

Etude physico-chimique des eaux usées brutes de l'abattoir municipal de Kénitra (Maroc) en vu de la mise en œuvre d'un traitement convenable

Physicochemical study of raw wastewaters of Kenitra municipal slaughter-house (Morocco) for the implementation of a suitable treatment

Y. El Guamri

Equipe Environnement et Parasitologie, Laboratoire de Biologie & Santé. / Projet SVS 18/99. UFR Doctorale : Parasitologie Comparée : Applications Médicales et Vétérinaires. Faculté des Sciences de Kénitra / Université Ibn Tofail. B.P.: 133 / 14000 Kénitra (Maroc). Phone (+212) 0373780 65 / Fax: (+212) 037372770 / GSM : (+212) 66563359
E.mail : belghyti@univ-ibntofail.ac.ma.

D. Belghyti

Equipe Environnement et Parasitologie, Laboratoire de Biologie & Santé. / Projet SVS 18/99. UFR Doctorale : Parasitologie Comparée : Applications Médicales et Vétérinaires. Faculté des Sciences de Kénitra / Université Ibn Tofail. B.P.: 133 / 14000 Kénitra (Maroc). Phone (+212) 0373780 65 / Fax: (+212) 037372770 / GSM : (+212) 66563359

Kh. El Kharrim

Equipe Environnement et Parasitologie, Laboratoire de Biologie & Santé. / Projet SVS 18/99. UFR Doctorale : Parasitologie Comparée : Applications Médicales et Vétérinaires. Faculté des Sciences de Kénitra / Université Ibn Tofail. B.P.: 133 / 14000 Kénitra (Maroc). Phone (+212) 0373780 65 / Fax: (+212) 037372770 / GSM : (+212) 66563359

S. Raweh

Equipe Environnement et Parasitologie, Laboratoire de Biologie & Santé. / Projet SVS 18/99. UFR Doctorale : Parasitologie Comparée : Applications Médicales et Vétérinaires. Faculté des Sciences de Kénitra / Université Ibn Tofail. B.P.: 133 / 14000 Kénitra (Maroc). Phone (+212) 0373780 65 / Fax: (+212) 037372770 / GSM : (+212) 66563359

I. Sylla1 et M. Benyakhef

Equipe Environnement et Parasitologie, Laboratoire de Biologie & Santé. / Projet SVS 18/99. UFR Doctorale : Parasitologie Comparée : Applications Médicales et Vétérinaires. Faculté des Sciences de Kénitra / Université Ibn Tofail. B.P.: 133 / 14000 Kénitra (Maroc). Phone (+212) 0373780 65 / Fax: (+212) 037372770 / GSM : (+212) 66563359

RESUME

Le but de notre étude est de caractériser l'effluent brut de l'abattoir municipal de la ville de Kénitra et de recommander un traitement convenable permettant son recyclage, réduisant ainsi les nuisances que subit l'environnement récepteur (Sebou) et de pallier également à la perte de cette source hydrique en matières valorisables. La caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes a révélé que ce rejet liquide est très chargé en matière organique en terme de DCO (Moy.= 219,52 mg/l \pm 51,07), en DBO5 (Moy.= 181,34 mg/l \pm 30,04), en MES (Moy.= 482 mg/l \pm 222,7) et en matière minérale exprimée en terme de Chlorures (Moy.= 237 mg/l \pm 109,6), en Conductivité électrique (Moy.= 1360,5 μ s/cm \pm 1120,8) et en Alcalinité exprimée en CaCO₃ (Moy.= 201 mg/l \pm 74,2) avec un pH de 7,5 (\pm 0,8). Les teneurs moyennes en Nitrates et en Orthophosphates respectivement de l'ordre de 1,74 mg/l (\pm 2,7) et 0,08 mg/l (\pm 0,1). Malgré que ces eaux usées présentent une charge organique élevée (rapports DBO5/DCO = 0,83 et MES/DBO5 = 2,66), elles présentent une biodégradabilité satisfaisante. L'examen de rapport DCO/DBO5 = 1,21 souligne bien le caractère biodégradable des eaux usées de l'abattoir municipal de Kénitra auxquelles un traitement biologique paraît tout à fait convenable. Cependant, il faut tenir compte les eaux usées domestiques mélangées avec les effluents de l'abattoir.

Mots clés : Effluent d'abattoir, caractérisation physico-chimique, traitement, Kénitra.

ABSTRACT

The goal of our study is to characterize the effluent of the municipal

slaughter-house of Kénitra City and to recommend a suitable treatment allowing its recycling, thus reducing the harmful effect which undergoes the receiving environment (Sebou), and to also mitigate the loss of this hydrous source out of matters which may undergo beneficiation. The physicochemical characterization of raw wastewater revealed that this liquid rejection is very charged out of organic matter expressed in term with COD (Avg.= 199.52 mg/l \pm 51.07), in BDO5 (Avg.= 241.34 mg/l \pm 30.04), in Suspend Matter (Avg.= 482 mg/l \pm 222.7) and out of mineral matter expressed in term of Chlorides (Avg.= 237 mg/l \pm 109.6), in Electric Conductivity (Avg.= 1360.5 μ s/cm \pm 1120,8) and in Alkalinity expressed in CaCO₃ (Avg.= 201 mg/l \pm 74.2) with a pH of 7.5 (\pm 0.8). The average content of Nitrates and Orthophosphates are about 1.74 mg/l (\pm 2.7) and 0.08 mg/l (\pm 0.1). Although this wastewater presents a high organic load (reports BDO5/COD = 0.83 and SM/BDO5 = 2.66), they have a satisfactory biodegradation. The examination of report COD/BDO5 = 1.21 underlines well the biodegradable character of mixed wastewater of the municipal slaughter-house of Kenitra City to which a biological treatment appears completely suitable. However, it should be sufficient to hold account the domestic wastewater mixed with the effluents of the slaughterhouse.

