



EVALUATION QUALITATIVE ET IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTION DU BASSIN VERSANT DE L'OUM ERBIA, MAROC

**BITAR K., JOUILIL I., DELHI R., HILALI A., BENZHA F.,
KAOUKAYA A., RHINANE H., BAIDDER L., TAHIRI M.**

Equipe de recherche Hydro sciences, Faculté des Sciences, Km 8 Rte d'El Jadida
PB 5366 Maarif 20100 - Casablanca Maroc,

mohtahiri@yahoo.fr

RESUME

L'Oued Oum Erbia alimente une grande partie des villes du Maroc, finissant par assurer 50 % des besoins en eau potable du Grand Casablanca (métropole et capitale économique du Maroc abritant quatre Millions d'habitants).

La situation géographique du bassin, ses capacités hydrique et sédimentaires, et ses caractéristiques urbaines et agricoles ; le rendent sensible et vulnérable à différents types de pollutions (industrielle, urbaine et/ou agricole) qui ne cessent d'augmenter de jour en jour. Les analyses à la fois de l'eau brute et du sédiment le classe parmi l'un des bassins qui présente un risque élevé de contamination. Cependant la majeure partie des masses d'eaux analysées le long de l'oued Oum Erbia demeure de bonne qualité approuvée par des tests préliminaires "in situ" et d'autres plus spécifiques au laboratoire, malgré les multiples risques qui le guettent continuellement.

Mots clés : Eaux brutes de surface, qualité de l'eau potable, pollution des eaux douces, bassin versant Oum Erbia, Maroc.

ABSTRACT

Oum Erbia River supplies a large portion of Morocco's cities, 50% of the drinking water needs of the Great Casablanca (the metropolis and economic capital of Morocco, home to four million inhabitants) comes from Oum Erbia basin.

The location of the basin, sedimentary and water capacity, and urban and agricultural characteristics; make it sensitive and vulnerable to various types of pollution (industrial, urban and / or agricultural) which are increasing day by day. The analysis of both raw water and sediment collected from this basin leads to class conclude that this basin presents high risk of contamination. However most of the analyzed water masses along the Oum Erbia remains of good quality approved by preliminary tests" in situ" and others more specific made in laboratory, despite the many risks which faces it continually.

Keywords : Raw surface water, drinking water, fresh water pollution, watershed Oum Erbia, Morocco.

INTRODUCTION

Bassin versant de l'Oum Erbia

Le bassin hydrographique de l'Oum Er Rbia inclut (Figure1) : le bassin de l'Oum Er Rbia (35.000 km²) et les bassins Côtiers Atlantiques situés entre El Jadida et Safi (13.070 km²). L'Oum Er Rbia est un bassin riche en ressources hydriques renouvelables avec plus de 3.600 Mm³, soit un quart des ressources du Maroc (25%). Celles-ci sont principalement des eaux de surface (90%).

L'Oum Erbia, bassin versant qui a connu depuis l'âge du temps un afflut ; des populations qui développent autour de la rivière toutes les activités possibles leur permettant d'assurer une qualité de vie acceptable. Ainsi le bassin de l'Oum Er Rbia est le bassin qui concentre la plus large demande en eau du Maroc (4,25 milliards de mètres cubes, soit 35% de la demande totale en eau du Maroc). (ABHOER). La particularité de ce bassin versant ne restera pas sans impacts négatifs sur la ressource en eaux et l'environnement. L'industrie en évolution continue, l'agriculture s'est accentuée et même modernisée (forte utilisation de produits fertilisants et surexploitation du sol), les ménages ; douars, villages, villes, de plus en plus peuplés. Ces trois secteurs constituent les facteurs clés responsables de la dégradation de la qualité des eaux douces et de l'environnement du bassin versant de l'Oum Erbia.



Figure 1 : Bassin hydrographique de l'Oum Erbia (www.abhoer.ma)

Urbanisme

La superficie du bassin hydraulique de l'Oum Erbia représente 7% de la superficie totale du pays, et abrite 65 centres urbains et 254 communes rurales, répartis sur 12 provinces (Figure 2). C'est l'un des bassins les plus peuplés du Maroc avec près de 5 millions d'habitants (2004). Cette population est principalement rurale. En effet, le taux d'urbanisation dans ce bassin, le plus bas au Maroc (avec le Tensift), se trouve à 39% contre 55% au niveau du Maroc. Cependant, l'urbanisation du bassin de l'Oum Erbia progresse. (Centre national des statistiques). Les principales zones urbaines et agglomérations siègent sur le parcours de la rivière et y versent toutes les eaux usées de tout genre, notamment la ville de Tadla avec 36515 EqH, Souk Essebt, Beni Mellal qui compte environ 190000 habitants dispose d'une STEP en arrêt de fonctionnement. Les eaux usées déversent dans l'oued qui à son tour verse sur le parcours d'environ 35Km sur l'Oum Erbia.

