

Évaluation de la qualité des cours d'eau de la ville de Taza utilisés dans l'irrigation des cultures maraîchères (Maroc).

M. Ben Abbou^{*1,2}, F. Fadil¹ & M. El Haji²

¹Laboratoire d'Écologie Fonctionnelle et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques Fès 30000, Maroc.

² Laboratoire des Ressources Naturelles et Environnement, Faculté Polydisciplinaire de Taza, Boîte Postale 1223 Taza Gare, Maroc.

* Auteur correspondant, E-mail : benabbou.md@gmail.com

Original submitted in on 25th January 2014 . Published online at www.m.elewa.org on 31st May 2014.

<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v77i1.7>

RÉSUMÉ

Objectif : Actuellement, le bassin versant de l'Oued Larbâa au Maroc se trouve menacé par une pollution intensive, vu l'énorme volume des rejets, sans aucun traitement préalable, de la ville de Taza. La pollution totale rejetée par la ville de Taza atteindra 30354 m³/j à l'horizon 2015 (RADEETA, 2004). L'utilisation agricole des eaux usées des affluents de l'oued Larbâa est plus intense et vise essentiellement les cultures maraîchères. Cette utilisation s'accompagne de risques sanitaires dont l'évaluation nécessite la connaissance des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de ces eaux.

Méthodologie et résultats : Les résultats obtenus au cours de cette étude indiquent que la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux utilisées pour l'irrigation des cultures ne répond pas toujours aux critères d'utilisation de ces eaux dans l'irrigation des cultures maraîchères. Les eaux d'irrigation des stations situées en aval des rejets de la ville de Taza sont polluées sur le plan chimique et bactériologique, se caractérisent par de faibles teneurs en Oxygène dissous, des teneurs élevées en matière en suspension (MES), demande biologique en oxygène à 5 jours (DBO₅), demande chimique en oxygène (DCO), Nitrate, Orthophosphates et des taux élevés dépassent la valeur limitée pour l'irrigation en métaux lourds tels que le Fer et le manganèse ainsi que par une présence importante de coliformes et streptocoques fécaux qui dépassent les limites fixés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). La protection de ces eaux contre les contaminations diverses est nécessaire et impérative pour que ces eaux servent encore en agriculture.

Conclusion et application des résultats : La contamination des eaux des cours d'eaux récepteurs des eaux usées de la ville de Taza, utilisées dans l'irrigation des cultures situées à leur proximité, les rend impropres à cette utilisation. En fait, une réutilisation de ces eaux serait possible après traitement biologique qui apparaît possible selon les valeurs du rapport DBO₅/DCO obtenus lors de cette étude, sans ignorer les traitements visant la flore bactérienne détectée qui présente un danger pour la santé des consommateurs des cultures contaminées.

Mots-clés : Irrigation, Eaux usées, Oued Larbâa, physico-chimique, bactériologique.

Quality assessment of rivers in the city of Taza used in the irrigation of vegetable crops (Morocco).

ABSTRACT

Objective: Currently, the watershed of Oued Larbâa in Morocco is threatened by intensive pollution, given the enormous volume of discharges, without any pretreatment from the city of Taza. The total pollution released by the city of Taza is estimated to reach 30,354 m³ / d by 2015 (RADEETA, 2004). Agricultural use of the effluents from the river Larbâa is intense and is mainly vegetable crops. This use is associated with health risks necessitating evaluation of the physico-chemical and microbiological characteristics of these waters.

Methodology and results: The results obtained in this study indicate that the physico-chemical and microbiological quality of the water used for irrigation of crops does not always meet the criteria for use set by the World Health Organization (WHO). Irrigation water stations downstream of discharges from the city of Taza polluted chemically and bacteriologically are characterized by low levels of dissolved oxygen, high levels of suspended solids (TSS), biological oxygen demand in 5 days (BOD₅), chemical oxygen demand (COD), nitrate, orthophosphates and high rates exceed the limited value for the irrigation of heavy metals such as Iron and manganese as well as a significant presence of coliforms and faecal streptococci that exceed the limits set by WHO. The protection of these waters against various infections is necessary and imperative that these waters are still used in agriculture.

Conclusion and application of results: Contamination of water courses receiving waters of wastewater from the town of Taza, used in crop irrigation located in their vicinity, making them unsuitable for such use. In fact, reuse of these waters would be possible after biological treatment appears possible according to the values of the ratio of BOD₅/COD obtained in this study, without ignoring the treatments for bacterial flora detected that presents a danger to the health of consumers of crops contaminated.

Keywords: Irrigation, Water Waste, Oued Larbâa, physico-chemical, bacteriological.

INTRODUCTION

Au Maroc, la question de l'eau est l'un des principaux problèmes de l'environnement, en raison d'une part des conséquences sanitaires et économiques de la pollution de l'eau et de l'insuffisance de l'assainissement, et d'autre part, des pressions exercées sur les ressources hydriques du fait de l'accroissement des besoins en eau. La ville de Taza est parmi les villes du Maroc en pleine expansion urbaine avec un volume journalier estimé des rejets d'eaux usées passant de 18456 en 2000 à 30354m³/J en 2015. Ces rejets atteindront 45278 m³/J en l'année 2030 (Régie autonome de distribution d'eau et d'électricité de Taza (RADEETA, 2004). Ceci s'explique par l'accroissement de la population urbaine, l'augmentation de l'approvisionnement et de la consommation individuelle en eau potable ainsi qu'à l'utilisation importante d'eau par le secteur industriel. Dans cette région, qui connaît un déficit hydrique, les eaux usées sont rejetées à l'état brut en différents points dans l'Oued Larbâa,

