

Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de cinq villes de la région de la Chaouia – Ouardigha (Maroc)

Mohammed BOUTAYEB¹, Abdelhamid BOUZIDI¹ & Mohammed FEKHAOUI²

1. Université Hassan 1^{er}, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Sciences de l'Environnement et du Développement, B.P. 577, Settat, Maroc. e-mail : m.boutayeb@yahoo.fr

2. Université Mohammed V-Agdal, Institut Scientifique, Département de Zoologie et Ecologie animale Laboratoire d'Hydrobiologie, Av. Ibn Batouta, B.P. 703 Agdal, Rabat.

Résumé. La caractérisation des rejets urbains de cinq centres urbains de la région de la Chaouia – Ouardigha (villes de Settat, Berrechid, Ben Ahmed, El Gara et Soualem-Sahel) a permis de définir le ratio de pollution par habitant, qui est compris entre 27 et 37 mg/hab.j avec des concentration en DBO₅ variant de 239 mg/l à 581 mg/l et des valeurs de pH proches de la neutralité. Le rapport DCO/DBO₅ compris entre 2,07 et 2,87 montre le caractère biodégradable des effluents qui peuvent être traités par un système biologique, notamment par le lagunage naturel répandu à l'échelle nationale.

Mots clés : eaux usées brutes, pollution physico-chimique, région de la Chaouia – Ouardigha.

Study of the physical–chemical quality of bulk waste waters of five cities of the Chaouia – Ouardigha region, Morocco.

Abstract. The characterization of waste water discharges from five urban cities located in the Chaouia – Ouardigha region (Settat, Berrechid, Ben Ahmed, El Gara and Soualem-Sahel) has allowed us to define the ratio of pollution per inhabitant between 27 and 37 mg/hab.day with BOD₅ concentration between 239 mg/l and 581 mg/l and pH values near neutrality. The ratio COD/BOD₅ is from 2.07 to 2.87 and shows the biodegradability of effluents and may be treated by a biological system such as stabilization ponds as found nationwide.

Key words: waste waters, physico-chemical pollution, Chaouia-Ouardigha region.

INTRODUCTION

La priorité accordée depuis la fin des années 1960 à la réalisation des ouvrages hydrauliques a permis au Maroc de disposer d'un patrimoine important d'infrastructures hydrauliques. En revanche, le développement du secteur de l'eau est resté marqué par les retards enregistrés au niveau de certaines composantes, notamment l'assainissement liquide et l'épuration des eaux usées. Ce retard a eu pour conséquence la dégradation de la qualité des ressources en eau des milieux et de l'environnement naturel d'une manière générale, ce qui constitue une menace pour les ressources et pour la santé des populations.

Avant d'apprécier l'impact des rejets d'eaux usées sur le milieu récepteur, il paraît logique de présenter les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées brutes des communes urbaines. L'utilisation des paramètres de caractérisation physico-chimique des effluents urbains constitue un bon moyen pour l'estimation de la qualité de ces rejets urbains et de leur impact sur le milieu récepteur.

La présente étude consiste d'abord à caractériser les rejets urbains de cinq centres urbains de la région de la Chaouia – Ouardigha : les villes de Settat, Berrechid, Ben Ahmed, El Gara et Soualem-Sahel, puis de mener ensuite une analyse physico-chimique par la détermination de certains paramètres majeurs et globaux, indicateurs de l'état de pollution par les eaux usées. Une analyse comparative

des données théoriques utilisées pour le dimensionnement des stations d'épuration et celles réellement observées et enfin à dégager les techniques d'épuration à adopter en se référant aux caractéristiques des eaux usées et au contexte local.

CADRE GENERAL

Les stations d'épuration des villes étudiées sont situées dans la région de la Chaouia – Ouardigha dans un rayon de moins de 60 km de la ville de Casablanca, au centre du Maroc. Le climat de zone d'étude est de type subhumide à semi-aride, influencé par l'océan Atlantique, avec des hivers tempérés et des étés assez chauds ; les températures moyennes varient entre 11°C et 25°C ; les précipitations moyennes annuelles enregistrent des valeurs de 350 mm (Agence du Bassin Hydraulique Bouregreg-Chaouia, 2004).

Les données démographiques des villes étudiées ont été obtenues en se basant sur le dernier recensement de la population de 2004 (Tab. I).