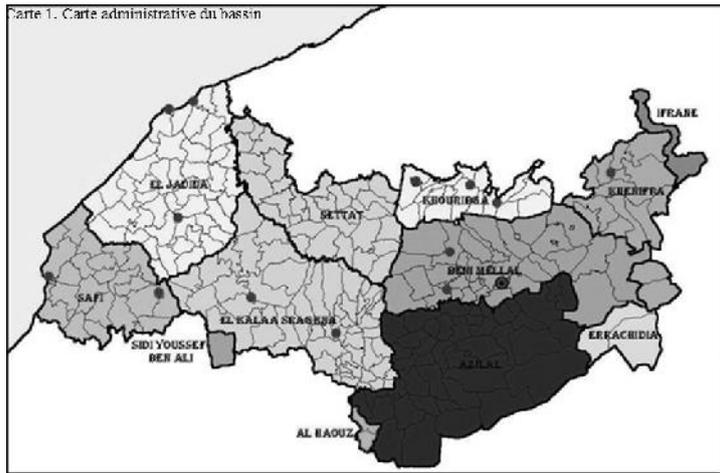


Figure 2 : Carte administrative du bassin versant de l'Oum Erbia (ABH Oum Erbia : www.abhoer.ma)

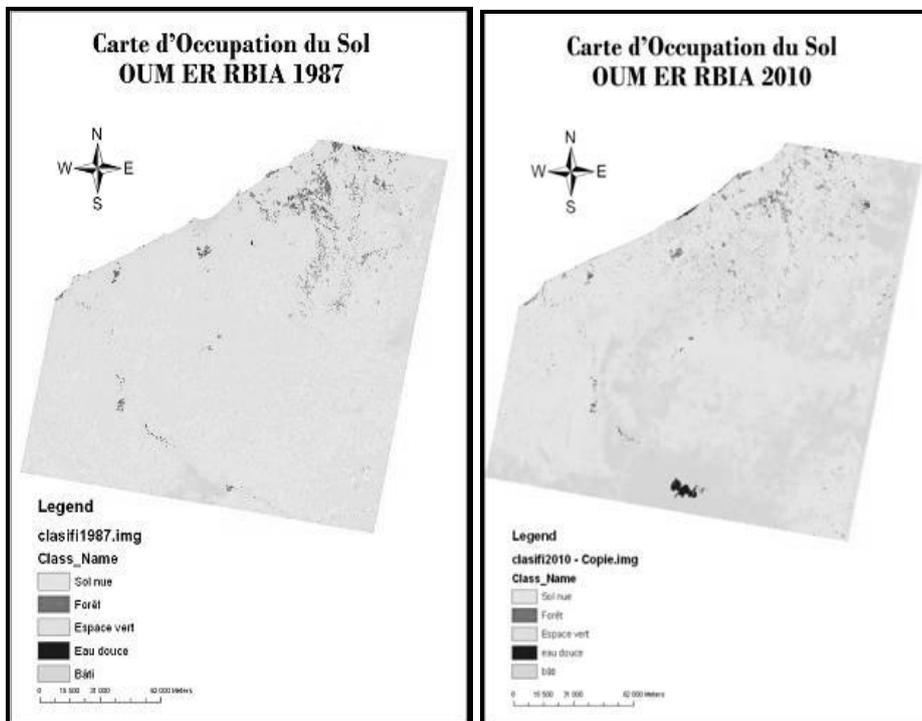


Figure 3 : Carte comparative d'occupation du sol entre l'année 1987 et 2010

Le résultat présenté par les images satellitaires (Figure 3) reflète une dégradation du couvert de végétation durant 19 ans entre les deux années étudiées 1987 et 2010. Ce changement, qui pourrait bien être expliqué par le développement économique et démographique de la zone d'action de l'Agence de l'Oum-Erbia, a engendré l'accroissement des rejets polluants s'accompagnant de certains effets nuisibles sur le milieu naturel. Ceci engendre une dégradation importante et évolutive de la qualité des eaux de surface et souterraine. Ainsi, les ressources en eau sont exposées de plus en plus à la pollution sous ses différentes formes (Tableau 1).

Tableau 1 : Charge polluante de la population locale (ABHOER, 2010)

Population Totale	DBO5 (t/an)	DCO (t/an)	MO (t/an)	MES (t/an)	NK (t/an)	PT (t/an)	Unités de pollution UP	Equivalent Habitant EH
2 397 669	32 051	66 281	43 461	43 393	8 751	1 750	61 686	1 900 073

Le débit total collecté par les réseaux d'assainissement de l'ensemble des centres de la zone d'action de l'Agence s'élève actuellement à 40 millions de mètre cube par an. La quantité annuelle de pollution rejetée par ces centres est évaluée à 32051 tonnes de DBO5 et 66281 tonnes de DCO. Le nombre des ouvrages d'épuration existants s'élève à 16, dont 6 seulement 6 sont fonctionnels (Khouribga, Béni Mellal, Boujâad, Boujniba, Hattane et Ben Guerir). Malheureusement, l'oued Oum Erbia constitue le collecteur principal des eaux usées des centres limitrophes. Il est donc nécessaire d'accorder la priorité à ces centres dans le cadre du plan national d'assainissement.