Oued Taza, Oued Defali et Oued Jaouna. Ces eaux usées sont réutilisées directement à l'état brut avant leur arrivée à l'Oued Inaouen, dans les terrains agricoles limitrophes à ces oueds. Or ; la réutilisation de ces eaux à leurs états bruts présente un risque de contamination bactérienne et parasitaire des cultures irriguées (TALOUIZTE. H ; et al. 2007) en particulier celles consommées crues qui sont susceptibles de présenter un vecteur d'un grand nombre de maladies qui présentent une vraie menace sanitaire pour les consommateurs. Les rejets domestiques de la ville de Taza dans ces oueds en 2005 de 11.600 m³/j, les rejets industriels et domestiques 148.281 équivalent habitats et les rejets agricoles avec une forte charge organique, estimée actuellement à environ 1100 Kg DBO₅/j, 2000 Kg DCO/j pour un débit de l'ordre de 22 m³/j sur une période d'activité de 3 mois (RADEETA, 2004). Devant cette situation précaire de pollution, la réutilisation des eaux polluées est devenue primordiale. En

effet, aujourd'hui cette pratique est largement répandue; plusieurs pays ont développé de très importants projets de réutilisation des eaux usées traitées tels que l'Espagne qui produisait près de 350 millions de m³/an et l'Italie près de 240 millions de m³/an en 2006 (EUWI, 2007). Aussi,

l'objectif de notre étude est d'évaluer la qualité des eaux de la ville de Taza utilisées dans des cultures maraîchères dans le bassin versant d'Inaouen, par la détermination des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude : La ville de Taza, appartient à la région nord orientale du Maroc, est caractérisée par un climat de type subhumide (rapport de Ministre de l'aménagement des territoires de l'eau et de l'environnement, Mission II, avril 2005). Le régime des pluies dans la zone d'étude se caractérise par deux saisons bien distinctes et très contrastées, une saison pluvieuse s'étalant pratiquement sur 8 mois d'Octobre en Mai, avec une pluviométrie moyenne voisine de 580 mm (les zones montagneuses sont beaucoup plus arrosées : jusqu'à 1500 mm) et une saison sèche de Juin en Septembre où la moyenne des températures maximales approche 35. Sur le plan morphologique, la région de Taza est située en majorité entre deux bassins hydrologiques (SDACG, 1994) : le bassin de la Moulouya à l'est et le bassin de Sebou à l'ouest et sur le plan hydrographique La ville de Taza est sillonnée par un réseau hydrographique dense formé

essentiellement par un cours d'eau principal (oued Larbâa) et ses affluents (oued Taza, oued Dfali, oued Laghouireg et oued Jaouna). D'un point de vue hydrogéologique, On distingue deux types de nappes à Taza : Une nappe profonde constituée de calcaires et l'autre phréatique qui donne naissance de plusieurs sources à la ville de Taza. Le réseau d'assainissement dans la ville est de type unitaire, qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales, il couvre presque la totalité de la ville avec un linéaire totale de 80km. Le réseau est formé d'un ensemble de collecteurs assurant l'assainissement de la majorité des quartiers de la ville, il est formé de 5 collecteurs principaux (Larbâa, Taza, Rhouireg, Dfali et Jaouna) ses collecteurs déversent leurs collectes en différents points des oueds traversant la ville sans aucun traitement préalable (Fig. 1).

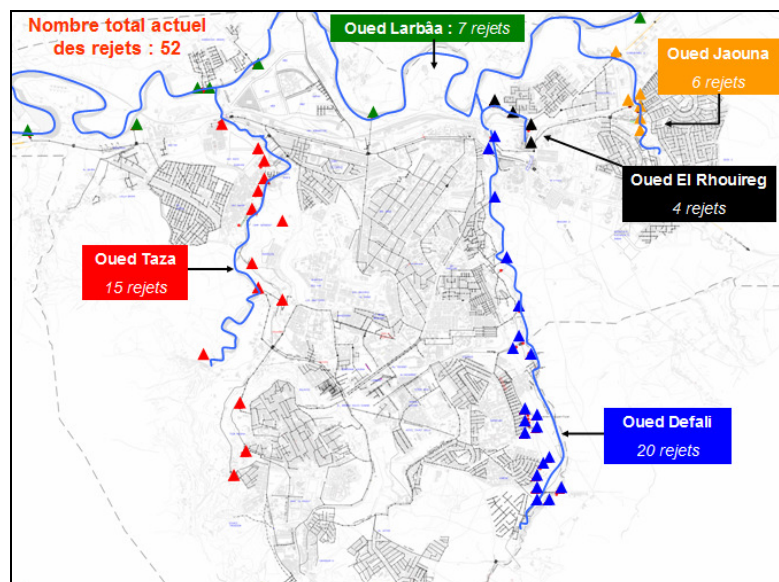


Figure 1 : Le réseau d'assainissement de la ville avec emplacement des rejets (RADEETA)

La carte d'occupation des sols et des images satellitaires actuelles (2007) permet une bonne

connaissance de la distribution des différentes espèces végétales au niveau des versants, des lits majeurs et

mineurs et au niveau du chenal. La partie des Oueds qui drainent la ville de Taza traverse des terrains occupés par des arboricultures des ripisylves et des maraîchages. Les ripisylves se trouvant au niveau de l'Oued Taza entre le lit mineur et le lit majeur.

Sites de prélèvement : au niveau du bassin versant, les sorties sur terrain nous ont permis de caractériser des points d'eau, de connaître le nombre et l'environnement immédiat des différents points d'eaux utilisées dans l'irrigation. Suivant la situation

géographique de ces points d'eau, de l'habitat environnant et des sources de pollution probables, nous avons sélectionné, sur l'ensemble du site du bassin versant de l'Oued Larbâa, un nombre représentatif de points sur lesquels les échantillons ont été prélevés (Oued Larbâa, Oued Taza, Oued Defali et O. Jaouna). La carte de la figure 2 illustre la localisation des différentes stations de prélèvements ainsi que les sites de pompage des eaux pour l'irrigation.