Key words: Slaughter-house effluent, physicochemical characterization, treatment, Kenitra.

INTRODUCTION

L'eau est un des éléments essentiels de la plupart des grandes entreprises de transformation de produits alimentaires d'origine animale. Après avoir été utilisée, la plus grande par-

tie de cette eau usée de procédé est retournée à l'environnement. Comme cette eau est habituellement chargée en matière organique, elle devient dès lors une source de pollution importante pour le milieu récepteur qui la reçoit.

Les abattoirs constituent sans doute l'exemple-type de ces industries où l'eau est utilisée pour le lavage des sous-produits (abats) et l'élimination des déchets (matières fécales, débris de panse et de sang). En Europe, les volumes d'eau usée rejetés sont évalués entre 6 et 9 litres par kg de carcasse de bovins, et de 5 à 11 litres par Kg de carcasse de porcins (Johan et Mizier, 2004). Les effluents de ces abattoirs sont caractéristiques et nécessitent des traitements adaptés (séparation des déchets solides et des graisses, traitements spécifiques). Plusieurs études se sont intéressées à la caractérisation et au traitement de ce type d'eaux usées par le biais des stations d'épuration soit par des procédés aérobies (Lovett et al. 1984; Couillard et Gariepy, 1990) soit par des procédés anaérobies (Borja et Duran, 1993; Massé et Masse, 2000; Giglio et al., 2003; Reginatto et al., 2003). D'autres procédés de traitement sont adoptés pour l'épuration des eaux usées d'abattoir à savoir l'infiltration sur sable (Gnagne et Brissaud, 2003) et l'électrocoagulation (Asselin et al., 2005).

La plupart des données sur la qualité des eaux usées d'abattoir ont été produites en Europe (Bull et al. 1982; Sachon, 1986; Sayed 1987; Tritt et Schuchard 1992), Australie (Johns 1995), les Etats-Unis (Camin, 1970) et l'Afrique (Wéthé et al, 2002, Keraita, 2002, Gnagne et Brissaud, 2003) et peu d'information existe sur la caractérisation et le traitement des eaux usées d'abattoir au Maroc.

La capacité nominale de l'abattoir municipal de la ville de Kénitra (Maroc) est de 3500 tonnes de carcasses abattues par an correspondant à 560 tonnes de déchets. Vu sa proximité à l'océan atlantique (Mehdia), les effluents de cet abattoir sont rejetés directement dans l'oued Sebou sans traitement préalable. Ces eaux usées constituent une source de pollution pour les

eaux de surface et l'océan. Elles peuvent être responsables d'un déséquilibre écologique irréversible ainsi que de l'eutrophisation des eaux de milieu récepteur. Comme ce dernier rejetait ses eaux usées dans le collecteur urbain (C), le traitement de cet effluent est fortement recommandé dans le contexte global d'assainissement des eaux usées de la ville de Kénitra par la recherche d'un traitement convenable. Le présent travail consiste d'abord à évaluer les effluents de l'abattoir municipal de Kénitra, à faire ensuite une caractérisation physico-chimique par la détermination de certains paramètres majeurs et globaux de la pollution des eaux usées et enfin de décrire les mesures de protection du milieu récepteur par la recherche d'un moyen de traitement convenable de ces effluents et par la mise en place d'une station de traitement.

I. MATERIELS ET METHODES

1.1. Site d'étude

La ville de Kénitra est située à 40 Km au Nord de la capitale du Maroc, entre les méridiens 6°30' et 6°45' Ouest et les parallèles 34°15' et 34°20'. Elle est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire qui dessert environ 78 % de la population. Le reste utilise des systèmes d'assainissement individuel par puits perdus ou fosses septiques. En 2004, la production de viandes rouges est de 282752 tonnes dont 50% d'origine bovine, 42% d'origine ovine et 8% d'origine caprine. En ce qui concerne les viandes bovines, 143246 tonnes soit 90% sont inspectées au niveau de l'abattoir (Labaioui, 2006). Les eaux usées de ce rejet sont chargées par les déchets solides, des matières grasses, l'abondance de la matière organique (débris de panse) et sont concentrées par le sang des animaux abattus (El Guamri, 2003).

1.2. Prélèvement et analyses des eaux usées

Les paramètres physico-chimiques sont déterminés à partir de prélèvements bimensuels (entre Février et

Juin 2005) effectués au niveau de l'exutoire de rejet d'abattoir municipal de Kénitra. La conservation des prélèvements d'eaux usées a été faite selon le guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons d'après ISO 5667/3 (1994).

Le pH, la température, la conductivité électrique, l'oxygène dissous sont déterminés à l'aide d'un multi-paramètre analyser Type CONSORT - Modèle 835. La DBO5 est déterminée par la méthode respiratoire à l'aide d'un DBO-mètre marque WTW, modèle 1020T selon la technique décrite par DIN (1992a). La DCO est déterminée 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 (DIN, 1992b). Les chlorures et l'alcalinité exprimée en CaCO₃ sont déterminés par la méthode de comptage des pastilles pré-dosées. Les matières en suspension sont déterminées par filtration d'un volume d'eau usée sur filtre cellulose (de 0,45 µm) selon Rodier (1996). Les Orthophosphates sont déterminés par la méthode colorimétrique par complexe phosphomolybdique selon DIN (1993a). Les Nitrates sont dosés par la méthode photométrique avec 2,6 - diméthylphénol selon DIN (1993b) et enfin la détermination des Nitrites a été effectuée par la méthode photométrique selon DIN (1993c).