Les images ci-dessous reflètent le type de pollution apporté par la population située aux alentours de l'oued Oum Erbia dans la ville de Kasba Tadla. On notera que cette ville comporte plusieurs activités ponctuelles (ateliers de mécaniques, peinture, lavage de véhicules, laveries, blanchisseries,...) qui apportent une pollution persistante difficile à éliminer et qui s'ajoute à la pollution des eaux usées domestiques.

Cette ville compte à elle seule une population avoisinant les 41 783 hab. en 2007 (http://fr.wikipedia.org/wiki/Kasba_Tadla).



Figure 4 : Différents type de pollution de la ville de Kasba tadla (Bassin Oum Erbia)

Activités riveraines

L'agriculture

L'Oum Erbia est la région la plus agricole du Maroc Non seulement sa superficie est élevée (plus de 27% de la surface agricole utile irriguée du Maroc soit 493.600 ha dont 323.000 ha en Grande Hydraulique), mais aussi sa consommation par hectare est une des plus élevée au Maroc (Figure 5).

La demande agricole s'élève à près de 4 milliards de mètres cubes, au premier rang du Maroc, avec 32% de la demande totale agricole. (Ministère de l'agriculture)

L'agriculture contribue à la pollution des nappes à cause de l'utilisation parfois irrationnelle des engrais et des pesticides que les agriculteurs ajoutent afin d'augmenter la productivité de la parcelle.

La quantité d'azote lessivée vers la nappe ou ruisselée vers les cours d'eau est évaluée à environ 10% ; Ainsi environ 3500 tonnes de nitrates, provenant des engrais, parviennent à la nappe du Tadla par lessivage. Par ailleurs, la pollution due aux pesticides a été estimée à 2.2 tonnes par an.

La plaine agricole Beni Mellal la plaine agricole Kalaa et la plaine agricole Sidi Bennour toutes irriguées sont directement liées au bassin versant. L'activité étant intense et les produits fertilisants, insecticides et pesticides sont utilisés de manière régulière.

Evaluation qualitative et identification des sources de pollution du bassin versant de l'Oum Erbia, Maroc

Les résultats des analyses relèvent d'ailleurs des taux hors normes en éléments azotés (Nitrates, Ammonium) en sélénium et en Arsenic.

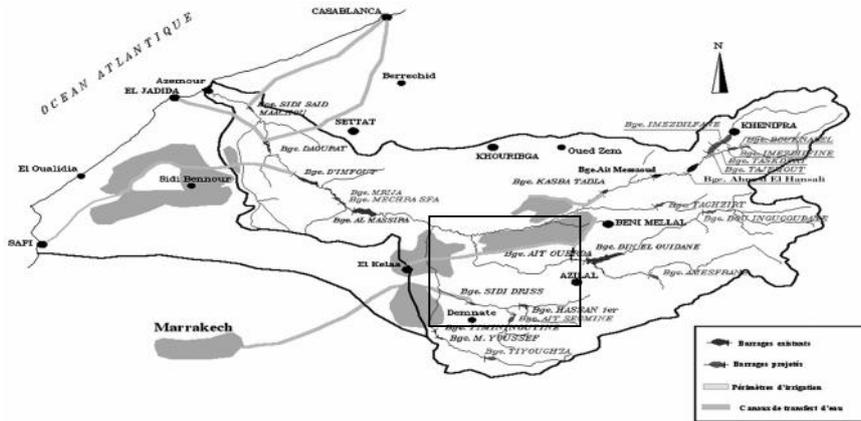


Figure 5 : Localisation des plaines agricoles sur le bassin versant de l'Oum Erbia

L'image satellitaire suivante illustre l'une des principales plaines agricoles et agglomération concentrées de part et d'autre du l'Oued Oum Erbia à l'approche de la ville de Beni Mellal.