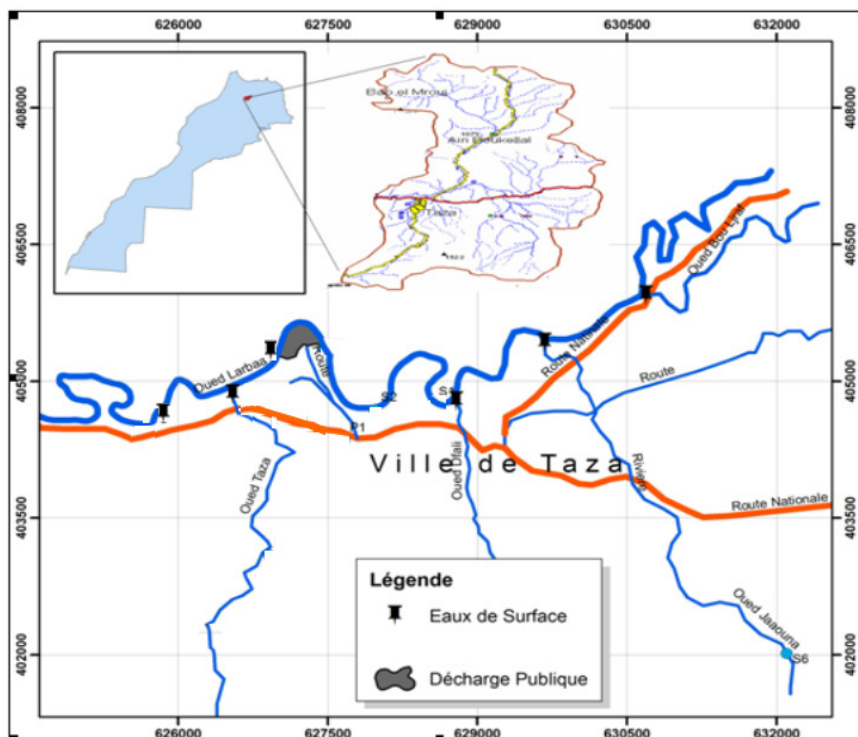


Figure 2 : Situation des points d'échantillonnage

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Analyses physico-chimiques : La fréquence d'échantillonnage adoptée durant la période d'étiage correspond à la saison sèche de deux années 2012 et 2013 du Juin au Septembre était d'un prélèvement par mois. Quinze paramètres ont été mesurés. Cinq de ces paramètres (ONEP, 2008) l'ont été sur le terrain : la température, la conductivité, le pH à l'aide d'un multi paramètre analyser Type CONSORT – Modèle C535, la turbidité à l'aide d'un turbidimètre Type HACH-Modèle 2100P et l'oxygène dissous par la méthode de titrage de Winkler. Le prélèvement, le transport et la conservation des échantillons d'eau font référence au

protocole et procédures défini par l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) (ONEP, 2007 ; Rodier J. ,2009 ; ABOUZAIID et DUCHESNE ,1984). Les méthodes utilisées au sien du Laboratoire des Ressources Naturelles et Environnement de la Faculté Polydisciplinaire de Taza sont : la volumétrie pour les bicarbonates, les chlorures, le calcium et le magnésium ; la spectrophotométrie d'absorption moléculaire pour les sulfates, les nitrates, les nitrites, les ions ammoniums et les Orthophosphates et la spectrophotométrie à flamme pour le sodium et le potassium. La DBO5 est déterminée par un OXITOP,

La DCO est déterminé par l'oxydation en milieu acide par l'excès de dichromate de potassium à la température de 148°C des matières oxydables dans les conditions de l'essai en présence de sulfate d'argent comme catalyseur et de sulfate de mercure et la matière en suspension (sur une membrane de 0,45 µm) (Rodier J. ,2009 ; ABOUZAIID et DUCHESNE ,1984). Le dosage des éléments traces (Cadmium(Cd), Cobalt (Co), Cuivre (Cu), Fer (Fe), Nickel (Ni),...) a été effectué à l'aide de la spectrométrie d'Emission couplée à un plasma induit (ICP-AES) au laboratoire de CURJ de Fès.

Analyse bactériologique: L'étude des paramètres bactériologiques a porté sur la quantification des paramètres d'origine fécale : coliformes fécaux (CF), coliformes totaux (CT) et streptocoques fécaux (SF). Les prélèvements ont été effectués d'après la procédure de prélèvement et d'analyse de l'ONEP (ONEP, 2007) avec une fréquence mensuelle. Le dénombrement des CF, CT et SF a été effectué selon la méthode indirecte de fermentation en tube multiple dans un bouillon lactosé ; le nombre a été ensuite déduit statistiquement suivant la méthode du nombre le plus probable (Rodier J. ,2009) (tableau 1).

Tableau 1 : Méthodes d'analyses des différents paramètres bactériologiques.

Germes	Milieux utilisés	Température et temps d'incubation	Référence
CT (Coliformes)	Bouillon Lauryl sulfate de tryptose ; Bouillon lactosé bilié au vert brillant	37°C + 1 °C/48H	NM 03.7.060 (2012)
CF (Escherichia Coli)	Bouillon Lauryl sulfate de tryptose ; EC medium	37°C + 1 °C/48H ; 44°C + 0.5 °C/24H	NM 03.7.060 (2012)
SF (Entérocoques intestinaux)	Bouillon glucosé à l'azoture ; gélose biliée à l'esculine et à l'azoture (BEA)	37°C + 1 °C/48H ; 44°C ± 0.5 °C / 48H	NM 03.7.252 (2012)

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'irrigation : Les eaux d'irrigation analysées sont, dans la plupart des cas, peu acides et donc très peu agressives. Elles sont localisées dans la zone optimale pour la reproduction de la plupart des espèces aquatiques (Nisbet et Verneaux, 1970 ; Arrignon, 1991). L'acidité de l'eau peut être due au dioxyde de carbone dissous provenant soit de l'atmosphère, soit des réactions métaboliques des microorganismes et des matières organiques contenues dans ces eaux

(Klein, 1973). La plupart des échantillons d'eaux analysées tendent vers la neutralité en saison d'étiage. Les résultats de la conductivité et de l'oxygène dissous montrent une dégradation intense des eaux de l'oued Bouljraf, Jaouna, Dafli et Taza; collecteurs des eaux usées de la ville de Taza et de l'oued Larbâa, collecteur de ces eaux usées et des lixiviats de la décharge incontrôlée (fig. 1) Les teneurs moyennes de ces paramètres ont montré que :

