrage (S6) et Station route Anassi (S7).

2.2 ECHANTILLONNAGE ET TECHNIQUES D'ANALYSES

Les stations de prélèvements fixées pour cette étude, réalisée du mois de Novembre 2013 au mois d'Avril 2014, ont été choisies en fonction de la structure morphologique du tracé hydrologique du cours d'eau décrite précédemment, la nature du lit et du substrat, la proximité des agglomérations rurales et des possibilités d'accès offertes. Ainsi 7 points de

prélèvements d'une profondeur de 30 cm (figure 1) ont été échantillonnés régulièrement une fois par mois, depuis l'amont au niveau du point de rejet (S1) des eaux épurées provenant de la StEp de Médiouna à travers une canalisation souterraine de 4 km, jusqu'à en aval du barrage Oued Hassar au niveau de la route Anassi (S7) en passant par les stations de Sidi Brahim (S2), zone marécageuse 1 (S3), zone marécageuse 2 (S4), Sidi Hajjaj (S5) et station après barrage (S6). Les caractéristiques générales de ces stations sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Localisation et caractéristiques des stations de prélèvement

Station	Coordonnées GPS	Distance par rapport au point de rejet des eaux épurées (Km)	Localité communale	Substrat
S1	33°28'59.0"N 7°29'00.9"W	0	Douar Sidi Brahim	Vase et sédiments sableux
S2	33°28'55.16"N 7°28'45.36"W	1	Douar Sidi Brahim	Vase et galets
S3	33°31'07.0"N 7°26'34.1"W	8	Sidi Moumene	Vase et galets
S4	33°31'29.1"N 7°25'45.9"W	9.1	Hôpital psychiatrique Tit Mellil	Vase et galets
S5	33°32'31.7"N 7°25'31.2"W	11.4	Village Sidi hajjaj	Vase et sédiments sableux
S6	33°35'22.8"N 7°26'06.7"W	18.5	Ouled Sidi Abdennabi	Sédiments sableux et galets
S7	33°36'11.9"N 7°25'46.9"W	21	Ouled Sidi Abdennabi	Vase et sédiments sableux

Au niveau de chaque station, des mesures in situ de la température, pH, conductivité électrique (CE), oxygène dissous (O₂D) et turbidité des eaux sont réalisées respectivement grâce à un thermomètre ordinaire à mercure, un pH-mètre WTW 3310 SET 2 (1/100), un conductimètre LF90 (1/10), un oxymètre WTW Oxi 3310 (1/100) et un turbidimètre EUTCH TN-100 (1/10). Par la suite, des prélèvements d'eau à analyser sont directement effectués dans des flacons en polyéthylène de 500 ml, conservés dans une glacière à 4°C et transportés au laboratoire pour analyse. Les paramètres ayant fait l'objet de ces analyses chimiques sur la base des méthodes normalisées Afnor [11] et homologuées par [12], sont signalés dans le tableau 2.

Tableau 2. Références des méthodes utilisées pour les analyses physico-chimiques

Paramètre	Unité	Norme	Méthode
DBO ₅	mg d'O ₂ /l	NF EN 1899 - 1998	Méthode manométrique à Oxitop VELP Scientifica
DCO	mg d'O ₂ /l	NF T 90-101	Oxydation par dichromate de potassium
Nitrates	mg/l	NF T 90-012	Méthode de salicylate de sodium
Nitrites	mg/l	NF T 90-012	Méthode au N-1 naphthyléthylènediamine
Ion ammonium	mg/l	NF T 90-015	Méthode au bleu d'indophénol
Phosphore total	mg/l	NF T 90-012	Dosage après oxydation par peroxidisulfate
Orthophosphates	mg/l	NF T 90-023	Méthode de molybdate d'ammonium
Sulfates	mg/l	NF T 90-040	Méthode néphélométrique
Chlorures	mg/l	NF T 90-014	Méthode volumétrique de Mohr

Les résultats des différentes analyses physicochimiques sont transformés en graphiques présentant la moyenne des 6 mois de prélèvement enregistrée au niveau de chaque station. Un tableau (tableau 3, page 11) des valeurs minimales et maximales a été également présenté et utilisé pour expliquer les évolutions observées.

3 RESULTATS ET DISCUSION

3.1 TEMPÉRATURE (°C)

Les températures des eaux dans les différentes stations varient entre un minimum de 11,2° C signalé au niveau de la station S7 et un maximum de 27,6° C enregistré en S1 (tableau 3). En dehors de cette valeur élevée de température en S1 et qui correspond à celle des eaux épurées en provenance de la StEp Médiouna, la moyenne globale de la température des eaux est de 18,6° C (figure 2). En dépit de ces valeurs relativement élevées, la température maximale enregistrée reste inférieure à la valeur limite de 30°c fixée par les NMRD [13]. Sur le plan spatial, on remarque que tout au long de nos stations de prélèvements, la température des eaux diminue lentement suite aux échanges avec l'air et le substrat riche en végétation de macrophytes. En se référant à la grille de qualité des eaux mentionnée au niveau des normes marocaines des eaux de surfaces NMES [14], nos valeurs de températures montrent que les eaux d'Oued Hassar sont d'une qualité bonne à excellente. Au même moment, ces valeurs de température restent légèrement inférieures à celles rapportées par [2] et [16] dans le même site ce qui montre que l'effet thermique des eaux épurées reste limité par rapport à celui des eaux usées brutes.