II. RESULTATS

L'évaluation de la pollution d'une eau usée brute se fait d'après la détermination d'un certain nombre de paramètres physico-chimiques caractérisant cette eau usée. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées de l'abattoir sont regroupées dans le tableau 1.

La température des eaux usées du collecteur urbain (C), qui draine l'abattoir municipal et la nouvelle Médina (Kénitra), est comprise entre 16.8°C et 26°C comme valeurs extrêmes minimales et maximales et 21.5°C comme valeur moyenne (tableau 1).

Paramètres	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type	Nombre de prélèvement
Température (T°C)	21,5	26	16,8	6,5	10
pH	7,5	8,2	7,1	0,8	10
Conductivité électrique (µs/cm)	1360,5	1945	360	1120,8	10
Alcalinité (mg/l de CaCO ₃)	201	240	135	74,2	10
Oxygène dissous (mg/l)	1,8	2,42	1,05	1,0	10
MES (mg/l)	482	670	355	222,7	10
DBO ₅ (mg/l)	181,34	220,5	30,04	136,52	10
DCO (mg/l)	219,52	307,2	51,07	101,65	10
Nitrates (mg/l)	1,742	4,125	0,349	2,7	10
Nitrites (mg/l)	0,029	0,036	0,023	0,0	10
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,089	0,147	0,059	0,1	10
Chlorures (mg/l)	237	315	160	109,6	10
DCO/DBO ₅	1,21	0,63	1,70	0,8	-
DBO ₅ /DCO	0,83	1,60	0,59	0,7	-
MES/DBO ₅	2,66	1,37	11,82	7,4	-
Matières Oxydables (mg/l)	227,4	429,07	37,05	277,2	-

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques des eaux usées de l'abattoir de Kénitra

(Physical and chemical parameters of Kénitra's slaughterhouse wastewater)

D'une manière générale, les échantillons des eaux usées analysées ont un pH relativement neutre. Pour la conductivité électrique, les valeurs moyennes enregistrées se situent entre 360µs/cm et 1945µs/cm avec 1360,5µs/cm comme valeur moyenne (tableau 1). Les valeurs de Chlorures dans les eaux usées se situent entre 160mg/l et 315mg/l avec 237mg/l comme valeur moyenne (tableau 1 et figures 2). Alors que, les valeurs trouvées de l'alcalinité montrent que les eaux usées de ce collecteur sont caractérisées par une concentration moyenne en bicarbonates de calcium (CaCO₃) de l'ordre de 201mg/l (tableau 1 et figure 3). Les Nitrates comme les autres formes azotés évoluent très rapidement dans le milieu naturel selon le cycle d'azote. Les valeurs de Nitrates enregistrées au niveau des rejets du collecteur (C) présentent des variations considérables pendant la période d'étude. Les teneurs en Nitrates des effluents de l'abattoir municipal varient entre 0,349mg/l et 4,125mg/l avec une concentration moyenne de 1,742mg/l. En revanche, les valeurs de Nitrites enregistrées dans les rejets d'abattoir ne présentent pas des variations considérables. Les teneurs en Nitrites des eaux usées analysées varient entre 0,023mg/l et 0,036mg/l avec une valeur moyenne de l'ordre de 0,029mg/l (tableau 1 et figure 4). De même, les

teneurs enregistrées en orthophosphates ne présentent pas de variations considérables au cours du cycle de prélèvement effectué. Les valeurs enregistrées varient entre 0,059mg/l et 0,147mg/l avec une valeur moyenne de 0,089mg/l. L'évolution mensuelle des concentrations en orthophosphates dans le rejet a montré que ces effluents bruts sont moins concentrés (tableau 1 et figure 5).

Les concentrations en MES des eaux usées analysées varient entre 355mg/l et 670mg/l avec une moyenne de 482mg/l (tableau 1). L'état d'oxygénation de ces rejets montre que, les valeurs extrêmes minimales et maximales de la teneur en oxygène dissous sont de 1,05mg/l et 2,42mg/l avec une concentration moyenne de 1,8mg/l (tableau 1). Les valeurs de pollution organique exprimée en DBO₅ présentent des variations négligeables entre les différentes campagnes de prélèvements (Figure 6). Les valeurs de DBO₅ enregistrées varient entre 30,04mg/l (valeur minimale) et 220,5mg/l (valeur maximale) avec une valeur moyenne de 181,34mg/l (tableau 1). Les valeurs de la DCO présentent une variation non négligeable au cours de la période d'étude (Figure 6). Les valeurs varient entre 51,07mg/l et 307,2mg/l avec une moyenne de 219,52 mg/l (tableau 1).

III. Discussion

III.1. Paramètres physico-chimiques des eaux usées d'abattoir

La figure 1 montre les variations mensuelles des températures des eaux usées enregistrées au cours de la période d'étude. Les valeurs de la température enregistrées sont inférieures à 30°C considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002). De même, ces valeurs sont inférieures à 35°C, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à l'irrigation (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002) (tableau 2).

Le pH, indique l'alcalinité des eaux usées, son rôle est capital pour la croissance des microorganismes qui ont généralement un pH optimum variant de 6,5 à 7,5. Lorsque le pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8,5, la croissance des microorganismes est directement affectée. En outre, le pH est un élément important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration. Les valeurs de pH mesurés varient peu et restent autour de 7,5 en moyenne. La neutralité du pH est observée pendant tous les mois de prélèvements (figure 1).