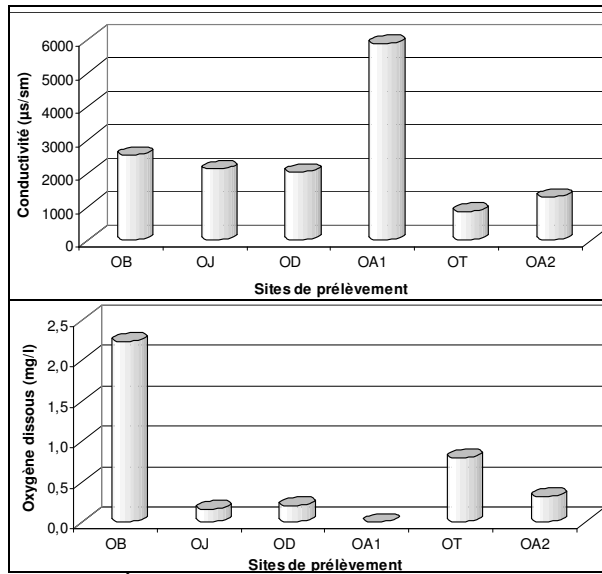


Figure 3 : Évolution de la conductivité et de l'O₂ dissous.

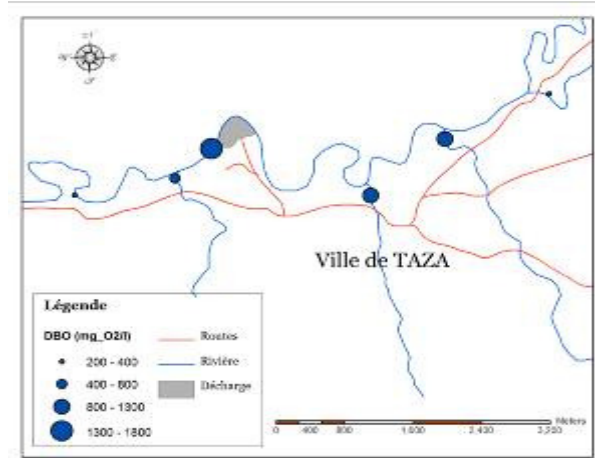


Figure 4 : .Carte de la DBO₅ en (mgd'O₂ /l).

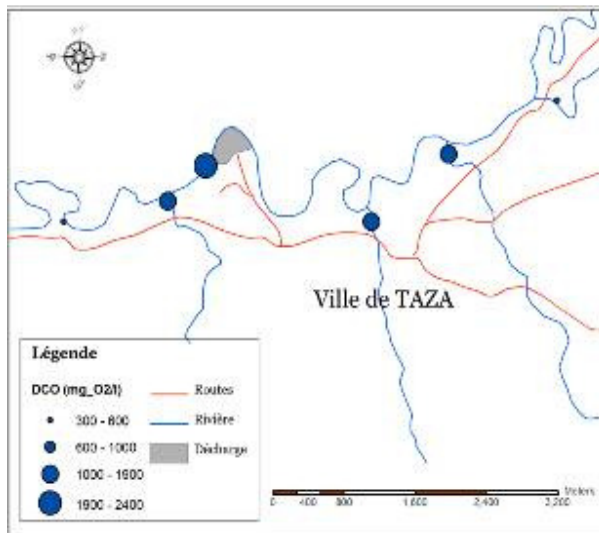


Figure 5 : Carte de la DCO en (mgd'O₂ /l).

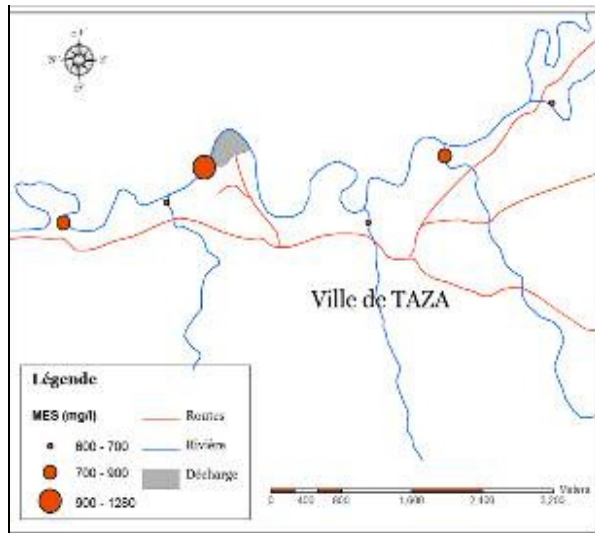


Figure 6 : Carte de la MES en (mg /l).

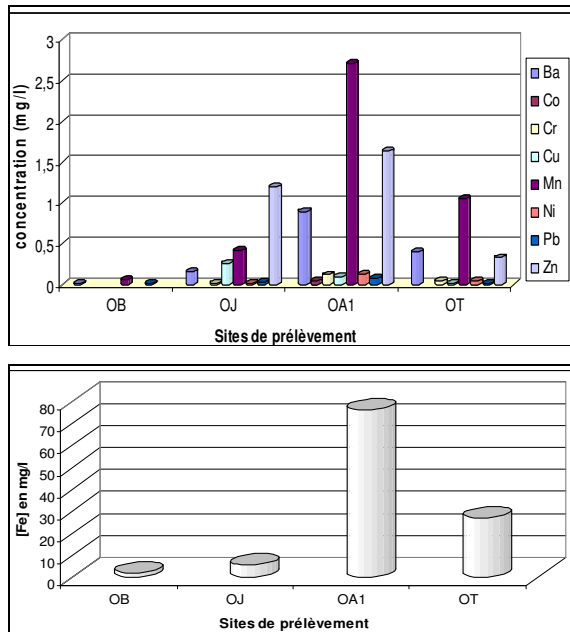


Figure 7 : Évolution des métaux lourds en (mg/l).