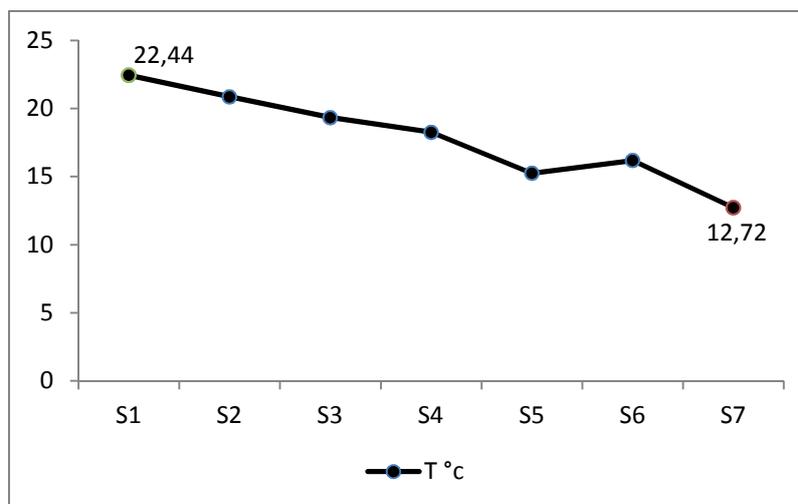


Fig. 2. Variation spatiale des valeurs moyennes de la température

3.2 POTENTIEL HYDROGÈNE (pH)

Le pH des eaux de nos stations de prélèvements varie entre un minimum de 5,72 mesuré en S2 et un maximum de 9,6 enregistré en S6 (tableau 3) mais, d'une manière générale, les pH moyens des eaux des différentes stations restent neutres à légèrement basiques et se situent globalement aux environs de 8,15. Au niveau de la station S1, les valeurs du pH s'inscrivent dans l'intervalle de variation (6,5-9) préconisé par les NMRD [7]. Dans le reste des autres stations, le pH des eaux reste légèrement alcalin à neutre témoignant d'une qualité moyenne à légèrement excellente selon les NMES [14]. Cet état d'alcalinité des eaux d'Oued Hassar serait lié à une forte activité photosynthétique suite au développement des algues et des plantes aquatiques [15]. Ces valeurs de pH vont en paire avec les résultats signalés par [3] et [16] et sont légèrement supérieures à celles rapportées par [2] au niveau du même milieu, par [17] à Oued Boufekrane et par [18] dans la Moulouya.

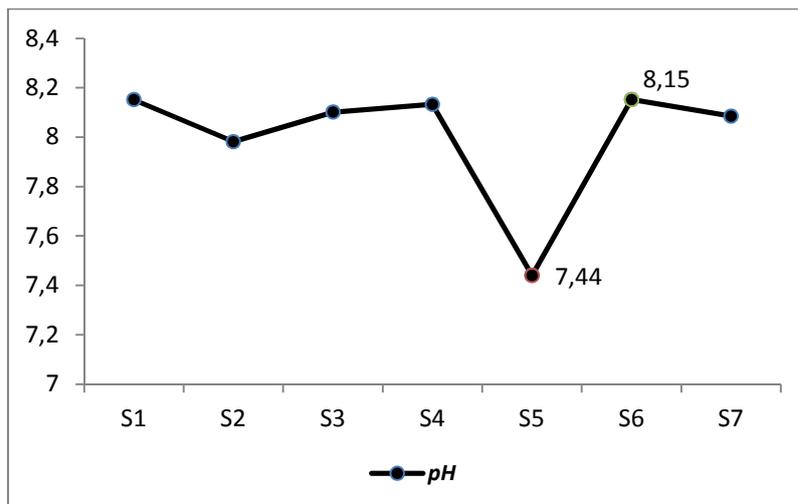


Fig. 3. Variation spatiale des valeurs moyennes du pH

3.3 MATIÈRES EN SUSPENSION (MES) ET TURBIDITÉ

Durant notre période d'étude, les teneurs en MES dans les eaux d'Oued Hassar sont en moyenne égales à 22,94 mg/l avec un minimum de 1 mg/l signalé en S1 et un maximum de 82 mg/l enregistré en S7 (tableau 3). Au même moment, la turbidité des eaux de nos stations varie également dans le même sens entre 4,8 NTU mesurée en S1 et 32,62 NTU relevée en S7.

Globalement, ces deux paramètres présentent une augmentation croissante de l'amont vers l'aval de notre zone de prélèvements avec deux pics de teneurs moyennes maximales en MES et de turbidité enregistrés au niveau des stations S2 (29,16 mg/l et 27,43 NTU) et S7 (41,29 mg/l et 32,62 NTU). Ces pics seraient liés aux infiltrations d'eaux usées grises et aux débris de déchets solides de Douar Sidi Brahim pour la S2 et aux activités de lavage des légumes et des produits maraichères pour la S7. Malgré ces teneurs élevées en MES au niveau de ces deux stations, elles restent inférieures à 50 mg/l ce qui permet de qualifier les eaux de l'Oued Hassar de qualité excellente selon les NMES [14]. Parallèlement, ces teneurs en MES sont largement inférieures à celles signalées par [16] et tout récemment par [2] lorsque les eaux usées de Médiouna se déversaient à l'état brut dans le milieu. La mise en place de la station de traitement biologique associée à une filtration membranaire a éliminer complètement les MES au niveau de l'effluent [7] et ne reviennent légèrement qu'au point de son rejet à Sidi Brahim (S2). Par comparaison à d'autres milieux, nos teneurs en MES demeurent inférieures à celles signalées par [17] à Oued Boufekrane et par [18] à Oued Moulouya.