L'industrie

Les principales sources de pollution industrielles sont implantées dans la nappe de Beni Amir et dans celle de Beni Moussa (les sucreries). Les conserveries, les huileries et la centrale laitière ont surtout un impact sur l'augmentation des taux des nitrates et les matières organiques. La composante industrielle de la

demande en AEPI est significative. Les industries minières et agro-alimentaires sont particulièrement importantes. Il est possible que la demande industrielle liée aux plans de croissance des principales entreprises de la zone, par exemple l'OCP, augmente d'ici 2030. Néanmoins, il est possible de contrôler l'impact de cette croissance sur le déficit en trouvant des solutions de mobilisation non conventionnelle adaptées. En effet, les industries de la zone sont hautement polluantes (ex activités minières). La dégradation des nappes (en particulier de l'aquifère du Tadla) pourrait s'accroître ainsi que celle des tronçons de l'oued Oum Erbia (entre l'aval rejet Kasba-Tadla et l'aval rejet Dar Ouled Zidouh) qui sont les plus fortement touchés par l'effet conjugué des rejets industriels (sucreries).

La figure 6 illustre la répartition des différentes activités industrielles pouvant constituer une source de pollution du bassin hydraulique Oum Erbia.



Figure 6 : Localisation de la pollution industrielle sur le bassin versant de l'Oum Erbia

ECHANTILLONNAGE ET ANALYSES

Echantillonnage

L'échantillonnage est effectué le long de l'oued Oum Erbia et concerne les deux compartiments clés : eau et sédiment. Les points de prélèvements sont alors déterminés et localisés sur des cartes élaborées à l'aide du système SIG. Ces points sont choisis en fonction des informations que peut apporter la masse d'eau étudiée (entrée et sortie des barrages, entrée et sortie des villes, à proximité des zones agricoles, industrielles et des trafics routiers, aux alentours des formations géologiques, etc.). Les échantillons d'eau sont placés dans des flacons en polyéthylène rincés au préalable à l'eau distillée et à l'eau de prélèvement. Ces

échantillons d'eau sont ensuite transportés en glacière à 4°C et traités au laboratoire dans les heures qui suivent le prélèvement.

Dans le présent article sont présentés les résultats d'analyse de la masse d'eau prélevée à l'entrée (S1), sortie (S3) et sur le barrage Sidi Saïd Maachou (S2).

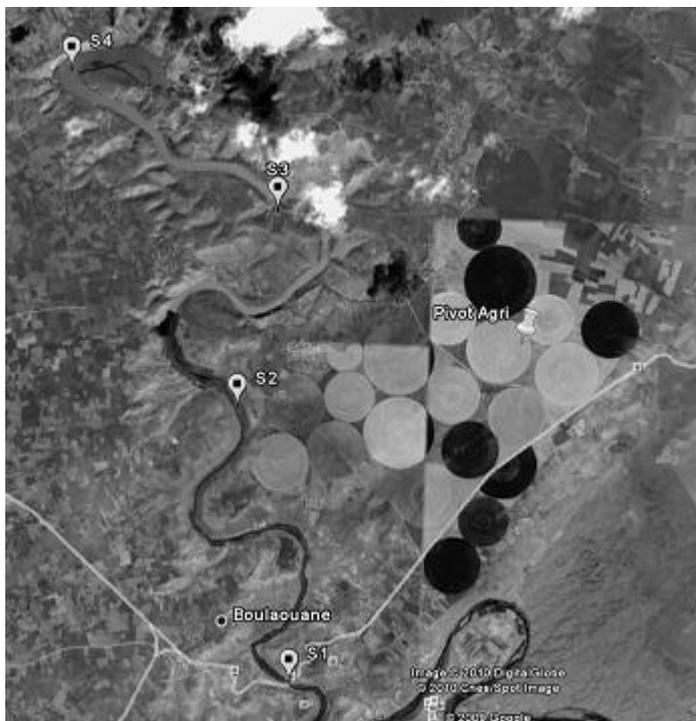


Figure 7 : Points d'échantillonnage sur le parcours de l'Oum Erbia (Aux alentours du barrage Sidi Saïd Maachou)

Analyses

Des analyses in-situ ainsi que d'autres au laboratoire ont été effectuées pour déterminer les caractéristiques suivantes:

- Physicochimiques

Température, oxygène dissous, turbidité, pH, dureté, matières en suspension.

- Biologiques

Indice Biologique Global Normalisé : INGN (Méthode standardisée utilisée en écologie appliquée afin de déterminer la qualité biologique d'un court d'eau), Chlorophylle a.

- Géochimiques

Métaux lourds : Arsenic, Cadmium, Plomb, Sélénium, Nitrates, Nitrite, Ammonium,

Chlorite, etc.

- Eléments nutritifs

Phosphore et Azote.

- Organoleptiques

Goût, couleur et odeur.

Pour la masse d'eau, la température, le pH, l'oxygène dissous et la turbidité sont mesurés sur le terrain grâce un appareil multi paramètres. Les teneurs en matières en suspension (MES) sont obtenues par filtration de 500 mL d'un échantillon d'eau sur une membrane Wattman (0,45µm) puis séchage. Le calcium est dosé par titrimétrie avec complexation à l'EDTA. Les concentrations des métaux lourds sont déterminées par spectrophotométrie à l'aide de capsules spécifiques à chaque élément dosé, comparé à un échantillon d'eau distillée.