La valeur moyenne de la conductivité des eaux de surface étudiée varie entre un minimum de 861,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et un maximum de 5873 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans les eaux de l'oued Larbâa (OA1) à côté de la décharge (fig.3). L'origine de cette minéralisation, attribuée a priori au lixiviats et la confluence de tous les collecteurs des eaux usées de la ville. Selon ce paramètre, les normes marocaines (Bulletin officiel ,2002) permettent de classer les eaux de surface de la ville de Taza dans les classes moyennes à très mauvaises. L'évolution de l'oxygène dissous dans les eaux de surface traduit une nette dégradation de la qualité des eaux surtout celles qui se situent à proximité de la décharge publique (0,16 mg/l) que les eaux de l'oued Larbâa (OA1) en fait partie (Fig. 3). Ce déficit en oxygène dissous est le résultat des fortes charges organiques générées par les rejets liquides et les lixiviats de la décharge de la ville de Taza. La comparaison des valeurs en oxygène dissous dans nos échantillons analysées avec la grille de qualité des eaux de surface permet de déduire que ces eaux usées sont de qualité mauvaise à très mauvaise (Bulletin officiel , 2002). La présence d'énormes quantités de matières en suspension (MES) entraîne leur sédimentation sur les planches, ayant pour effet le colmatage des sols empêchant ainsi la respiration normale des cultures. Les résultats obtenus montrent des valeurs moyennes en MES de 640 mg/l au niveau de l'oued Bouljraf (OB) et de 1280 mg/l pour l'Oued Larbâa (OA1) (Fig.4) ; les valeurs les plus

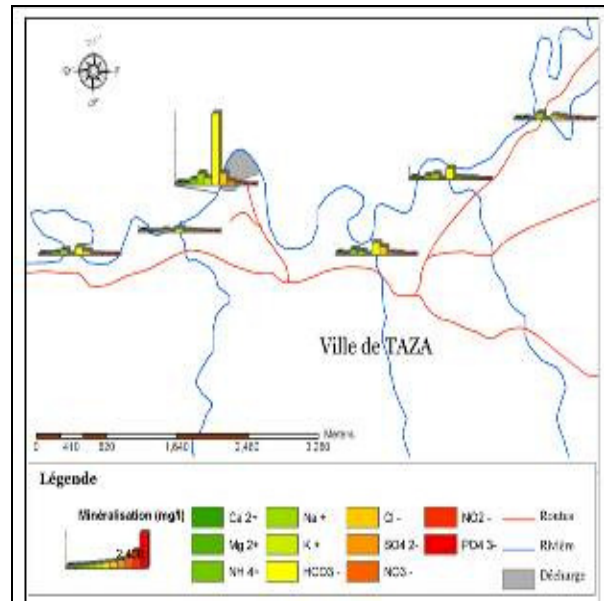


Figure 8 : Carte de la minéralisation en (mg/l).

élevées sont obtenues pour les eaux de l'oued qui passent au centre de la ville de Taza. A la lumière des résultats obtenus sur les MES, il ressort que les eaux étudiées sont polluées, mais que cette pollution reste sans risque vis-à-vis du colmatage des sols irrigués. Les valeurs moyennes de chlorures dans les eaux superficielles se situent entre 227,2 mg/L et 830,7 mg/L (fig. 8). Alors que la teneur en sodium déterminée pour l'ensemble de nos échantillons indique une concentration élevée en sodium. Celle-ci, lorsqu'elle est contenue dans l'eau d'irrigation, est susceptible d'entraîner une augmentation de l'alcalinité du sol, de réduire sa perméabilité, particulièrement en surface, malgré un lessivage éventuel (FAO, 2003). La réduction de la perméabilité du sol est due à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en sodium échangeable augmente. Le taux d'alcalinité est important surtout dans l'oued Larbâa (OA1) à côté de la décharge et l'oued Jaouna (OJ) ce qui est probablement dû à cette dernière et aux rejets industriels des conserveries. Les teneurs en Orthophosphates dans les eaux étudiées sont faibles sauf dans les lixiviats dilués par les eaux de l'oued Larbâa (OA1) et de l'oued Taza (OT) qui est dû à une minéralisation très poussée de la matière organique par le mélange de ces eaux avec les rejets d'abattoir de la ville de Taza. (Fig.8). L'analyse des éléments azotés des cours d'eau échantillonnés montre des concentrations importantes en comparaison même

avec la norme marocaine de qualité des eaux destinées à l'irrigation. Pour les nitrates on note des taux assez élevés par rapport aux normes marocaines (Bulletin officiel ,2002) Cela pour tous les oueds qui collectent les rejets des eaux usées de la ville (Dfali, Taza, Jaouna et Larbâa). L'origine des quantités importantes des nitrates résulte, principalement de l'application des engrais chimiques lors de la fertilisation. Les faibles teneurs obtenues en NH_4^+ et NO_2^- montrent que ces particules proviennent principalement du métabolisme. En effet, en présence des microorganismes, l'azote organique contenu dans les matières organiques est oxydé en NH_4^+ . La nitrification convertit le NH_4^+ en NO_3^- en passant par le NO_2^- . Cette biotransformation s'effectue en deux étapes, en présence de *Nitrosomas* et de *Nitrobacter* respectivement. En effet, le nitrate formé peut subir la dénitrification par réduction, essentiellement en NO_2^- . La dénitrification est assurée par *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus* et *Micrococcus*. Les germes dénitrifiants sont des hétérotrophes (Campbell, 1995), qui permet de déduire que ces eaux de surface sont de qualité moyenne à mauvaise (Bulletin officiel ,2002). L'analyse des résultats des métaux lourds montre que Plusieurs métaux lourds présents dans les eaux usées utilisées en irrigation mais seulement les