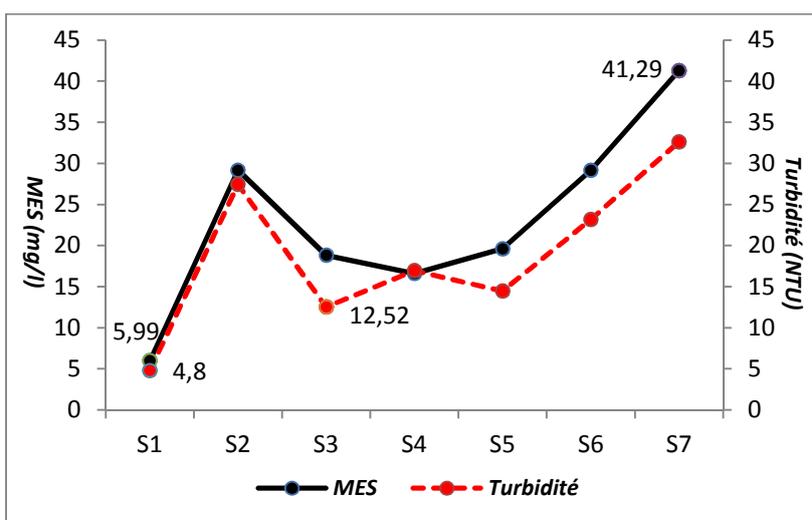


Fig. 4. Variation spatiale des valeurs moyennes de la turbidité et des MES

3.4 MINÉRALISATION (CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE, CHLORURES ET TENEURS EN SULFATES)

Au cours de notre période d'étude, les valeurs de la conductivité électrique (CE) varient entre un minimum de 3320 $\mu\text{s}/\text{cm}$ mesuré en S2 et un maximum de 5570 $\mu\text{s}/\text{cm}$ signalé en S4 soit une moyenne globale de 4550 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (tableau 3). Au même moment, cette CE moyenne suit un gradient croissant de l'amont vers l'aval puisqu'elle reste faible en S1 et S2 et augmente globalement à partir de S3. Une diminution de la CE est observée au niveau de S5 suite aux apports des eaux souterraines en provenance de la source d'Ain Gandoula caractérisés par des valeurs de CE plus faibles que celles des eaux d'Oued Hassar. Cette forte ionisation des eaux de notre cours d'eau ne semble pas être liée à l'origine domestique des eaux usées épurées qui se déversent en S1 mais surtout à la nature géologique (triasique) des terrains sous jacents qui sont traversés par les sources des zones marécageuses qui alimentent encore le cours d'eau à partir de la station S3. Ces résultats corroborent ceux rapportés par [2] et [16] dans le même site mais nos valeurs de CE restent supérieures à celles signalées au niveau d'autres cours périurbains similaires recevant des eaux usées plus au moins épurées notamment Oued Bounaim [15], Oued Moulouya [10], Oued Boufekrane [11] et Oued Merzeg [13]. Signalons enfin que la CE générale de nos eaux reste largement supérieure à la valeur limite des 3000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ préconisée par les NMES [14] ce qui qualifie nos eaux de qualité très mauvaise en terme de CE.

Pour ce qui des chlorures, les teneurs moyennes enregistrées vont de paire avec l'évolution de la CE et montrent une évolution spatiale croissante de l'amont (773,34 mg/l en S1) vers l'aval (1116,78 mg/l en S7). Toutefois, on enregistre un pic de 1394,03 mg/l au niveau de la station S5 (tableau 3) qui serait lié à un apport des eaux d'une source avoisinante affectée par la nature triasique (salifère) des terrains géologiques sous jacents [16]. Par comparaison aux autres travaux antérieurs réalisés sur le même site, la teneur en chlorures des eaux de nos stations reste inférieure à celle signalée par [2] et [12], confirmant ainsi l'effet bénéfique de l'épuration des eaux usées de Médiouna sur le milieu et l'impact de l'assèchement des sources d'eau salées qui l'alimentaient auparavant. Signalons tout de même que nos concentrations en chlorures s'avèrent supérieures à celles rapportées par [13], [14] et [15]. Un niveau élevé des teneurs en chlorures témoigne certes d'une activité anthropique [16] mais il reste souvent lié à la nature de l'environnement géologique local. En effet, cette situation est très réputée au niveau de plusieurs cours d'eau marocains exempte de toute pollution et a été signalée au niveau de l'Oued Tensift dans la région de Marrakech [20] et dans l'Oued Mellah à haut Atlas [21].

En ce qui concerne les sulfates, les concentrations enregistrées dans les eaux de l'Oued Hassar varient entre un minimum de 54,8 et un maximum de 373,3 mg/l signalés respectivement en S6 et S5 (tableau 3). La moyenne globale calculée est de 222,7 mg/l mais avec des valeurs plus élevées en S1 (256,21 mg/l) et S5 (248,78 mg/l). Ces fortes teneurs en sulfates enregistrées au niveau de ces deux stations sont liées respectivement à une surcharge des eaux usées épurées de la StEp Médiouna lors de leur transport dans la canalisation souterraine (en béton armé) et à un déversement des eaux usées grises de la localité Sidi Hajjaj ainsi qu'au lessivage des terrains agricoles avoisinants qui reçoivent des amendements en sulfates d'ammonium [2]. Par référence aux NMES [8], les teneurs maximales des sulfates enregistrées permettent de classer les eaux de notre milieu dans un état de qualité mauvaise. Au même moment, ces valeurs s'avèrent supérieures à celles rapportées par [16] et [2] dans le même milieu et par [3], [19], [21] et [22] dans d'autres cours d'eau marocains.