La biomasse algale, exprimée en µg de chlorophylle (a), est mesurée suivant la méthode colorimétrique de Lorenzen (1967), après filtration de 500 mL d'un échantillon d'eau sur membrane Wathman puis extraction à l'acétone (90%).

La spéciation du Phosphore sédimentaire est réalisée sur la fraction inférieure à 0,2 mm selon la méthode de Golterman (1996).

Au niveau de l'agence de bassin Oum Erbia ABHOER, un suivi mensuel se fait dans 8 stations primaires réparties sur le cours de l'oued. Un suivi annuel complémentaire se fait au niveau de 7 stations secondaires, situées sur les secteurs de cours d'eau susceptibles d'être affectés par les rejets polluants.

La détermination de la qualité de l'eau nécessite le positionnement de chaque élément mesuré sur une grille d'évaluation regroupant les seuils limites de chaque paramètre permettant ainsi de reconnaître le degré de pollution de l'eau.

Lors de cette étude, on a adopté le système d'évaluation SEQ-EAU qui permet de subdiviser la qualité de l'eau en quatre niveaux : Très bonne (couleur bleue), Acceptable (couleur verte), Médiocre (couleur jaune), Mauvaise (couleur rouge). L'application de cette grille d'évaluation est effectuée sur la base des résultats d'analyses obtenus.

RESULTATS ET DISSCUSSION

Compartment eau

Physico-chimique

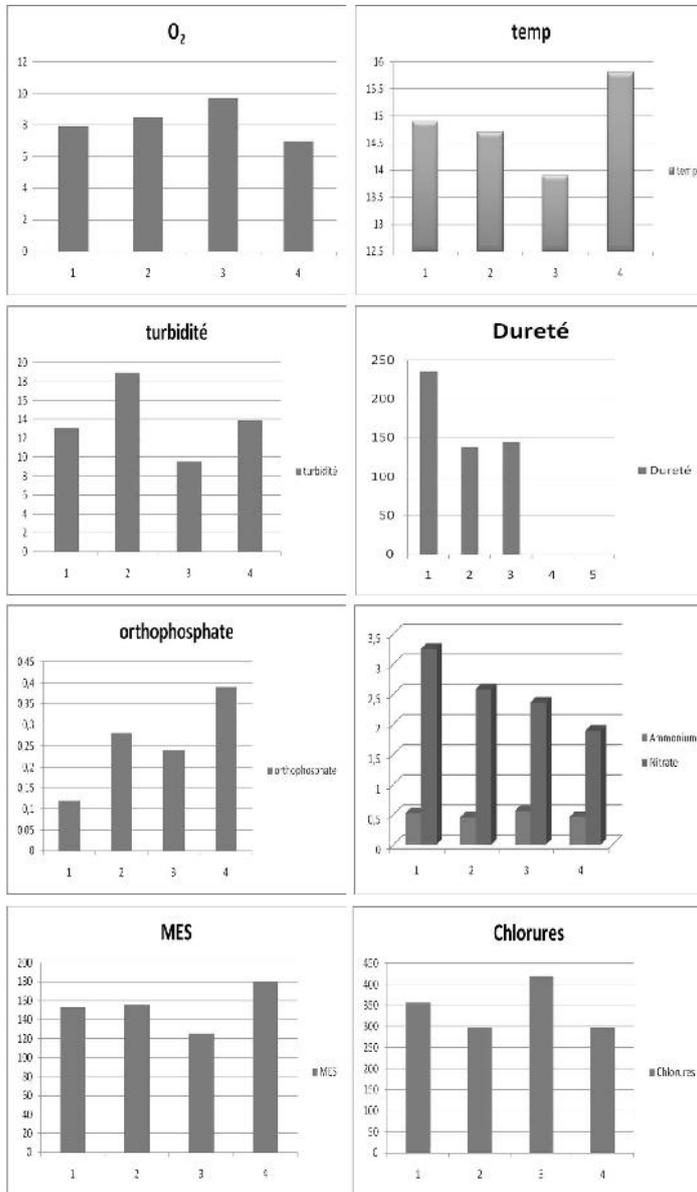


Figure 8_: Différents paramètres physicochimiques mesurés dans l'Oued Oum Erbia.

Les résultats obtenus concernent les trois points de prélèvements S1, S2, S3 et barrage Daourat. Ces derniers font partie d'une étude étalée sur le cycle Janvier à Octobre et qui a révélé le constat suivant :

- L'oxygène dissous varie de 5 mg/l à 11 mg/l. Ce paramètre témoigne d'une excellente qualité de la majorité d'eau sur l'ensemble du parcours.
- Le phosphore total varie d'une valeur de 0,2 mg/l à 13 mg/l.
- La teneur en ammoniacque varie de 0,1 mg/l à 300 mg/l surtout au niveau d'Ouled sidi Driss.
- Les teneurs en Arsenic élevés qui dépassent la norme internationale de 10 µg/l.
- La concentration du Sélénium dépasse aussi la norme internationale en vigueur qui est de 10 µg/l.