Les valeurs obtenues sont comparables à celles trouvées ailleurs pour les eaux usées d'abattoirs qui

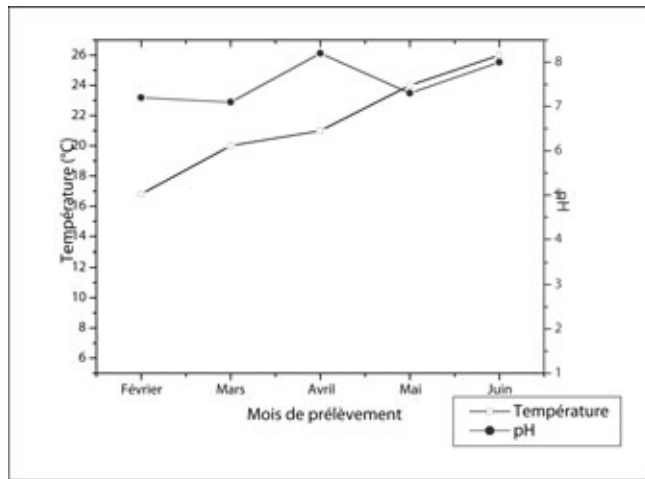


Figure 1: Evolution du pH et de la Température des eaux usées de l'abattoir de Kénitra (Maroc) (Evolution of wastewater pH and temperature of the Kénitra's slaughterhouse in Morocco)

Paramètres	VLR rejet direct	VLR rejet indirect	Eaux destinées à l'irrigation
Température	30 °C	35 °C	35°C
pH	6,5-8,51	6,5-8,51	6,5 – 8,5
DBO ₅	100 mg/l	500 mg/l	--
DCO	500 mg/l	1000 mg/l	--
MES	50 mg/l	600 mg/l	2000 mg/l
Conductivité	2700 µs/cm		8,7 msi/cm
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻) irrigation par aspersion	--	--	518 mg/l
Sulfates	--	400	250 mg/l
Azote Kjeldahl	30 mgN/l		
Phosphore total	10 mgP/l	10 mgP/l	
Chlorure (Cl)	Chlore actif Cl ₂ (0,2 mg/l)	--	Irrigation de surface (350 mg/l) Irrigation par aspersion (105 mg/l)
N-NO ₃			50 mg/l

Tableau 2 : Valeurs limites pour les différents rejets d'eaux pluviales et d'eaux usées destinées à l'irrigation des cultures (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002)

(Limit values of rainwater's discharges and wastewater intended for the irrigation (Ministry of the Environment of Morocco, on 2002))

présentent généralement un pH neutre à légèrement basique (Massé et Masse, 2000; Chenaoui et al., 2002; Miranda et al., 2005 et Reginatto et al., 2005). En revanche, elles ne sont pas en accord avec celles trouvées par Wéthé et al, (2002) au niveau des eaux usées d'abattoir de Burkina Faso.

La conductivité électrique est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité. C'est une expression numérique de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique mesurée en milli Siemens par centimètre. Les résultats obtenus mettent en évidence une variation plus ou moins importante de la minéralisation exprimée en conduc-

tivité moyenne. Ces résultats pourraient être expliqués d'une part, par le rejet des eaux usées résiduelles riches en fertilisants artificiels d'une industrie d'engrais (NPK) et d'autre part, au rejet des déchets d'abattoir municipal fortement minéralisés raccordé à ce collecteur. Nisbet (1970) a signalé que des valeurs moyennes, comprises entre 449,7µs/cm et 1037,3µs/cm, mettent en évidence une forte minéralisation des eaux usées.

La comparaison des valeurs de la conductivité électrique au niveau des eaux usées analysées avec les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation permet de déduire que ces eaux usées sont acceptables pour l'irrigation des cultures. De même, ces valeurs moyennes sont inférieures à 2700µs/cm, considérée comme valeur limite de rejet direct

dans le milieu récepteur (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002) (tableau 2). Les variations de l'alcalinité des eaux usées sont rapprochées de celles du degré de minéralisation (conductivité électrique, dureté totale, pH) qui donne aussi une indication sur le degré d'oxydation des composés organiques (cas des eaux résiduelles).

La concentration des carbonates (CO₃²⁻) et des bicarbonates (HCO₃⁻) dans l'eau est fonction de la teneur en CO₂ car ce dernier est très soluble dans l'eau (200 fois plus que l'oxygène) et sa solubilité dépend de la température et la pression atmosphérique. La concentration légèrement élevée de CaCO₃ au niveau des échantillons analysés pourrait être attribuée aux rejets des eaux usées moins chargées en matières organiques fermentescibles susceptibles d'être oxydées et ayant pour conséquence, une production élevée de CO₂ (Thomas, 1995). Le CaCO₃ est peu soluble dans l'eau; cependant, la présence du CO₂ confère à l'eau une force de dissolution bien plus importante en transformant le Carbonate de calcium en bicarbonate de calcium, lesquels sont plus solubles dans l'eau selon la réaction suivante :

Au niveau des effluents d'abattoirs de Canada, Massé et Masse, (2000) ont rapportés des valeurs moyennes entre 83 et 900 mg/l en CaCO₃. Les mêmes auteurs ont signalés des valeurs très élevées entre 667 et 1056 mg/l dans une autre étude au Canada (Massé et al., 2000). Les normes marocaines (Ministère de l'Environnement, 2002) recommandent une concentration en HCO₃⁻ de 250 mg/l pour les eaux destinées à l'irrigation des cultures (tableau 2). Les valeurs de la conductivité indiquent une forte minéralisation de ces eaux usées pendant toute la période de prélèvement et permettent de constater que les variations temporelles de ce paramètre sont plus importantes. On peut constater les mêmes fluctuations mensuelles pour les chlorures (figure 2).