Les eaux usées rejetées par les agglomérations urbaines étudiées transitent par des stations d'épuration par lagunage naturel type bassin anaérobie et bassin facultatif avec ou sans bassin de maturation, avant d'être évacuées dans le milieu naturel constitué principalement par des cours d'eau de faible importance ou au-dessus des nappes souterraines.

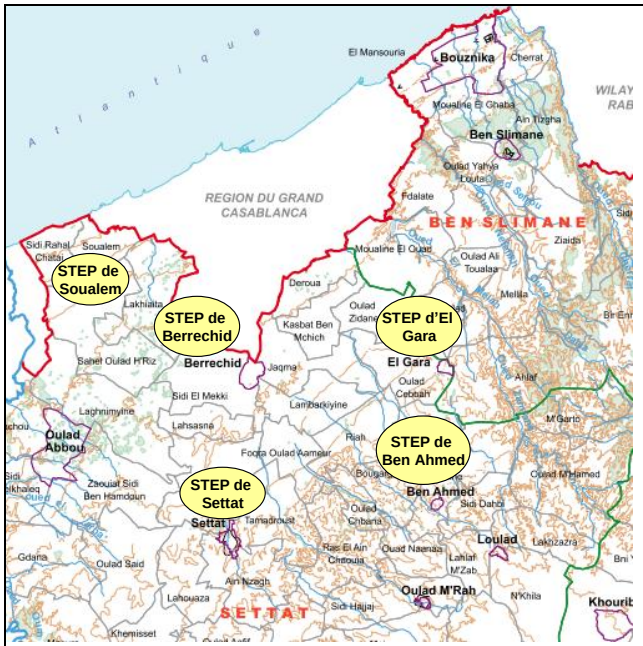


Figure1. Carte de situation des cinq stations d'épuration des eaux usées étudiées.

MATERIEL ET METHODES

Nous avons procédé à la réalisation des prélèvements au niveau du collecteur principal des eaux usées qui rassemble la totalité des effluents bruts à l'entrée des stations d'épuration des eaux usées de chaque centre.

Echantillonnage des eaux usées

Les analyses des rejets qui ont concerné des échantillons d'eaux usées prélevées au niveau de toutes les stations d'épuration des cinq villes ont été réalisées sur la base d'un échantillon composite proportionnel au débit mesuré sur 24 heures à l'entrée de chaque station d'épuration. L'échantillonneur automatique effectue une mesure de débit et un prélèvement chaque heure. A la fin de la journée, un calcul automatique permet de constituer un échantillon composite par l'association des 24 échantillons proportionnellement au débit mesuré.

Afin de prendre en considération la variation saisonnière de l'effluent, les paramètres physico-chimiques sont déterminés à partir de prélèvements trimestriels

effectués en février, avril et août 2009¹, et en février, avril, août et novembre 2010 à l'entrée de chaque station d'épuration. Les échantillons d'eaux usées ont été conservés dans une glacière dont la température est maintenue à 4°C conformément au guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons.

Paramètres et méthodes d'analyses des eaux usées

Toutes les analyses et les mesures nécessaires pour quantifier les polluants organiques sont normalisées suivant les normes marocaines, similaires aux normes françaises AFNOR selon les techniques préconisées par Rodier (2005). Les paramètres mesurés in-situ sont le pH, la température et la conductivité électrique des eaux ; les paramètres analysés au laboratoire sont la Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO₅), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et les matières en suspension (MES).

Le pH, la température, la conductivité électrique ont été déterminés à l'aide d'un analyseur multi-paramètres type HORIBA, modèle U22. La DBO₅ a été déterminée par la méthode instrumentale à l'aide d'une enceinte de DBO-mètre adapté aux conditions de l'incubation et muni d'un agitateur de marque WTW, type TS606/3 (température maintenue à 25°C pendant 5 jours). La DCO a été déterminée par l'oxydation en milieu acide par l'excès de dichromate de potassium en présence du sulfate de fer et d'ammonium à 120°C, les matières en suspension ont été déterminées par filtration d'un volume d'eau usée sur filtre celluloseux (vide de maille 0,45 µm).

RESULTATS ET DISCUSSION

Le ratio de pollution par habitant

Le ratio de pollution est un élément important qui caractérise les eaux usées ; il donne une idée sur la pollution générée par chaque habitant par jour en termes de Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO₅).