Globalement, nos valeurs de la conductivité électrique (CE), teneurs en sulfates (SO_4^{2-}) et en chlorures (Cl^-) montrent une minéralisation forte à excessive [23] des eaux de nos stations d'étude et témoignent d'une situation particulière de ce cours d'eau. Cette situation pourra avoir un effet sur les communautés de macroinvertébrés qui vont coloniser les eaux.

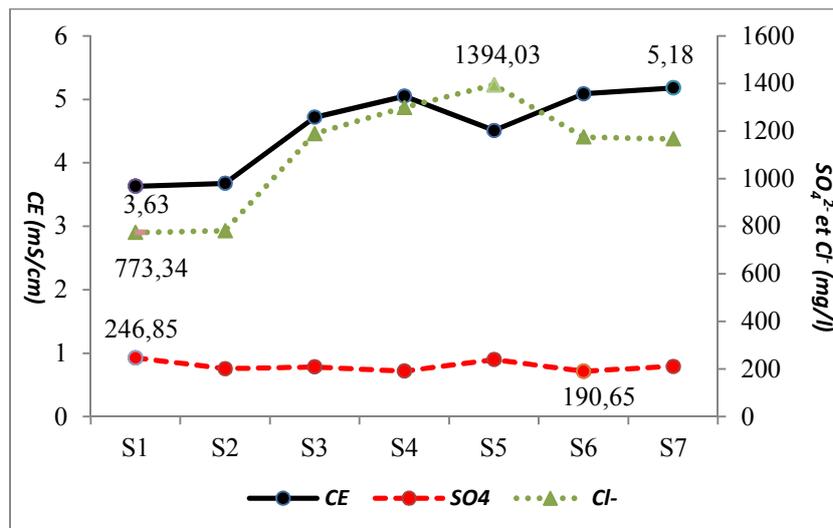


Fig. 5. Variation spatiale des valeurs moyennes de la Conductivité électrique (CE), des chlorures (Cl⁻) et des sulfates (SO₄²⁻)

3.5 OXYGÈNE DISSOUS, DBO₅ ET DCO

Les teneurs en oxygène dissous (O₂D) des eaux de notre milieu varient entre 1,98 et 10,38 mg/l enregistrées respectivement en S5 et S6 avec une moyenne de 6 mg/l pour l'ensemble de nos points d'échantillonnage. Selon les NMES, les concentrations moyennes en O₂D au niveau de la majorité des stations permettent de classer les eaux d'Oued Hassar dans la catégorie des eaux de bonne à excellente qualité à l'exception des stations S1, S2 et S5 qui présentent une qualité moyenne. Cet état de qualité serait lié à l'influence de la canalisation souterraine des eaux épurées de Médiouna et à leur température légèrement élevée pour la première station et à l'effet des impacts anthropiques locaux (eaux grises et déchets solides divers) pour les deux autres. On note également que les teneurs moyennes en O₂D augmentent globalement de l'amont vers l'aval puisqu'elles fluctuent entre 4,89 et 3,82 mg/l au niveau des stations S1 et S2 (tableau 3), augmentent en S3 et S4 vers une moyenne de 7,4 mg/l et restent aux alentours de cette même teneur en aval de la retenue d'Oued Hassar (7.26 mg/l en S6). Cet accroissement amont-aval des teneurs en O₂D dissous serait lié à l'effet positif de la StEp de Médiouna qui a réduit considérablement l'apport des matières oxydables [24] dans le milieu et au développement algal au niveau de ses eaux et plus particulièrement au niveau de la retenue d'Oued Hassar. Ces résultats concordent avec ceux cités par [16] en 2002 dans le même site et non pas avec ce qui a été rapporté par [2] en 2014.

Les valeurs maximales de la DBO₅ mesurées au cours de notre période d'étude restent globalement modérées et varient entre un minimum de 1 mg/l enregistré dans toutes les stations S3 à S7 et un maximum de 23 mg/l noté en S2 (tableau 3). Au même moment, les valeurs moyennes de la DBO₅ montrent un gradient relativement décroissant de l'amont vers l'aval en dépit d'une légère augmentation en S2 et S7. Ces deux derniers pics seraient dus respectivement à la présence d'eaux usées grises et de déchets ménagers venant de Douar Sidi Brahim et à l'effet du lavage des légumes et des produits maraichers au niveau de Douar Sidi Abdennabi en aval de la retenue Hassar. Toutefois, le grand pouvoir autoépuration du milieu [16] et de sa retenue contribuent à améliorer la qualité des eaux qui passe, selon les NMES, d'un état de qualité mauvaise en amont (S1 et S2) à un état de qualité moyenne en aval (S6). Selon la classification des cours d'eau établie par [23], la valeur minimale de la DBO₅ au niveau de notre milieu frôle la valeur limite des 3 mg/l pour qu'il soit classé dans la catégorie des eaux courantes non polluées. Notons enfin que ces résultats de la DBO₅ au niveau de nos eaux corroborent ceux rapportés par [16] dans le même milieu lorsque le barrage était inexistant et le cours d'eau était peu affecté par l'effet des eaux usées brutes de Médiouna et par d'autres impacts locaux à Sidi Brahim et Sidi Hajjaj. Par comparaison à d'autres milieux similaires marocains, nos valeurs de la DBO₅ restent supérieures à celles signalées par [17] et [18] mais elles s'avèrent inférieures à celles rapportés par [3], [19] et [22].