concentrations en éléments traces le Fer (Fe) et le Manganèse (Mn) (fig.7) dépassent la valeur limitée pour l'irrigation (Bulletin officiel ,2002). Ce résultat suggère qu'une partie importante de ces métaux lourds peut provenir des intrants utilisés (engrais chimiques, insecticides ou fongicides) ; un contrôle des fertilisants et pesticides importés et destinés à l'agriculture s'avère nécessaire. Une certaine partie de ces métaux peut provenir de rejets et de la décharge sauvage de la ville de Taza. Donc les eaux superficielles qui collectent les eaux usées de la ville de Taza constituent un facteur limitant pour la réutilisation de ces eaux dans l'irrigation. Les valeurs moyennes de la DBO_5 enregistrées sont comprises entre 225 et 1700 mg d' O_2/l , la valeur moyenne maximale est enregistrée au niveau des eaux usées de l'Oued Larbâa (OA1) (Fig.2). Quant à la DCO, les valeurs moyennes sont de 332 à 2387 mg d' O_2/l pour l'Oued Larbâa à coté de la décharge (Fig.3). Par ailleurs, Ces fortes valeurs seraient liées à une forte oxydation des composés inorganiques oxydables et à une pollution par des lixiviats qui est essentiellement due à la matière organique. Le calcul des rapports DCO/DBO_5 , DBO_5/DCO détermine l'origine des eaux usées de ces effluents étudiés (Tableau 1).

Tableau 2 : Rations des eaux des oueds collecteurs des eaux usées de la ville de Taza.

Réf. Échantillon	DCO/DBO ₅	DBO ₅ /DCO
OB	1,48	0,68
OJ	1,24	0,80
OD	1,58	0,63
OA1	1,40	0,71
OT	1,38	0,73
OA2	1,71	0,58

Le rapport DCO/DBO_5 variant de 1,24 à 1,71 (Figure 9) confirme que les eaux de surface de la ville de Taza reçoivent des eaux usées urbaines à dominance domestique présentant un rapport DCO/DBO_5 inférieur à 3 (ONEP, 1998). Donc, on peut conclure que même si les eaux usées de ce rejet urbain présentent une charge organique élevée, elles sont facilement biodégradables. Le rapport DBO_5/DCO permet d'apprécier l'efficacité possible d'un système biologique dont les valeurs permettent de juger de la biodégradabilité d'un effluent. Donc d'après le rapport

DBO_5/DCO calculé on trouve que 83,3% des eaux de surface qui reçoivent les eaux usées ont un rapport supérieur à 0,6. Ce qui nous permet de déduire que la charge en matières organiques dans les eaux usées de ces collecteurs est facilement biodégradable par un traitement biologique qui paraît tout à fait convenable.

Qualité bactériologique des eaux d'irrigation : L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation peut être à l'origine de la contamination des légumes, des agricultures ou des consommateurs (Mara et Cairncross, 1991 ; Niang, 1996).

Tableau 3 : La charge bactérienne au niveau des différents oueds collecteurs des eaux usées de la ville de Taza

Réf. Échantillon	CT (N/100ml)	E.Coli (N/100ml)	EI (N/100ml)
OB	750	360	750
OJ	28000000	5300	95000
OD	1100000000	7500	75000
OA1	1100000000	750000000	640000000
OT	9000	1600	4200
OA2	160000	3600	3600

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux superficielles analysées révèlent la présence des germes indicateurs de contamination fécale ainsi que certains germes pathogènes. La charge moyenne en coliformes totaux (CT), coliforme fécaux (CF) et streptocoques fécaux (SF) est de $1,1 \cdot 10^9$ germes/100, $7,5 \cdot 10^8$ germes/100 et $6,4 \cdot 10^8$ germes/100ml en successive comme valeur moyenne maximale dans les eaux de l'Oued Larbâa (OA1). La présence des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux dans ces eaux indiquent une pollution d'origine fécale (Rodier 2009). Leur prolifération est due au déversement des matières organiques et des substances nutritives azotées de la ville de Taza. Ces résultats dépassent largement la norme fixée par l'organisation mondiale de santé à 1000 CF/ 100 ml (OMS, 1989) et aux normes Marocaines des eaux d'irrigation. La présence dans ces eaux de ces bactéries indicatrices de pollution permet d'envisager les affections d'origine bactérienne à *Escherichia Coli* entérotoxique (gastro-entérites), *salmonella dysenteriae* (Dysenterie bactérienne), etc. ; alors les agriculteurs du bassin versant de l'Oued Larbâa qui utilisent les eaux sans aucun traitement préalable sont exposés aux affections d'origine bactérienne. Les résultats bactériologiques obtenus justifient la fréquence des maladies hydriques (El Haji et al. 2006). Le rapport CF/SF pour les eaux analysées est supérieur à 1 (ONEP, 1998), ce qui signifie que la pollution fécale est d'origine humaine.

Diagramme de WILCOX: Ce diagramme représente une classification des eaux ; exprimé sous forme d'un ratio qui décrit le pouvoir alcalinisant calculé par une formule appelée sodium adsorbable, « Sodium

Absorption Ratio : SAR », en fonction de la conductivité électrique. Pour une même conductivité, le risque est d'autant plus grand que le ratio est plus élevé (Wilcox L.V, 1948).

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2}}$$

Le SAR et la CE de l'eau des effluents qui reçoivent les eaux usées de la ville de Taza destinée pour l'irrigation, sont utilisés en combinaison afin d'évaluer le risque potentiel de salinisation des sols. Pour contrôler les effets négatifs des eaux d'irrigation sur les sols et les plantes, l'US Salinity Laboratory, 1954) a établi une échelle de qualité des eaux d'irrigation en fonction de leur conductivité et du taux d'absorption du sodium (SAR). Par rapport à la conductivité, les classes d'eaux sont : C1 (Conductivité < 250 μ S/cm), C2 (250 μ S/cm < Conductivité < 750 μ S/cm), C3 (750 μ S/cm < Conductivité < 2250 μ S/cm) et C4 (2250 μ S/cm < Conductivité < 5000 μ S/cm). Ainsi, les eaux sont respectivement à faible salinité, à salinité moyenne, à forte salinité et à très forte salinité. Par rapport au SAR, les classes d'eau d'irrigation sont S1 (SAR < 10), S2 (10 < SAR < 18), S3 (18 < SAR < 26) et S4 (SAR > 26). Ces différents SAR indiquent que les eaux sont respectivement « excellents à faibles dangers d'alcalinisation », « bonnes à dangers d'alcalinisation acceptables », « qualités moyennes à danger d'alcalinisation importantes » et « qualités mauvaises à dangers d'alcalinisation très importantes ».