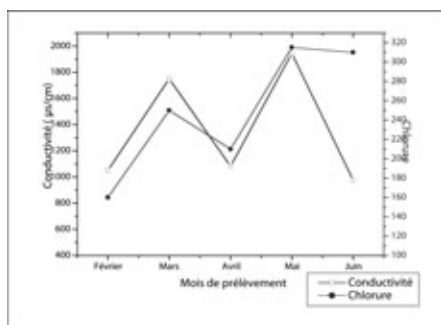


Figure 2: Evolution de la conductivité électrique et de la teneur en chlorures dans les eaux usées de l'abattoir de Kénitra (Maroc)

(Evolution of the electric conductivity and the chlorides concentration in Kénitra's slaughterhouse wastewater)

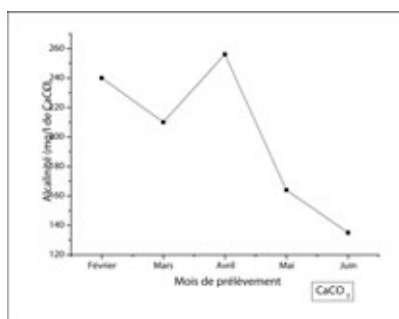


Figure 3: Evolution de l'alcalinité en CaCO₃ dans les eaux usées de l'abattoir de Kénitra (Maroc)

(Evolution of the alkalinity in Kénitra's slaughterhouse wastewater)

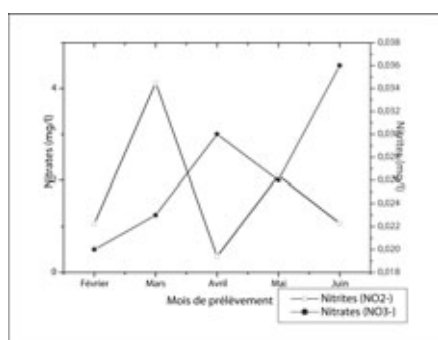


Figure 4: Evolution de Nitrates et Nitrites dans les eaux usées de l'abattoir de Kénitra

(Evolution of Nitrates and Nitrites in Kénitra's slaughterhouse wastewater)

Figure 2: Evolution de la conductivité électrique et de la teneur en chlorures dans les eaux usées de l'abattoir de Kénitra (Maroc)

(Evolution of the electric conductivity and the chlorides concentration in Kénitra's slaughterhouse wastewater)

L'azote présent dans l'eau usée peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement un constituant des protéines, des polypeptides, des acides aminés et de l'urée. L'azote minéral qui comprend l'ammonium (NH₄⁺), les Nitrites (NO₂⁻) et les Nitrates (NO₃⁻) constitue la majeure partie de l'azote total. Des valeurs très élevées de l'azote total (Nt) ont été enregistrés dans les eaux usées d'abattoirs du Brésil (entre 133 et 179g/l) par Miranda et al., (2005) et une teneur moyenne en NH₄⁺ de 163,7 mg/l (Reginatto et al., 2003). Qu'au niveau des eaux usées d'abattoir d'El Jadida (Maroc), Chennaoui et al., (2002) ont rapportés une teneur moyenne de 12g/l.

Les teneurs en Nitrates dans les effluents de l'abattoir de Kénitra varient entre 0,349mg/l et 4,125mg/l avec une concentration moyenne de 1,742mg/l. L'accroissement de leur teneur peut provenir des effluents riches en NPK et en éléments fertilisants d'une usine d'engrais raccordée à ce collecteur et en déchets organiques de l'abattoir. Les teneurs restent dans la majorité des cas inférieurs à 2 mg/l à l'exception d'un pic observé au mois d'Avril ou il y a de fortes pluies (figure 4).

Ces résultats sont comparables à ceux observés par Khamar (2002) et Zerhouni (2003). Pour les Nitrites, qui constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent aussi dans le cycle d'azote entre l'ammonium et les nitrates. Les Nitrites proviennent généralement soit d'une dégradation incomplète d'Ammoniac soit d'une réduction des Nitrates, ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et facilement oxydés en nitrates (par voie chimique ou bactérienne). Les faibles concentrations en Nitrites rencontrées au niveau des eaux usées de l'effluent étudié, pourraient être expliquées par le fait

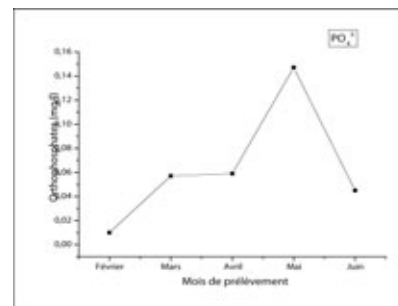


Figure 5: Evolution des teneurs en Orthophosphates dans les eaux usées de l'abattoir de Kénitra

(Evolution of Orthophosphates concentration in Kénitra's slaughterhouse wastewater)

que l'ion Nitrite (NO₂⁻) est un composé intermédiaire, instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées, les ions nitrates et ammonium (Thomas, 1995). La comparaison des concentrations moyennes en Nitrates dans les eaux usées analysées avec la norme de qualité des eaux destinées à l'irrigation montre que, ces concentrations sont inférieures à 50mg/l, ce qui permet de déduire que ces effluents sont acceptables pour l'irrigation des cultures (Ministère de l'Environnement, 2002) (tableau 2).