La DCO des eaux de nos stations varient entre un minimum de 9,6 mg/l enregistré en S3 et un maximum de 76,8 mg/l relevé en S2 soit une moyenne globale de 39 mg/l (tableau 3). Ces DCO moyennes stationnelles semblent évoluer de manière relativement similaire avec celles de la DBO₅ et montrent aussi un léger gradient décroissant global de l'amont vers l'aval mais avec parfois des pics plus marqués qui montrent les limites du pouvoir autoépuration du milieu vis-à-vis de certaines formes de pollution reçues localement. Ainsi, la DCO moyenne est de 35,56 mg/l en S1, augmente en S2 suite aux impacts

des rejets du douar sidi Brahim pour atteindre 65,28 mg/l avant de diminuer aux environs de 22-26 mg/l au niveau des stations S3 et S4. Au niveau de la station S5, la DCO moyenne remonte de nouveau pour atteindre 48,96 mg/l probablement suite aux effets des rejets de pollution liés aux activités de l'agglomération de sidi Hajjaj. Après la retenue du barrage Hassar, la DCO diminue légèrement vers une moyenne de 28,28 mg/l en S6 et 35,52 au niveau de la station S7 qui reçoit les eaux du lavage des légumes cultivés sur les deux rives d'Oued Hassar. Par référence à la grille de qualité des NMES, les valeurs maximales de la DCO classent les eaux de notre milieu dans une qualité moyenne à bonne pour S1, S3, S4, S6 et S7 mais mauvaise pour S2 et S5. Au même moment, ces valeurs restent inférieures à celles rapportées par [2] dans le même site et [3] à Oued Merzeg mais elles s'avèrent supérieures à celles rapportées par [18] au niveau d'Oued Moulouya.

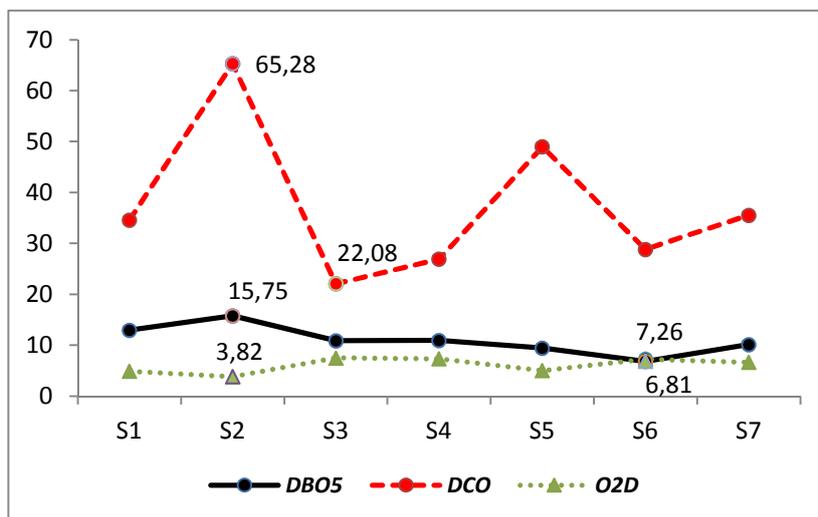


Fig. 6. Variation spatiale des valeurs moyennes de l'oxygène dissous ($O_2 D$), la DBO_5 et la DCO

3.6 AZOTE AMMONIACAL, NITRITES ET NITRATES

Au cours de notre période d'étude, la teneur en azote ammoniacal des eaux varie entre 0,8 et 12,9 mg/l enregistrés respectivement en S7 et S2 soit une moyenne globale de 4,7 mg/l (tableau 3). Toutefois, cette concentration moyenne en azote ammoniacal suit une évolution décroissante de l'amont (4,3 mg/l en S1) vers l'aval (3,22 en S7) mais avec un pic d'augmentation en S2 (Sidi Brahim) où elle atteint 7,5 mg/l. Par comparaison aux NMES, les teneurs moyennes en azote ammoniacal permettent de classer nos eaux dans la catégorie mauvaise voir même très mauvaise ce qui montre que le processus d'épuration et de restauration écologique du cours d'eau est toujours en cours. Toutefois, nos teneurs restent inférieures à celles mentionnées par [2] au niveau du même cours d'eau et à celles rapportées par [3] au niveau de l'Oued Merzeg qui reçoit également des eaux usées relativement épurées. Au même moment, nos concentrations restent supérieures à celles rapportées par [16], il y a douze ans au niveau du même site, et à celles mentionnées par [18] au niveau de l'Oued Moulouya.

Etant donné que les nitrites constituent une forme d'azote transitoire entre nitrates et ion ammonium, leurs teneurs au niveau des eaux de notre milieu restent relativement faibles et varient entre un minimum de 0,08 mg/l et un maximum de 1,12 mg/l enregistrés respectivement en S5 et S2 (tableau 3). Comme pour les autres éléments, la concentration moyenne stationnelle en nitrites suit une évolution décroissante de l'amont (0,51 mg/l en S1) en aval (0,36 mg/l à S7). Des légères augmentations des teneurs en nitrites sont enregistrées en S2 (0,53mg/l) et S5 (0,46 mg/l) indiquant un degré élevé de pollution azotée probablement lié aux déversements d'eaux grises et aux effets des déchets solides dispersés sur les rives à Sidi Brahim et Sidi Hajjaj. Par comparaison à la situation antérieure, nos concentrations en nitrites au niveau d'Oued Hassar restent inférieures à celles rapportées par [16] dans la plupart de stations étudiées du même site et par [19] à l'Oued Boufekrane. Au même moment, elles restent supérieures à celles rapportées par [3] à Oued Merzeg et par [22] à Oued Bounaim.