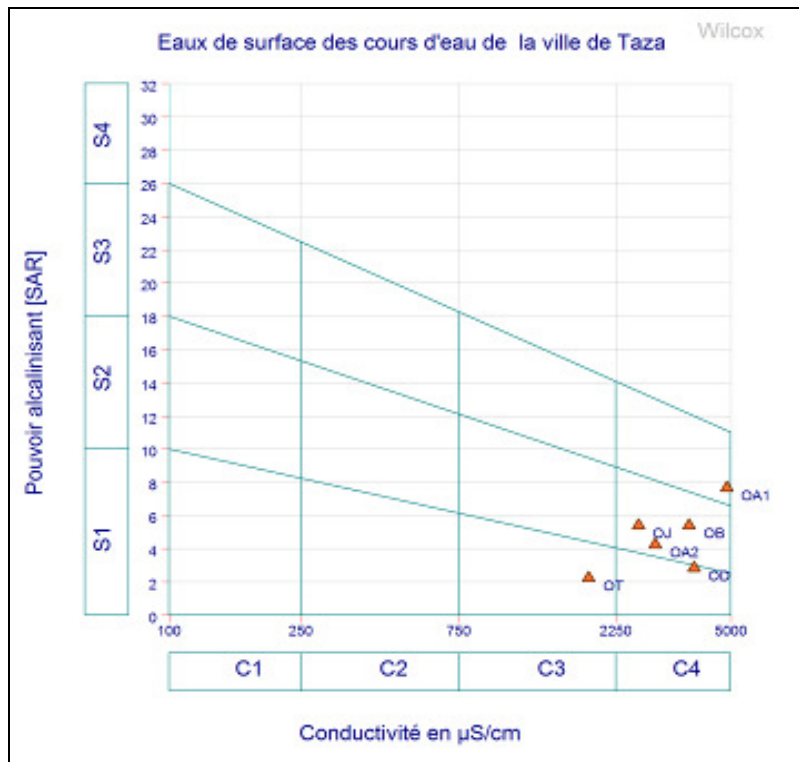


Figure 9 : Diagramme de WILCOX des différents points d'eau

Le report des résultats d'analyse à l'échelle établie par l'US Salinity Laboratory, 1954) montre que les effluents qui reçoivent les eaux usées de la ville de Taza est de la classe C3S1 pour les eaux de l'Oued Taza c'est-à-dire que les eaux usées d'irrigation appartiennent à la classe C3 des conductivités, qui est la classe des eaux à forte salinité et à la classe S1 des eaux excellentes faibles dangers d'alcalinisation ; Pour les eaux en aval de l'Oued Bouljraf, Dfali, Jaouna et Oued Larbâa en aval appartiennent à la classe C4 des conductivités et à la classe S2 des eaux bonnes à dangers d'alcalinisation

acceptables ; Pour OA1 (Oued Larbâa après la décharge sauvage de la ville de Taza) l'eau est de la classe C4S3 c'est-à-dire que ces eaux usées appartiennent à la classe C4 des conductivités, qui est la classe des eaux à très forte salinité et à la classe S3 des eaux moyennes à danger d'alcalinisation importantes. (Figure 9). Les résultats obtenus, suite aux différents prélèvements effectués pour cette étude, nous ont permis de réaliser la figure 10, ci-dessous, en se basant sur les normes de qualité des eaux de surface (SEEE, 2007).