Les composés phosphorés existent dans les eaux naturelles et les eaux usées sous différentes formes à savoir les orthophosphates solubles, les phosphates hydrosolubles et les dérivés organophosphorés (Rodier, 1996). Les teneurs enregistrées en orthophosphates ne présentent pas de variations considérables au cours du cycle de prélèvement effectué. Les valeurs enregistrées varient entre 0,059mg/l et 0,147mg/l avec une valeur moyenne de 0,089mg/l. Chennaoui et al., (2002) ont rapporté une teneur moyenne en Orthophosphate de l'ordre de 1,8g/l. Au niveau des eaux usées d'abattoir de Canada, Massé et Masse, (2000b) ont trouvé des valeurs comprises entre 25 et 42 mg/l.

D'une manière générale, la MES intervient dans la composition de l'eau par son effet d'échanges d'ions ou d'absorption aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de

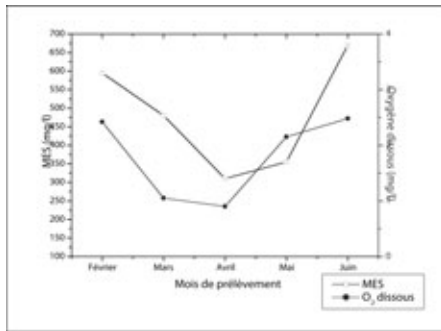


Figure 6: Evolution de MES et de la teneur en oxygène dissous dans les eaux usées de l'abattoir de Kénitra

(Evolution of SSM and oxygen dissolved concentration in Kénitra's slaughterhouse wastewater)

traces que sur les microorganismes. Les variations mensuelles de ces deux paramètres sont indiquées dans la figure 6. D'après les résultats, on note que les eaux usées de l'abattoir ont les mêmes charges que les eaux usées urbaines marocaines pour lesquelles les concentrations en MES se situent entre 250 et 700 mg/l (ONEP, 1998). Par ailleurs, ces valeurs moyennes en MES dans les eaux usées analysées sont supérieures à la valeur fixée par les normes marocaines (Ministère de l'Environnement, (2002) (tableau 2). Ces valeurs trouvées sont moins élevées par rapport aux résultats trouvés par Massé et Masse, (2000a) au Canada. Par ailleurs, Chennaoui et al., (2002) ont signalé une concentration moyenne de 13,1g/l.

La signification de paramètre de l'oxygénation des eaux est très claire puisque la présence d'oxygène dissous conditionne les réactions de dégradation -aérobie- de la matière organique et plus généralement l'équilibre biologique des milieux hydriques. Dans les réseaux d'assainissement des eaux usées, sa disparition complète s'accompagne généralement de l'apparition d' H_2S dans l'air, provenant de la réduction des composés soufrés présents dans les effluents, et corrélativement du phénomène d'attaque acide du béton des canalisations (Thomas, 1995). Par contre sa présence inhibe les activités dénitrifiantes de la flore spécialisée. La comparaison des valeurs en oxygène dissous dans nos échantillons d'eaux

usées analysées avec la grille de qualité des eaux de surface permet de déduire que ces eaux usées sont de qualité moyenne à très mauvaise (Ministère de l'Environnement, 2002) (tableau 2).

Les valeurs élevées de la DBO5, pourraient être expliquées par l'abondance de la matière organique (débris de panse), et par la concentration de cet effluent par le sang des rejets de l'abattoir municipal drainés. Pour la DCO, les valeurs sont moins faibles que celles des eaux urbaines marocaines (500-1500 mg/l) (ONEP, 1998). Ces valeurs moyennes sont inférieures à 500 mg/l, considérée comme valeur limite de rejet direct (Ministère de l'Environnement, 2002). Par ailleurs, ces eaux usées sont classées très mauvaises selon les normes de qualité des eaux de surface (Ministère de l'Environnement, 2002) (tableau 2)..

Les valeurs de la DCO présentent une variation non négligeable au cours de la période d'étude Cette observation est similaire à celle faite par Khamar (2002) et Zerhouni (2003). La charge polluante des eaux usées, telle que mesurée par sa DCO, est un des plus importants critères utilisés dans la conception d'un traitement des eaux usées afin de déterminer le degré de traitement nécessaire. La charge à traiter est la DCO des eaux usées qui y sont amenées (Pearson et al., 1987). En outre, ces valeurs sont moins élevées et ne concordent pas avec celles rapportées par Sachon, (1986) en France; de Tritt et Shuchard, (1992) en Allemagne ; de Gnagne et al., (2002, 2003) au Burkina Faso et les travaux de Miranda et al., (2005), Reginatto et al., (2003) au Brésil.

III.2. Evaluation de la pollution organique des eaux usées

Pour une meilleure appréciation de l'origine des eaux usées de ces effluents étudiés de l'abattoir municipal et de la nouvelle Médina (Kénitra), le calcul des rapports DCO/DBO5, DBO5/DCO, MES/DBO5 et l'estimation de la Matière Oxydable (MO) présente des intérêts très importants. L'utilisation de ces paramètres de caractérisation constitue un bon moyen pour don-

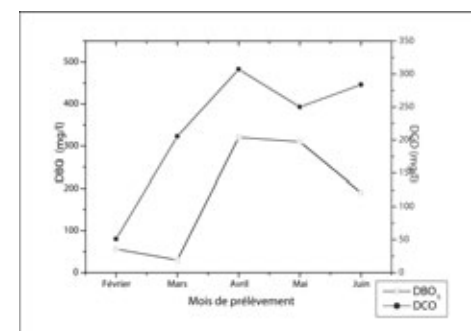


Figure 7: Evolution de la BDB5 et de la DCO dans les eaux usées de l'abattoir de Kénitra

(Evolution of the BOD and COD in Kénitra's slaughterhouse wastewater)

ner une image du degré de pollution des effluents bruts d'abattoir et aussi pour optimiser les paramètres physico-chimiques de ces eaux usées afin de proposer un mode de traitement convenable.