Contrairement aux nitrites, l'évolution des teneurs en nitrates suit un gradient croissant de l'amont (8,34 mg/l en S1) en aval (15,16 mg/l à S7). Les fortes valeurs enregistrées en aval du barrage Hassar au niveau des stations S6 (14,22 mg/l) et S7 (15,22 mg/l) seraient liées au processus de nitratisation favorisé lors du passage et de la stagnation des eaux dans sa retenue. Ces valeurs dépassent celles mentionnés par [2] dans le même site, par [3] au niveau d'Oued Merzeg et par [19] à Oued Boufekrane. Par contre, nos valeurs sont inférieures à celles rapportées par [16] dans le même milieu, par [22] à Oued

Bounaim et par [18] à l'Oued Moulouya. Par référence aux NMES, les eaux de notre milieu sont classées dans la catégorie des eaux de bonne qualité puisque les teneurs maximales des nitrates de nos eaux oscillent globalement entre 10 et 25 mg/l.

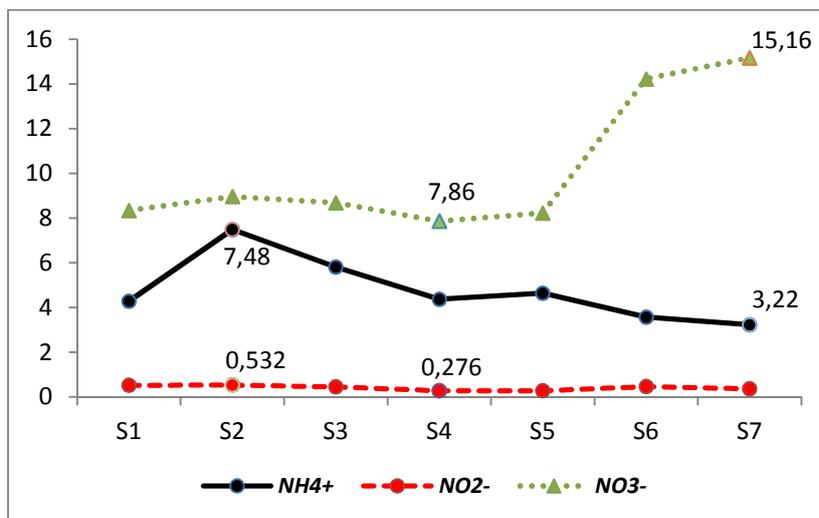


Fig. 7. Variation spatiale des valeurs moyennes de l'ion Ammonium (NH₄⁺), des nitrites (NO₂⁻) et Nitrates (NO₃⁻)

3.7 PHOSPHORE TOTAL (PT) ET ORTHOPHOSPHATES (OT)

Les concentrations du phosphore total (Pt) dans les eaux du milieu fluctuent entre un minimum de 0,3 mg/l enregistré en S6 et un maximum de 22,93 mg/l signalé en S2 (tableau 3) soit une moyenne globale de 5,55 mg/l. Ces concentrations moyennes du Pt suivent un gradient décroissant de l'amont vers l'aval avec un léger pic en S2 qui serait lié aux rejets liquides locaux au niveau de Sidi Brahim. Les teneurs en Pt enregistrées en S1 témoignent de l'état de la qualité des eaux épurées en provenance de la StEp [7] et la diminution de cette teneur de l'amont vers l'aval confirme le fort potentiel autoépuration de ce milieu [16]. Par référence au NMES, la teneur en Pt classe les eaux des stations de notre milieu dans la gamme de qualité mauvaise à très mauvaise. En comparaison avec d'autres cours d'eau, les teneurs en Pt de nos eaux sont inférieures à celles rapportées en 2013 par [2] dans le même site et par [22] à Oued Bounaim, et supérieures à celles signalées par [16] à Oued Hassar en 2001, par [3] au niveau d'Oued Merzeg, par [19] à Oued Boufekrane et par [25] à Oued Moulouya.

En ce qui concerne les orthophosphates (OT), les concentrations suivent le même gradient décroissant que celui des teneurs en Pt soit 10,33 mg/l en S1 et 1,76 mg/l en S7 avec une moyenne globale de 4,87 mg/l (tableau 3). La teneur la plus élevée enregistrée en S1 serait liée à la charge importante en orthophosphates des eaux épurées de Médiouna [24]. En comparaison avec d'autres cours d'eau, les teneurs en orthophosphates des eaux de l'oued Hassar sont inférieures à celles citées par [22] à Oued Bounaim, et supérieures à celles signalées par [2] et [16] dans le même site, par [3] au niveau d'Oued Merzeg et par [25] à Oued Moulouya.