¹ Les prélèvements d'octobre 2009 n'ont pas été réalisés en raison des fortes précipitations qui ont duré tout au long de la période pluvieuse et qui ont conduit à la dilution de l'effluent sachant que les réseaux d'assainissements des villes étudiées sont unitaires.

Tableau I. Données démographiques des villes étudiées.

	Années	Settat	Berrechid	El Gara	Ben Ahmed	Soualem-Sahel
Population	2004	116 600	89 800	18 100	21 400	10 300
	2010	133 797	117 858	20 049	23 372	14 398
	2020	165 819	170 492	23 704	27 069	20 053
taux accroissement %	2010-2020	2,32	4,63	1,75	1,51	4,29

Tableau II. Ratio de pollution en g/hab/j.

Centres urbains	Ratio de pollution réel (g/hab/j)
Settat	34
Berrechid	27
Ben Ahmed	29
El Gara	37
Soualem-Sahel	33

Tableau III. Ratio de pollution en DBO₅ en g/hab.j d'après le Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL).

Population visée	Ratio de pollution (g/hab.j)
Moins de 20 000 habitants	28
Entre 20 000 et 100 000 habitants	32
Plus de 100 000 habitants	40

Le ratio de pollution des différents effluents étudiés est calculé sur la base des consommations, des taux de branchement et de raccordement au réseau en eau potable et d'assainissement et de la charge polluante mesurée au niveau des stations d'épuration.

Les ratios de pollution calculés en 2009 et 2010 (Tab. II) concordent parfaitement avec ceux du Schéma

Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL) pour les villes de Settat, Ben Ahmed, Soualem-Sahel, ce qui confirme le caractère exclusivement domestique de ces eaux usées.

Pour la ville d'El Gara, le ratio de pollution est plus important que celui donné par le SDNAL ; cette surestimation peut être due à l'apport d'une charge polluante importante à partir des installations commerciales et principalement des abattoirs.

Pour la ville de Berrechid, le ratio de pollution reste en dessous de celui fourni par le SDNAL élaboré par la DGCL (1998). Ceci peut être expliqué par le fait que le réseau d'assainissement reçoit exclusivement les rejets d'origine domestique et que la zone des activités industrielles et des activités similaires est complètement isolé de la ville.

Le rapport du SDNAL a précisé les ratios de pollution suivant le nombre d'habitants auxquels le traitement des eaux usées est destiné, ainsi que les ratios de pollution unitaire qui sont évalués (Tab. III).

Plusieurs études ont été réalisées à travers le monde et ont montré une très grande variabilité d'un pays à un autre (Fig. 2). En effet, les ratios de génération de pollution dépendent fortement des conditions locales et du contexte socio-culturel de la population locale.