III.2.1. Ratio DCO/DBO5

Le rapport DCO/DBO5 permet de déduire si les eaux usées rejetées directement dans le milieu récepteur ont des caractéristiques des eaux usées domestiques (rapport DCO/DBO5 inférieur à 3 (ONEP, 1998)). Les résultats de ce rapport constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables (Rodier, 1996). Les eaux usées de l'abattoir municipal présentent un ratio DCO/DBO5 variant de 0,63mg/l à 1,70mg/l conforme avec celui des eaux usées urbaines à dominance domestique présentant un rapport DCO/DBO5 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. L'examen de ce rapport souligne bien le caractère biodégradable des eaux usées mélangées de l'abattoir municipal auxquelles un traitement biologique paraît tout à fait convenable. Ces résultats concordent avec celles reportés par Gnagne et Brissaud (2003) et Zerhouni (2003).

III.2.2. Ratio DBO5/DCO

Pour caractériser une pollution industrielle, on considère souvent le rapport DBO5/DCO, qui donne des indications très intéressantes sur l'origine d'une pollution des eaux usées et ses possibilités de traitement. Pour notre étude, ce rapport est relativement élevé de l'ordre de 0,83. C'est le cas général pour les rejets chargés en matière organique. Cette charge organique rend ces eaux usées assez instables, c'est à dire qu'elles évolueront vite vers des formes "digérées" avec le risque de dégagement d'odeurs. En effet, les eaux usées de ce collecteur sont à dominante organique.

III.2.3. Ratio MES/DBO5 et Matières oxydables (MO)

Au niveau des eaux usées de l'abattoir municipal, le rapport DBO5/DCO est élevé (0,83), ce qui confirme que les eaux usées drainées par ce collecteur sont fortement chargées en matières organiques. Ce résultat obtenu est confirmé par l'estimation de la Matière Oxydable, qui est de l'ordre de 227,4 mg/l avec un rapport moyen de MES/DBO5 de 2,66. Par ailleurs, le rapport DCO/DBO5 est faible (1,2), ce qui nous permet de déduire que la charge en matières organiques dans les eaux usées de ce collecteur est facilement biodégradable selon Henze et al. (1997).

CONCLUSION

Les eaux usées de l'abattoir municipal de la ville de Kénitra présentent des valeurs des paramètres physico-chimiques majeurs de pollution qui dépassent relativement les valeurs limites générales des rejets directs et indirects dans le milieu récepteur (estuaire de Sebou), ce qui représente un risque de pollution environnementale pour ce dernier d'où la nécessité d'un traitement de ces eaux usées brutes.

Au terme de l'évaluation de degré de pollution organique, on peut constater que l'ensemble des paramètres étudiés (en particulier avec la DBO5, la DCO et les MES) situent les eaux usées analysées dans la tranche à concentration moyenne

à élevée (Metcalf et Eddy, Inc, 1991). Par ailleurs, selon la classification des effluents urbains réalisée par l'Office National de l'Eau Potable, ces eaux usées sont 5 à 7 fois plus chargées en matière organique que les eaux urbaines marocaines, (ONEP, 1998). En plus de la matière organique, elles contiennent les quantités adéquates d'azote organique pour subvenir aux besoins des microorganismes épurateurs des systèmes biologiques, cependant, les orthophosphates avec des concentrations faibles peuvent présenter un problème pour le traitement biologique (Hamdaoui, 2006). On peut conclure que les eaux usées de ce rejet sont facilement biodégradables même si que les rapports DBO5/DCO et MES/DBO5 sont élevés. L'examen du rapport DCO/DBO5 souligne bien le caractère biodégradable des eaux usées de l'abattoir auxquelles un traitement biologique paraît tout à fait convenable.

Le traitement de ces eaux usées est nécessaire afin de produire un effluent qui respect les normes de rejets directs et indirects selon le Ministère de l'Environnement du Maroc (2002). L'abattoir de Kénitra génère une eau usée qui convient au traitement biologique en termes de DBO5, MES, et substances nutritives (nitrates, nitrites et orthophosphates). Cependant, il faut tenir compte les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées domestiques mélangées avec les effluents de l'abattoir.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet PARS BIO N° 148, Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences de Kénitra, Maroc.

Nos vifs remerciements au Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Formation des Cadres, Rabat, Maroc.

BIBLIOGRAPHIES

Asselin M., Blais J.-F., Drogui P. et Benmoussa H. 2005. Utilisation de l'électrocoagulation pour le traitement des eaux usées d'abattoir. 2ie

Congrès régional de l'est du Canada de l'Association Canadienne sur la Qualité de l'Eau. Québec, 4 novembre 2005.

Borja R. et Duran, MM. 1993. Influence of the support on the kinetics of anaerobic purification of slaughterhouse wastewater. J. Biores. Technol. # 44: 57-60.

Bull, M.A., Sterritt R.M. and Lester J.N. 1982. The treatment of wastewaters from the meat industry: a review. Environmental technology letters 3: 117-126.

Camin K.Q. 1970. Cost of waste treatment in the meat packing industry. In proceeding of the 25th industrial waste conference, 193-202. Ann Arbor, mi: Ann Arbor Science.

Chennaoui M., Assobhei O. et Mountadar M. 2002. Biostabilisation des eaux usées d'abattoir de la ville d'El Jadida (Maroc). Rev. Biol. Biotech. Vol.2, No 1, April 2002. pp. 44-48

Couillard D. et Gariepy S. 1990. Faisabilité du procédé aérobie thermophile pour un effluent d'abattoir. Can. J. Chem. Eng. # 68: 018-1023.

DIN (Deutsche Industrie Normes) 1992a. Détermination de la Demande Biologique en Oxygène (DBO) selon DIN Laboratoire National de l'Environnement - Rabat.