Ainsi :

La classification de la qualité des eaux selon les paramètres physico-chimiques sur les 3 sites de prélèvements est comme suivant :

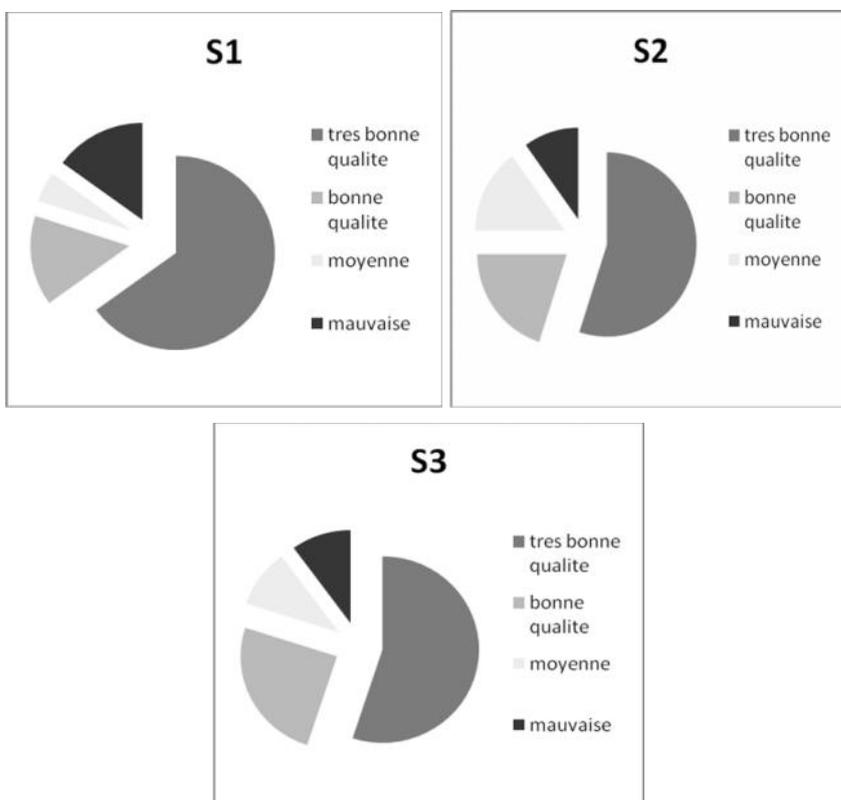


Figure 9 : Classification de la qualité des eaux prélevées selon les paramètres physicochimiques.

Indice Biologique Global Normalisé : IBGN

Pour l'Oum Erbia, le parcours du bassin a fait l'objet de plusieurs sites d'échantillonnage ; les activités sont diversifiées et nombreuses (villes et agglomération, agriculture, agro-industrie, etc.)

Tableau 2 : Références des différents échantillons prélevés du Bassin hydraulique étudié.

Références échantillon	Groupe indicateur	Somme taxons	Valeur IBGN	Qualité
Amont Khénifra	7	42	18	
Aval Kénifra	6	27	13	
Aval rejet Khenifra	2	2	2	
Aval Kasba Tadla	4	14	8	
Amont Béni-Mellal	7	29	15	
Aval Béni-Mellal	3	32	11	
Amont Souk Sebt	7	40	17	
Amont El Brouj	7	32	15	
Aval El Brouj	5	30	13	
Aval Machraa Ben Abou	5	23	11	
Aval Daourat	6	34	15	

La classification suivante illustre la qualité des eaux de l'Oum Erbia selon les résultats obtenus grâce à l'indice biologique global normalisé (IBGN)

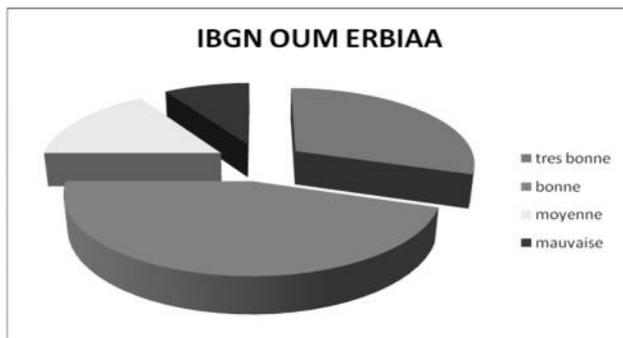


Figure 10: Classification de la qualité des eaux prélevées selon l'indice biologique global normalisé.