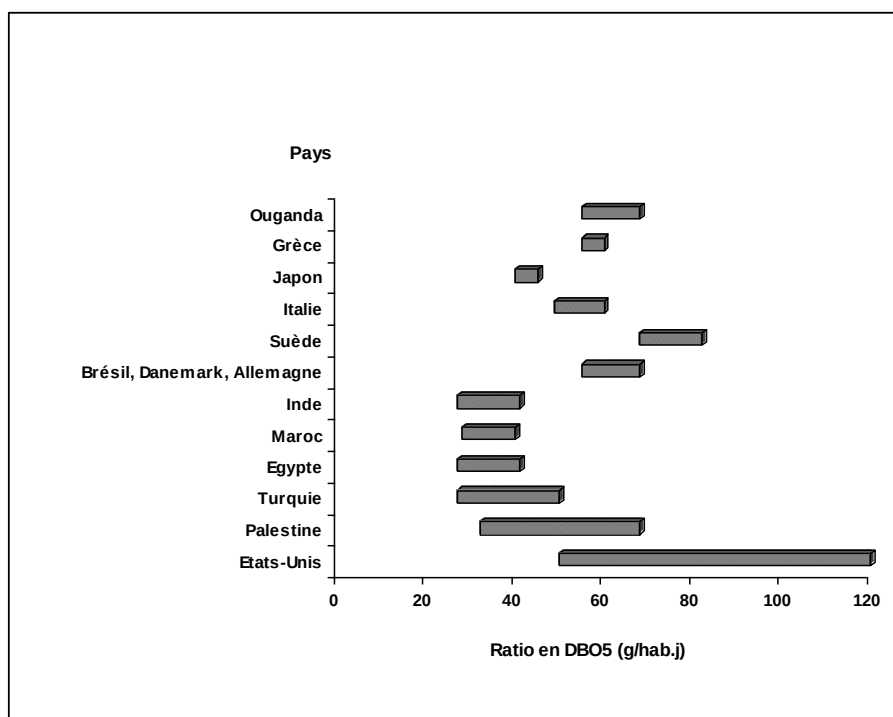


Figure 2. Ratio de pollution dans différents pays en g/hab.j (Metcalf & Eddy, Inc. 2003).

Tableau IV. Concentration des eaux usées brutes des villes étudiées.

Villes	Settat	Berrechid	El Gara	Ben Ahmed	Soualem-Sahel	Moyenne de la zone
Concentration moyenne des eaux usées en mg DBO ₅ /l	389	344	581	284	239	367

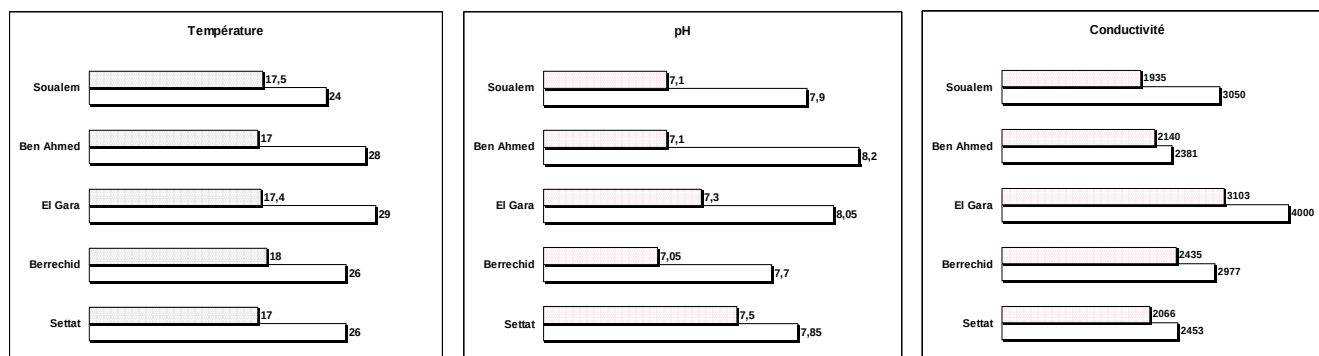


Figure 3. Valeurs minimales et maximales des paramètres physiques des eaux usées brutes des villes étudiées.

Concentration des eaux usées

La concentration moyenne des eaux usées brutes mesurée dans les eaux usées des différentes villes étudiées (Tab. IV) se situe parfaitement dans la fourchette des valeurs trouvées au Maroc. En effet, la valeur moyenne de la zone d'étude, qui est de 367 mg DBO₅/l, est proche de la concentration moyenne nationale des eaux usées qui est de 360 mg DBO₅/l.

Les paramètres de pollution

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées brutes des villes étudiées sont regroupées dans les figures 3 et 4.

La température enregistrée au niveau des eaux usées des différentes stations oscille entre 17°C et 29°C et ne dépasse guère 30°C, considérés comme la valeur limite de rejets directs dans le milieu récepteur selon le Comité Normes et Standards du Ministère de l'Environnement du Maroc (1994).

Les valeurs du pH des eaux usées évacuées par ces rejets varient de 7,05 à 8,2 ; elles sont donc relativement neutres. Ce résultat est similaire à celui trouvé par El Hamouri *et al.* (1993) à Ouarzazat, par El Halouani (1995) à Oujda et par Oulkheir (2002) à Kénitra. Les valeurs du pH mesurées sont acceptables selon les normes marocaines de qualité des eaux usées destinées à l'irrigation (Sonnenberg & Holmes 1998). Comme ces valeurs sont comprises entre 6,5 et 8,5, elles sont considérées comme répondant aux valeurs limites de rejets directs dans le milieu récepteur.