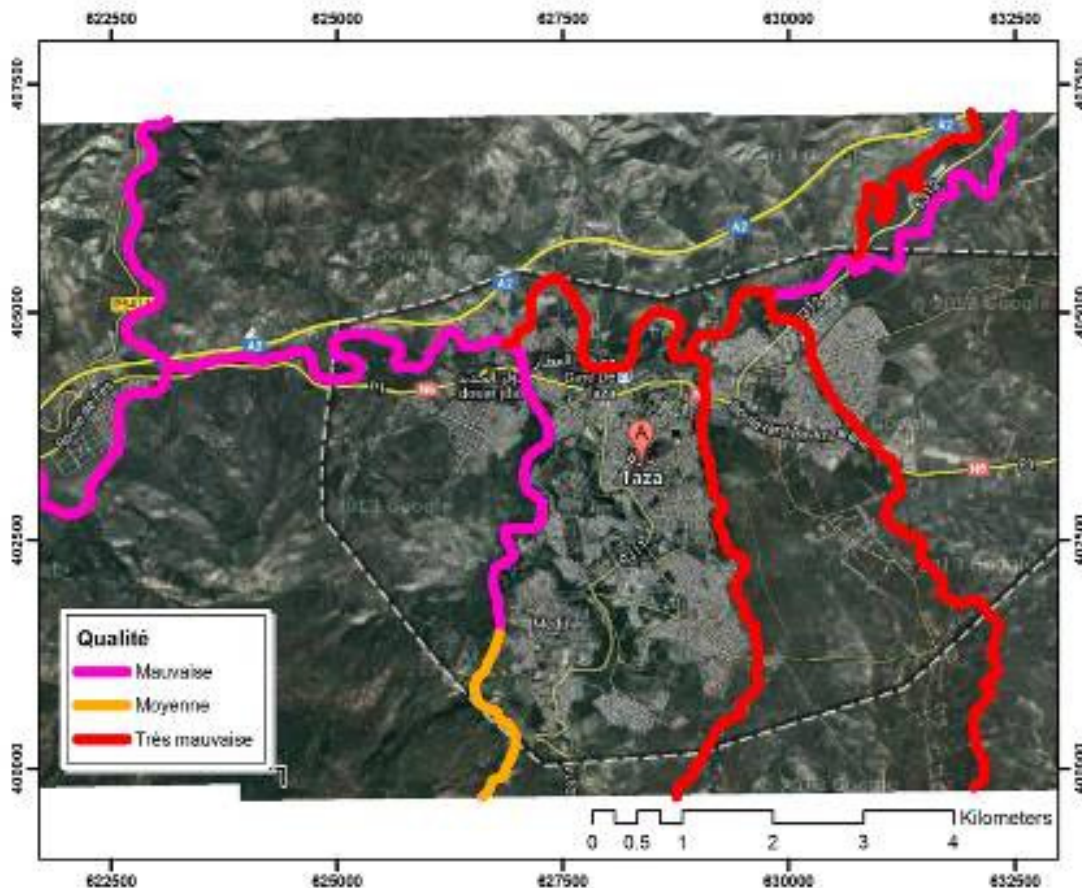


Figure 10 : Qualité détaillée des eaux superficielles de la ville de Taza

CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons déterminé les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées de la ville de Taza utilisées en agriculture, en vue d'évaluer les impacts sur l'environnement et les risques sanitaires. Les résultats obtenus indiquent qu'aussi bien la qualité physico-chimique que microbiologique des eaux utilisées pour l'irrigation des cultures ne répond pas toujours aux critères en vigueur. Les eaux d'irrigation des stations situées en aval des affluents qui reçoivent les eaux usées sans aucun traitement préalable sont polluées sur le plan chimique et bactériologique. En effet, elles se caractérisent par de faibles teneurs en Oxygène, par des valeurs élevées en DBO₅, en Nitrates, en DCO et révèlent

aussi des taux élevés en métaux lourds notamment le Fer et le Cuivre ainsi qu'une présence importante en coliformes fécaux et Streptocoques fécaux. La protection de ces eaux contre les contaminations diverses est nécessaire et impérative pour que ces eaux servent encore en agriculture sans risque de contamination. La limitation à certaines cultures est également une solution alternative pour soutenir l'utilisation de ces eaux pour l'irrigation. A moyen terme, il est nécessaire d'envisager le traitement biologique des eaux usées très polluées sur le plan bactériologique au niveau des affluents qui passent au centre de la ville de Taza avant leur utilisation dans l'agriculture.

RÉFÉRENCES

- Abouzaid et Duchesne. (1984) Direction contrôle qualité des eaux. ONEP.
- Arrignon J. (1991). Aménagement piscicole des eaux douces, 4ème Edition, Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.
- Bulletin officiel (2002) Grilles de qualité des eaux potables, 10 Chaabane 1423 (17 octobre 2002). Ministère de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement, Rabat.
- Campbell, J.I.A., Jacobsen, C.S. and Sorensen, J., 1995. Species variation and plasmid incidence among fluorescent *Pseudomonas* strains isolated from agricultural and industrial soils. *FEMS. Microbiol. Ecol.* 18: 51-62.
- El Haji M., Boutaleb S., Laamarti R. and Laarej L. Surface and Groundwater Pollution of the Area of Taza, Morocco. *Integrated Water Resources Management and Challenges of the Sustainable Development Second International Conference Agadir*, 24–26 March 2010 (Proceedings). P 404-412
- EU Water initiative, 2007 (EUWI): Méditerranéen Wastewater Reuse Report.
- FAO (2003). Irrigation avec des eaux usées traitées, manuel d'utilisation.
- MARA D., CAIRNCROSS S. (1991). Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excréta en agriculture et aquaculture, OMS–PNUE, Genève, Suisse.
- Ministre de l'aménagement des territoires de l'eau et de l'environnement. Études de choix du site pour l'implantation d'une décharge contrôlée des déchets ménagers et assimilés de la ville de Taza (Avril 2005) Mission II ;
- Minute du rapport définitif de l'étude du schéma directeur de l'assainissement du centre de Guerif (SDACG) (1994) Mission A-
- NIANG J. (1996). Gestion des déchets urbains, l'utilisation des eaux usées brutes dans l'agriculture urbaine au Sénégal : bilan et perspectives.
- NISBET M., VERNEAUX J. (1970). Composants chimiques des eaux courantes, Discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques, *Annales de limnologie*, 6(2), 161.190.
- OMS (1990). Comité Directeur Inter-Institution de Coopération pour la décennie. Impact de la DIEPA de l'eau et de l'assainissement sur les maladies diarrhéiques –Genève, p178.
- ONEP. Modes opératoires normalisés. (Janvier 2008) Direction contrôle qualité des eaux.
- ONEP. Procédure de conditionnement et de conservation des échantillons d'eau (14PQ 07) Direction contrôle qualité des eaux.
- ONEP. Procédure de prélèvement des eaux naturelles, traitées et usées. (2007) Direction contrôle qualité des eaux.
- ONEP. Approche de la typologie des eaux usées urbaines au Maroc (1998). ONEP et GTZ.
- KLEIN L. (1973). *River pollution, chemical analysis*, 6th Ed., London, Sciences Direct-Environnement International, London. Rabat (1998).
- Rodier J. (2009) *L'analyse de l'eau – eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*, 9ème édition, Paris, Dunod, 1475 p.
- RADEETA ; Etude du schéma directeur d'assainissement liquide de la ville de Taza, 2004
- TALOUIZTE Hakima, MERZOUKI Mohamed, ALAMI EL OUALI Abdelhakim, BENNANI Laila, BENLEMLIH Mohamed : Evolution de la charge microbienne de la laitue irriguée avec les eaux usées urbaines de la ville de Fès au MAROC. *TRIBUNE DE L'EAU* (2007) · No 642
- US SALINITY LABORATORY.1954. *Diagnosis and improvement of saline and Alkali soils*, USDA Agriculture Handbook 60. Washington, DC, Etats- Unis, US Government Printing Office, 10-50.
- Wilcox L.V (1948). *The quality of water for agricultural use*. US Dept Agriculture Tech. Bull. 1962, Washington DC