Sur l'ensemble de l'Oued Oum Erbia, nous avons remarqué que :

- La ville de Kasba Tadla enregistre plus particulièrement des taux élevés de pollutions à cause des rejets directs sur le cours d'eau, d'où la mauvaise qualité de l'eau en aval.
- La mauvaise qualité de l'eau caractérise aussi la partie amont de la ville de Khenifra, liée au rejet non traités de cette agglomération.
- Une certaine récupération de la qualité d'eau grâce à l'autoépuration est observée sur le tronçon qui sépare les deux villes citées ci-dessus.
- Le tronçon reliant Ouled Zidouh à l'aval de Kasba Tadla, connaît également une amélioration pour atteindre un niveau de bonne qualité.
- L'existence accidentelle du Sélénium et de l'Arsenic (valeurs inquiétante) et due principalement aux activités agricole, la surexploitation des sols et l'usage intensif de produits organiques persistant (POP) constituant la famille des fongicides, biocides et insecticides.
- D'une manière générale, la partie aval des principaux effluents de l'Oum Erbia est dotée d'une mauvaise qualité d'eau.
- Cependant, au niveau des retenues de barrages, les eaux stockées sont caractérisées par une qualité moyenne à mauvaise.
- La dégradation des nappes (en particulier de l'aquifère du Tadla) pourrait s'accroître ainsi que celle des tronçons de l'oued Oum Erbia (entre l'aval rejet Kasba-Tadla et l'aval rejet Dar Ouled Zidouh) qui sont les plus fortement touchés par l'effet conjugué des rejets industriels (sucrieries) et domestiques.

Compartiment Sédiment

Granulométrie et physico-chimie

Tableau 3 : Granulométrie et caractéristiques physicochimiques

	Oued Oum Rbia			
	S1	S2	S3	Daourate
% sable	10	6.2	9	6
% silt	15	12.8	20	12
% argile	75	81	71	82
% matière organique	89	87	91	79
% carbonates de calcium	58	59	60	68
pH	8.2	8	7.48	8,14
% Humidité	65	79	88	77.58

Le sédiment du pôle ORB est très riche en matière organique (79% à 91%). Cette fraction du sédiment est susceptible d'être dégradée quand les conditions physicochimiques le permettent et serait à l'origine de l'approvisionnement certain de la masse d'eau en phosphore par relargage à partir du sédiment. Le pH du sédiment est basique et varie entre 7,48 et 8,2. Le pourcentage d'humidité est élevé, en faveur de la fluidité interstitielle et des échanges à l'interface eau- sédiment.

Spéciation chimique

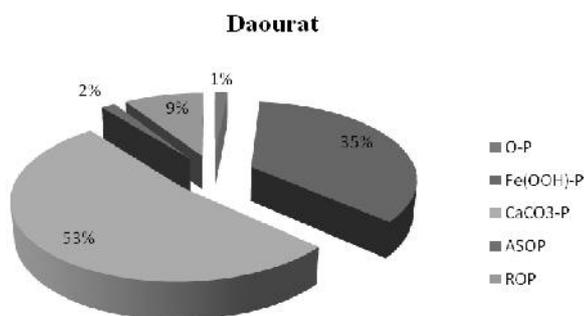


Figure 11 : Spéciation chimique du phosphore dans les sédiments du barrage Daourat

Les résultats de la spéciation chimique du phosphore dans les sédiments de Daourat ont mis en évidence la prédominance des formes du phosphore inorganique à raison de 35% en Fe(OOH)-P et 53% en CaCO₃-P. La forme organique est faiblement représentée. Elle est de l'ordre de 2% en ASOP et de 9% en ROP.

CONCLUSION

La rivière de l'Oum Erbia a abrité, depuis des années, des populations de plus en plus croissantes aux alentours des cours d'eau. Certaines agglomérations se sont vite transformées en villages puis en villes importantes dont les besoins en eau sont multiples et variés. Plus de quatre cinquièmes de ces villes et villages ne disposent pas de stations de traitement des eaux usées et la plupart de celles-ci déversent directement dans la rivière. Les autres activités agricoles, industrielles, ponctuelles (lavages d'engins et de voitures, lavages de linges,...), combinées aux dépôts dans certaines villes, ont accumulé des déchets urbains sur les bordures des cours d'eau; tous ces paramètres ont bien atténué la qualité des eaux douces de la rivière et accumulé des pollutions diverses.

L'évaluation et l'analyse de la turbidité, des paramètres physicochimiques, des toxiques, des éléments nutritifs et de l'IBGN montrent que la qualité des eaux

alimentant le Grand Casablanca reste encore dans l'ensemble bonne et acceptable. Il faut noter des traces d'Arsenic et de Sélénium qui demeurent un sujet d'inquiétude et qu'il faudrait encore plus approfondir pour relever les doutes et identifier l'origine de ces éléments toxiques.