Les valeurs de la conductivité électrique (CE) obtenues (Fig. 3) mettent en évidence la minéralisation très importante des eaux usées, avec la valeur la plus élevée de 4000 µs/cm pour la ville d'El Gara et de 1935 µs/cm comme valeur minimale pour la ville de Soualem-Sahel. En

absence de mélange des eaux domestiques et industrielles tel qu'il est le cas ici, les valeurs trouvées ont pour origine la forte salinité de l'eau potable de la zone d'étude. Ces résultats sont différents de ceux rencontrés dans les eaux usées de Valencia en Espagne (Sonnenberg & Holmes 1998), ceux de Jacksonville (Bes-Pia *et al.* 2002) et pour les eaux usées de la commune urbaine de Saknia (El Guamri & Belghyti 2006). Ils sont également plus élevés que ceux trouvés par Endamana *et al.* (2003) à Yaoundé au Cameroun.

L'analyse des résultats des MES montre que les eaux usées étudiées sont caractérisées par une concentration moyenne de 417 mg/l. Ce résultat est lié souvent à la charge importante en matières organiques et minérales. Les valeurs moyennes des MES sont proches de celles données par El Krati (2000) à Sidi Bennour.

Pour les valeurs moyennes de la DBO₅, elles sont compatibles avec la moyenne nationale, mais restent élevées par rapport à celles trouvées par Ekweozor *et al.* (2001) au Nigeria, Endamana *et al.* (2003) au Cameroun et El Guamri & Belghyti (2006). En effet, les valeurs de la DBO₅ dépendent fortement de la dotation de la population et du ratio de pollution de chaque zone.

De même, les valeurs de la DCO trouvées sont compatibles avec les valeurs moyennes observées à l'échelle nationale, elles sont nettement supérieures à celles obtenues par El Guamri & Belghyti (2006) Kénitra et trouvées par Sonnenberg & Holmes (1998) à Valencia en Espagne

Coefficient de biodégradabilité

Les eaux usées peuvent être classées en deux catégories : biodégradables et non-biodégradables. Le calcul du coefficient de biodégradabilité des effluents des eaux brutes permet de définir la biodégradabilité de l'effluent. Il