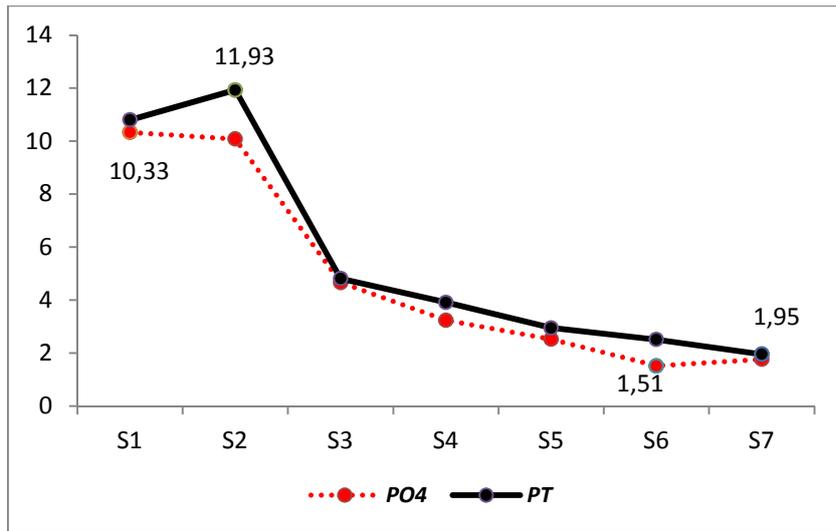


Fig. 8. Variation spatiale des valeurs moyennes des orthophosphates (PO_4^{2-}) et du phosphore total (PT)

Tableau 3. Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux de l'oued Hassar

Stations	S1			S2			S3			S4			S5			S6			S7		
	MIN	MOY	MAX	MIN	MOY	MAX	MIN	MOY	MAX	MIN	MOY	MAX	MIN	MOY	MAX	MIN	MOY	MAX	MIN	MOY	MAX
T (°C)	20,9	22,44	23,7	19	20,86	23,12	17,8	19,34	22,2	15,8	18,26	21,2	13,1	15,24	17,5	14,1	16,18	18,9	11,2	12,72	14
CE (µs/cm)	3350	3630	4080	3320	3670	4070	4120	4710	5470	4470	5050	5750	4020	4500	4810	4310	5080	5710	4500	5180	5690
pH	6,49	8,15	9,22	5,72	7,98	9,15	6,38	8,10	9,29	6,47	8,13	9,02	6,04	7,44	8,61	6,78	8,15	9,6	6,89	8,08	9,5
MES (mg/l)	1	5,99	12	7,14	29,16	72,85	3,8	18,81	40,28	7,14	16,6	28,66	10	19,6	45	18,13	29,15	40	8,75	41,29	82,28
DCO (mg/l)	28,8	34,56	48	57,6	65,28	76,8	9,6	22,08	38,4	19,2	26,88	28,8	38,4	48,96	57,6	19,2	28,8	38,4	19,2	35,52	48
DBO ₅ (mg/l)	4	12,92	21	3	15,75	23	1	10,86	16	1	10,91	20	1	9,42	14	1	6,81	12	1	10,11	19
O ₂ D (mg/l)	3,2	4,89	6,81	2,12	3,82	6,33	4,87	7,48	10,2	4,81	7,31	9,88	1,98	5,01	7,6	5,05	7,26	10,38	3,8	6,62	9,4
NH ₄ ⁺ (mg/l)	1,6	4,28	12,5	2,2	7,48	12,9	2,7	5,8	10,6	2,7	4,36	9,1	0,8	4,63	11,23	1,2	3,56	8,8	0,8	3,22	8,3
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,23	0,51	0,72	0,08	0,53	1,12	0,14	0,44	0,96	0,08	0,27	0,4	0,08	0,27	0,42	0,1	0,46	0,74	0,26	0,36	0,46
NO ₃ ⁻ (mg/l)	3,4	8,34	12,8	4,2	8,96	13,4	4,5	8,68	12,2	4,1	7,86	12,1	4,1	8,22	16,3	4,2	14,22	21,9	4	15,16	25,3
PO ₄ ²⁻ (mg/l)	8,2	10,33	11,62	8,9	10,08	12,15	3,6	4,66	6,04	1,39	3,23	4,5	2	2,52	2,91	0,48	1,51	2,1	0,9	1,76	2,5
PT (mg/l)	8,89	10,80	12,7	9,83	11,93	22,93	4,2	4,81	6,8	2,12	3,91	5,2	2,3	2,95	3,2	0,62	2,51	2,2	1,2	1,95	3,2
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	119,9	246,85	362	58,6	201,35	287,5	118,9	208,87	269	117,25	191,25	244,4	115,95	239,21	373,3	54,8	190,65	296,6	105,3	210,81	277,9
Cl ⁻ (mg/l)	660,72	773,34	890,97	760,83	780,85	820,9	991,08	1188,8	1501,6	1141,2	1298,9	1461,6	1201,3	1394,0	1641,8	1011,1	1174,7	1401,5	981,07	1166,7	1461,6

4 CONCLUSION

D'après ces résultats préliminaires obtenus au cours de notre étude, l'hydrosystème de l'Oued Hassar présente une amélioration de la qualité physico-chimique de ses eaux par rapport à son état antérieur enregistré entre les années 1998 et 2014 avant l'installation de la STEP Médiouna. En effet, le traitement des eaux usées de Médiouna a permis de réduire considérablement leurs charges polluantes, en terme de MES, DBO₅, DCO, éléments azotés et phosphorés, rejetées en amont du milieu au niveau du secteur de Sidi Brahim. Cette épuration constituerait un facteur favorable à un début de résilience physicochimique des eaux du milieu qui se traduit par une augmentation de la teneur en O₂ dissous et une diminution de la DCO et de la DBO₅ tout au long du cours d'eau. Ainsi l'état physicochimique global des eaux de notre milieu semble évoluer vers son état antérieur d'avant 1998 et par référence au NMES, nos eaux sont déjà classées dans une gamme de qualité moyenne à bonne. Toutefois, cette qualité reste légèrement affectée par les teneurs relativement élevées en éléments azotés et phosphorés des eaux épurées et par les effets des rejets liquides et de déchets ménagers des douars et localités riveraines (Sidi Brahim et Sidi Hajjaj). Plus en aval, le milieu semble retrouver son potentiel d'autoépuration naturelle grâce à la retenue Hassar qui permet la stagnation des eaux et contribuerait à l'élimination d'une bonne partie de leurs charges azotée et phosphatée.