En revanche, la spectroscopie infrarouge effectuée sur des échantillons prélevés aux différents points du cours d'eau a relevé la présence de substances organiques non assimilées. Des études complémentaires par Infra rouge ont été faites, et vont être jumelées à la spectroscopie RMN et la spectrométrie de masse pour cerner la pollution d'origine organique.

L'étude spatio-temporelle des différentes pollutions potentielles, sur la qualité des eaux de source de l'Oum Erbia ainsi que sur les caractéristiques organoleptiques de l'eau potable alimentant le Grand Casablanca s'avère nécessaire pour programmer des plans d'action prioritaires qui visent la préservation de la ressource naturelle vitale pour la région.

Pour veiller à la protection de la qualité des eaux douces de l'Oum Erbia on recommande de :

- mettre à niveau la collecte et le traitement le long du court d'eau;
- diminuer la pollution agricole en modérant l'épandage d'engrais industriels, de pesticides, de biocides;
- protéger les eaux souterraines de l'Oum Erbia contre d'éventuelles infiltrations de la pollution.
- créer un système de recyclage des eaux usées traitées, notamment pour leur réutilisation en agriculture.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABHOER (2006/2007). Etat de la qualité de l'eau dans la zone d'action de L'agence du bassin hydraulique d'Oum Erbia. www.abhoer.ma
- ADMINISTRATION DU GENIE RURAL (1997). L'irrigation au Maroc.
- ANCTIL F. (2008). L'Eau et ses enjeux, DE BOECK.
- BEKKADA Z. (2004). La valeur de l'eau, CHIRON.
- BENZHA F., HILALIA A., F. ZIDANE F. (2009). Hydrogéochimie des retenues de barrage Imfout, Daourat et Sidi Maâchou (Maroc), Environmental Technology, Vol. 30, Issue 9, 969-983.
- BRETT E. (1972). Etude sur les actinomycètes, cause d'un certain goût et d'odeurs dans les installations centrales d'approvisionnement en eau, Cebedeau, n°338, Janvier.
- CHIOU C.T., SCHMEDDING D.W. (1982). Partitioning of organic compounds in octanol-water systems, Environ. Sci. Technol., 16, 4-10.
- DAFIR J.E., KEMMOU S., TAOUFIK M. (2005). Comportement hydrogéochimique du phosphore dans le réservoir Imfout (Oum Erbia, Maroc), Water Quality Research Journal of Canada, Vol. 40 (2), 202-210.

- DAI (2010). Analyse et identification des besoins pour des systèmes d'information et de gestion des ressources en eau pour l'agence du bassin hydraulique et de l'ormva ; Bassin Hydraulique de la Moulouya et d'OUm Erbia, USAID, Mai.
- ERBEN R. (1978). Effects of some petrochemical products on the survival of *Dicranophorus forcipatus* O.F. MULLER (Rotatoria) under laboratory conditions, *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 20, 1988-1991.
- GRAPIN G., SOYER H., CAYROU M., DRAKIDES C. (2002). Norme arsenic-un traitement alternatif pour les unités de production d'eau potable, *Techniques Sciences et Méthodes*, n°10, 49-53.
- GUÉMIMI A. (2004). Plan d'action d'économie de l'eau dans le périmètre des Doukkala ORMVAD, El Jadida, Maroc. Projet **INCO-WADEMED** Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée, Rabat, du 19 au 23 avril.
- KATSOYIANNIS I.A., ZOUBOULIS A.I. (2002). Removal of arsenic from contaminated water sources by sorption onto iron-oxide-coated polymeric materials, *Water Research*, 36, 5141-5155.
- KRISTIANSEN N.K., LUNDANES E., FROSHAUG M., UTKILEN H. (1992). Determination and identification of volatile organic compounds in drinking water produced offshore, *Chemosphere*, 25, 1631-1643.
- LENOBLE V. (2003). Elimination de l'Arsenic pour la production d'eau potable: oxydation chimique et adsorption sur des substrats solides innovants, Thèse de l'Université de Limoge (France), Sept.
- MEROT P. (2006). Qualité de l'eau en milieu rural, Savoirs et pratiques dans les bassins versants, QUAE.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL (2002). Situation de l'agriculture marocaine.
- NORMES AFNOR. (1994). Recueil des normes françaises : qualité des eaux.
- ROUYRRE C. (2003). Guide de l'eau, Comment moins polluer ? Comment préserver ?, Edition Seuil.
- SAPOZHNIKOVA Y., BAWARDI O., SCHLENK D. (2004). Pesticides and PCBs I sediments from the salton Sea, California, USA, *Chemosphere*, Vol. 55, n° 6, 797-809.
- XU Y-H., NAKAJIMA T., OHKI A. (2002). Adsorption and removal of Arsenic (V) from drinking water by aluminium-loaded Shirasu-zeolite, *J. Hazardous Mater.*, B92, 275-287.