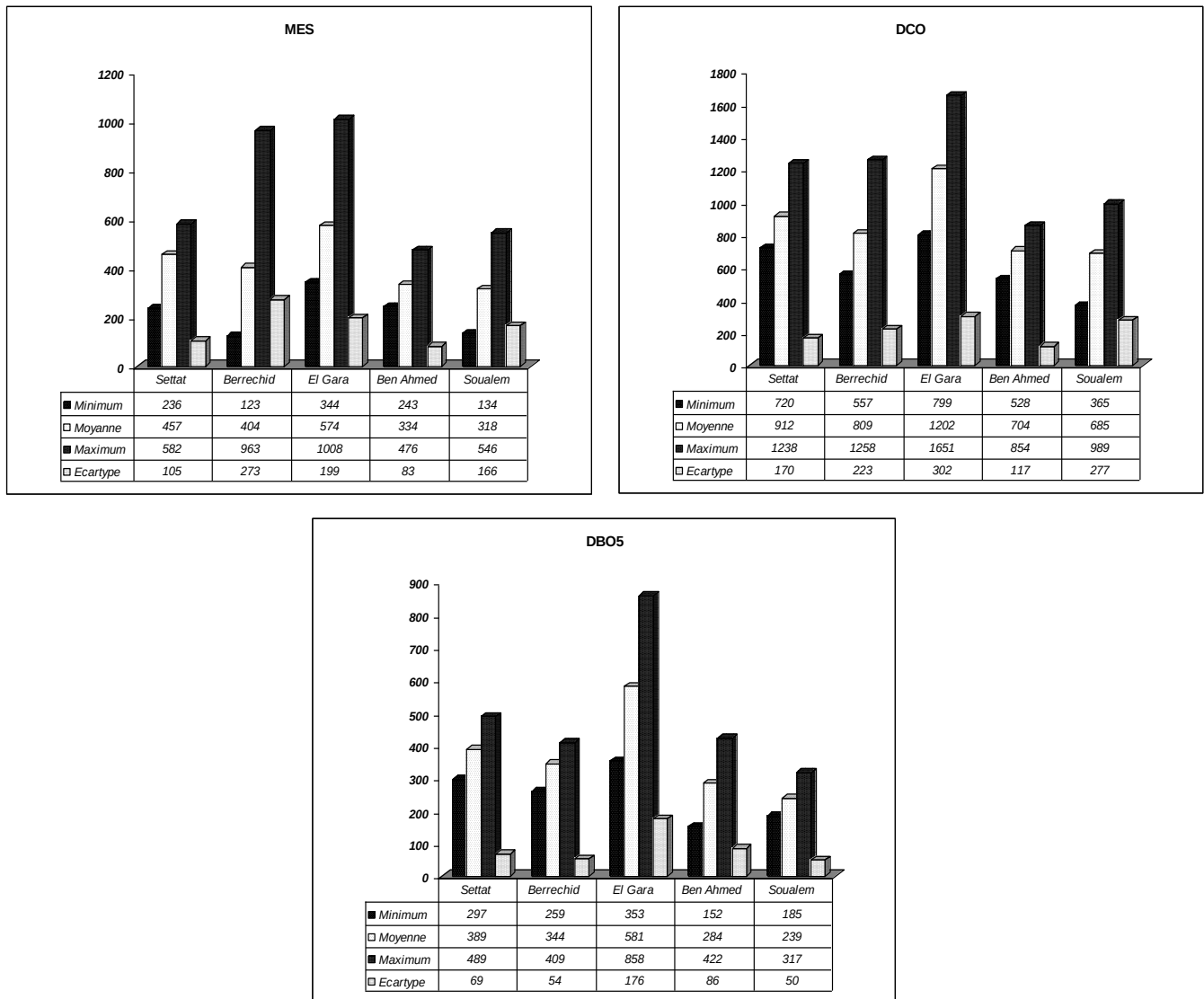


Figure 4. Concentration maximales, minimales et moyennes en DCO, MES et DBO₅ des eaux usées brutes des villes étudiées.

Tableau V. Coefficient de biodégradabilité des eaux usées brutes des villes étudiées.

Villes	Settlat	Berrechid	El Gara	Ben Ahmed	Soualem-Sahel	Moyenne de la zone
Coefficient moyen de biodégradabilité	2,35	2,35	2,07	2,48	2,87	2,42

est calculé par le rapport DCO/DBO₅ et dépend de la nature et de l'origine des eaux usées qui peuvent être domestiques ou industrielles, ce qui nécessite des traitements différents selon Metcalf & Eddy Inc. (2003). Le ratio DCO/DBO₅ pour les eaux usées brutes est généralement compris entre 1,25 et 2,5. Lorsque le ratio DCO/DBO₅ est entre 3 et 7 les eaux usées peuvent être difficilement biodégradables.

Le tableau V montre le coefficient de biodégradabilité des effluents pour les villes de la zone d'étude. On peut clairement observer que les eaux usées sont généralement biodégradables pour l'ensemble des eaux usées. Le coefficient se situe en moyenne entre 2,07 pour El Gara et

2,87 pour Soualem-Sahel. Ces valeurs confirment l'absence de rejet industriel raccordé au réseau d'assainissement urbain.

Les rapports obtenus sont similaires à ceux reportés par Aboueloufa *et al.* (2002) pour les eaux usées d'Oujda, où le rapport est inférieur à 2,5. En revanche, ils sont plus faibles que ceux trouvés à Marrakech (Gebrati & Nejmedine 2002) évalué à 12,4, et des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia (El Guamri & Belghyti 2006) où ce rapport a été évalué à 3,4 en raison des rejets de textile raccordé au réseau dans les deux villes.

CONCLUSION

Au terme de cette évaluation du degré de pollution physico-chimique, on conclut que l'ensemble des paramètres étudiés, en particulier les paramètres de pollution organique (DBO₅, DCO et MES) situent les eaux usées des villes de Settât, Berrechid, Ben Ahmed, El Gara et Soualem-Sahel dans la tranche de concentration moyenne à importante d'après Metcalf & Eddy, Inc (2003). Ceci est lié à la faible dilution de la matière organique (soluble ou en suspension) en raison de la consommation plus ou moins limitée d'eau par habitant en comparaison avec les pays développés.

Le rapport DCO/DBO₅ mesuré est de 2,42 indique que les eaux usées rejetées sont d'origine purement domestique. De ce fait, le système de traitement par lagunage naturel

peut aisément être adopté comme solution adéquate pour le traitement des eaux usées de la zone d'étude.