Cette amélioration de la qualité des eaux du milieu serait à l'origine de sa recolonisation par une biocénose aquatique adaptée. Ainsi, nos travaux de recherche se focaliseront, prochainement, sur ce volet hydrobiologique du milieu en vue de déterminer son état de résilience sur le plan bioécologique.

RÉFÉRENCES

- [1] Haut-commissariat du plan (HCP), "Monographie de la région de Casablanca", pp. 142, juillet 2010.
- [2] S. Fouad, N. Cohen, K. Hajjami et M. Chlaida, "Qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de l'Oued Hassar: impacts des eaux usées de la localité de Médiouna (périurbain de Casablanca, Maroc)", ScienceLib Editions Mersenne: Volume 5, N° 130113, ISSN, pp. 2111-4706, 2013.
- [3] J. Mounjid et al. , "Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique du cours d'eau Merzeg (périurbain de Casablanca, Maroc)" Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°18, pp. 31-51, 2014.
- [4] Agence du Bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia (ABHBC), "Etude d'évaluation des eaux de surface de la zone d'action de l'agence du bassin hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia", 21 p., 2012.
- [5] Lyonnaise des eaux Maroc (LYDEC), "Rapport d'activités 2013 ", 78 p. , 2013.
- [6] S. Fouad, M. Chlaida, A. Bbelhouari, K. hajjami, N. cohen, " Qualité bactériologique et physique des eaux de l'Oued Hassar (Casablanca, Maroc): Caractérisation et analyse en Composantes principales", Les Technologies De Laboratoire, Volume 8, N°30. ISSN:1114-9981, 2013.
- [7] C. Brand , M. Chlaida, S. Mastadi , N. Sakhraoui et M. Kraume . "Full Scale Membrane Bioreactor (MBR) for Wastewater Reuse in Urban Agriculture in Casablanca, Morocco". Proceeding Water Reuse 2013 Conference (27-31 October 2013, Windhoek, Namibia), 2013.
- [8] Agence du Bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia (ABHBC), "Etude d'évaluation des eaux de surface de la zone d'action de l'agence du bassin hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia", mission 1, 43p. ,2004.
- [9] A. Khatami, "Hydrogéologie du sahel de Mohammedia-Ben Slimane : Etude hydrochimique, indices des irrigations et des apports atmosphériques sur l'évolution des eaux et des sols", Thèse 3ème cycle. Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 205 pp. , 1992.
- [10] Province de Médiouna, "Monographie de la province de Médiouna", pp. 58, 2007.
- [11] Afnor, "Recueil de normes françaises: qualité de l'eau", 3^e édition, 1999.
- [12] J. Rodier et al. , "L'analyse de l'eau, 8ème édition". DUNOD, Paris, France, 1996.
- [13] Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE), "Normes marocaines des rejets directs", 2007.
- [14] Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement: Normes de qualité des eaux et à l'inventaire du degré de pollution des eaux, BULLETIN OFFICIEL n° 5062 du 5-12-2002.
- [15] A. Badri, "Influence des crues sur les écosystèmes lotiques du Haut Atlas. Etude des perturbations et des mécanismes et de recolonisation à travers les peuplements d'algues et d'invertébrés. Thèse d'état, Univ. Cadi Ayad Fac. Des sciences Semlalia Marrakech, P. 207, 1993.
- [16] 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 pp. 73-89, 2001.

- [17] L. Karouch et al. , "Bio-évaluation de la qualité des eaux de l'Oued Boufekrane (Meknès, Maroc), biomatec echo , volume 3, number 6, pp. 6 – 17, 2009.
- [18] M. Makhoukh et al. , "Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental) larhyss journal, issn 1112-3680, n° 09, pp. 149-169, 2011.
- [19] H. Lamrani et al. , "Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique de l'Oued Boufekrane au voisinage des effluents de la ville de Meknès (Maroc)", ScienceLib., Editions Mersenne : Volume 3 , N ° 111112, ISSN 2111-4706, 2011.
- [20] Z. Talami, "Application des méthodes biologiques et chimiques pour la détermination de la qualité des eaux des rivières du haut Atlas marocain. Cas des Oueds tensift, oukaimden et ourika. Thèse de 3 ème cycle , Fac. Sci. Seml., Marrakech, P. 206, 1998.
- [21] A. Bouzidi, "Recherches sur les cours d'eau des massifs du Hauts-Atlas (Maroc). Bio-écologie des macro-invertébrés et distribution spatiale des peuplements", Thèse d'Etat. Uni. Aix-Marseille III, pp. 190, 1989.
- [22] M. Abouelouafa et al., "Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda: canal principal et Oued Bounaim, Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc) 2002, Vol. 22 (3): 143-150, 2011.
- [23] M. Nisbet et J. Vernaux, "Composition chimique des eaux courantes : Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques", Annls limnol. 6 (2) , pp. 162-190, 1970.
- [24] S. Mastadi, "Mise en état de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration des eaux usées de Mediouna", Mémoire de fin d'étude, Master SGE, Fac. Sc. Ben M'sik, pp: 68., 2013.
- [25] M. Doubi et al. , "Contribution à l'étude physico-chimique de l'Oued Moulouya et un affluent au niveau de la région d'Outat el Haj", Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°16, pp. 91-104, 2013.