Par ailleurs, les résultats obtenus du ratio de pollution par habitant et de la concentration des effluents bruts sont similaires à ceux utilisées au Maroc rapportés par le SDNAL pour le dimensionnement des stations d'épuration. Cette concordance permet d'avoir des données pertinentes de base pour un dimensionnement optimal des stations d'épuration.

Remerciements

Ce travail qui entre dans le cadre de la préparation d'une thèse de Doctorat à la Faculté des Sciences et Techniques de Settât.

Références

- Aboueloufa M., El Halouani H., Kharboua M. & Berrichi A. 2002. Caractérisation physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda : canal principal et oued Bounaïm. *Actes Inst. Agronom. & Vet.*, Rabat, 22, 3, 143-150.
- Agence du Bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia, 2004, 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, 43 p.
- Bes-Pia A., Mendoza-Roca J.A., Alcaïna Miranda M.I., Iborra-Clar A. & Iborra-Clar M.I. 2002. Reuse of wastewater of the textile industry after its treatment with a combination of physico-chemical treatment and membrane technologies. *Desalination*, 149, 169-174.
- Direction Générale des Collectivités Locales (DGCL) Ministère de l'Intérieur 1998. Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide.
- Ekweozor I.K.E., Bobmanuel N.O.K. & Gabriel U.U. 2001. Sublethal effects of ammoniacal fertilizer effluents on three commercial fish species from Niger Delta area, Nigeria. *J. Appl. Sci. & Environ. Manag.*, 5, 1, 63-68.
- El Guamri Y. & Belghyti D. 2006. Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia, rejetées dans le lac Fouarat (Kénitra, Maroc). *J. Afr. Sci. Environ.*, 1, 53-60.
- El Halouani H. 1995. *Réutilisation des eaux usées en agriculture et leur impact sur l'environnement: cas de la ville d'Oujda*. Thèse d'Etat, Univ. Mohammed Premier, Fac. Sci. Oujda.
- El Hamouri B. Mekrane M., Khallaayoune K., Merzouki M. & El Maroufy M. 1993. Performances de stabilisation de la station d'Ouarzazate. *Actes du séminaire: la recherche nationale dans le domaine Eau et Environnement*, LPEE, Casablanca, 18-19/2/1993, pp. 261-268.
- El Krati M. 2000. *Etat de l'environnement de la ville d'El Jadida. Etude de la traitabilité des rejets liquides de textiles*. Thèse d'Etat, Univ. Chouaib Doukkali, Fac. Sci. El Jadida.
- Endamana D., Kengne I.M., Gockowski J., Nya J., Wandji D., Nyemeck J., Soua N.N. & Bakwowi J.N. 2003. Wastewater reuse for urban and periurban agriculture in Yaoundé Cameroon: opportunities and constraints. *International Symposium on Water, Poverty and Productive uses of Water at the Household Level, Muldersdrift, South Africa*, 21-23 January 2003, pp. 84-92.
- Gebarti L. & Nejmedine A. 2002. Traitement photocatalytique et biodégradabilité des effluents textiles de la ville de Marrakech. *Actes du Colloque International sur l'eau dans le bassin Méditerranéen : Ressources et Développement Durable*, Monastir (Tunisie), 2002, 1, pp. 80-85.
- Metcalf & Eddy, Inc. 2003. *Wastewater engineering: Treatment and Reuse. 4th Edition*. Mc Graw-Hill New York, 1819 p.
- Organisation Internationale de Normalisation, Norme ISO 5667/3 1994. Qualité de l'eau - échantillonnage – Guide pour la conservation et la manipulation des échantillons.
- Oulkheir S. 2002. *Caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des eaux usées de la ville de Kénitra*. Thèse de 3^{ème} Cycle, Univ. Ibn Tofayl, Fac. Sci. Kénitra, 79 p.
- Rodier J. 2005. *L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer*, 8^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1384 p.
- Sonnenberg L.B. & Holmes J.C. 1998. Physicochemical characteristics of dissolved organic matter in untreated and treated pulp and paper mill wastewaters. *Proceedings 1998 TAPPI International Environmental Conference*, Vancouver, BC, April 1998.

Manuscrit reçu le 17 septembre 2011

Version modifiée acceptée le 10 novembre 2012