DIN (Deutsche Industrie Normes) 1992b. Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) selon DIN 38409-H52. Laboratoire National de l'Environnement - Rabat.

DIN (Deutsche Industrie Normes) 1993a. Dosage des composés phosphoriques méthodes photométrique par phosphomolybdique (selon DIN 38405-D11-1 O-PO43-). Laboratoire National de l'Environnement - Rabat.

DIN (Deutsche Industrie Normes) 1993b. Dosage des nitrates par méthode photométrique avec 2,6 - diméthylphénol (selon DIN 38405-D9-2). Laboratoire National de l'Environnement - Rabat.

DIN (Deutsche Industrie Normes) 1993c. Dosage des nitrites par méthode photométrique (selon ISO 6777 resp en 2677. Laboratoire

- National de l'Environnement - Rabat.
- Giglio Ponsano E.H., Magalhaes Lacava P. and Pinto M.F. 2003. chemical composition of *Rhodocyclus gelatinosus* Biomass Produced in Poultry Slaughterhouse Wastewater. Brazilian Journal of Chemical Engineering. Vol. 46, No 02, pp. 143-147, March 2003.
- Gnagne T. et Brissaud F. 2002. Etude des limites de l'épuration par infiltration sur sable des eaux usées fortement chargées en matières oxydables de l'abattoir de Ougadougou au Burkina Faso. Sud Sciences & Technologies. N°9. Décembre 2002.
- Gnagne T. et Brissaud F. 2003. Etude des potentialités d'épuration d'effluents d'abattoir par infiltration sur sable en milieu tropical. Sud Sciences & Technologies. N°11. Décembre 2003.
- Hamdaoui R. 2006. Caractérisation physico-chimique et traitement des eaux usées résiduelles de la société SETEXAME. Kénitra. Mémoire DESA. Fac. Sci. Kénitra. Université Ibn Tofail. 100p.
- Henze M., Harremoës P., Jansen J. L.C. and Avrin E. 1997. Wastewater treatment. 2nd ed. springerverlag. Berlin.
- El Guamri Y. 2003. Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de la ville de Kénitra (Maroc). Mémoire DESA. Fac. Sci. Kénitra. Université Ibn Tofail. 149p.
- ISO 5667/3 1994. Qualité de l'eau - échantillonnage - guide pour la conservation et la manipulation des échantillons.
- Johan V. et Mizier M.O. 2004. Traitement des eaux industrielles. Effluents d'abattoirs : une pollution biodégradable. Eau, Industrie, Nuisances. Vol. 269. 33-43, ill.
- Johns, M.R. 1995. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry : A review. Bioresource technology 54: 203-216.
- Khamar M. 2002. Etude de la charge en métaux lourds dans les eaux, sédiments, les sols et productions agricoles irriguées par les eaux usées de la ville de Fès. Thèse de Doctorat. Fac. Sci. Dhar El Mahraz. Fès. Maroc. 212p.
- Keraita B., 2002. wastewater use in urban and peri-urban vegetable farming in Kumasi, Ghana. MSc. Thesis. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Labaioui H. 2006. Biotransformation des déchets des abattoirs de la viande rouge et essai de valorisation du produit fermenté comme un stable bio-engrais (cas de Kénitra). Thèse Doctorat. Fac. Sci. Kénitra. Université Ibn Tofail. 240p.
- Lovett DA., Travers SM. et Davey KR. 1984. Activated sludge treatment of abattoir wastewater - I. Influence of sludge age and feeding pattern. Wat. Res. __18: 429-434.
- Massé and Masse 2000a. Treatment of slaughterhouse wastewater in anaerobic sequencing batch reactors. Canadian Agricultural Engineering. Vol. 42, No. 3. 131-137.
- Massé D.I. and Masse L. 2000b. Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in Eastern Canada and evaluation of their in-plant wastewater treatment systems. Canadian Agricultural Engineering. Vol. 42, No. 3. 139-146.
- Metcalf et Eddy, INC. 1991. Wastewater engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 3ème Edition Library of Congress Cataloging in publication data. TD. 645. T34.
- Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002. Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc, N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat.
- Miranda L.A.S., Henriques J.A.P. and Monteggia L.O. 2005. A full-scale uasb reactor for treatment of pig and cattle slaughterhouse wastewater with a high oil and grease content. Brazilian Journal of Chemical Engineering. Vol. 22, No 04, pp. 601-610, October-December, 2005.
- Nisbet Verneaux J. 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Ann Limnol 1970 ; 6: 161-9.
- ONEP 1998. Approche de la typologie des eaux usées urbaines au Maroc. ONEP et GTZ. Rabat.
- Pearson H.W., Mara D.D. and Bartone C.R., 1987. Guidelines for the minimum evaluation of the performance of full-scale waste stabilization pond system. Wat. Res. 21, N°: 1067-75.
- Reginatto V., Teixeira R.M., Pereira F., Schmidell W., Furigo A., Menes R., Etchebechere C. and Soqres H.M. 2005. Anaerobic ammonium oxidation in a bioreactor treating slaughterhouse wastewater. Brazilian Journal of Chemical Engineering. Vol. 22, No 04, pp. 593-600, October-December 2003.
- Rodier J. 1996. L'analyse de l'eau naturelle, eau résiduelle, eau de mer, 8ème Edition, Dénod. Paris, 1383p.
- Sachon G. 1986. Les eaux résiduelles des abattoirs de bétail. Gestion et Traitement. Tribune Cebedeau 515: 27-45.
- Sayed, SKI. 1987. Anaerobic treatment of slaughterhouse wastewater using the USAB process. PhD thesis. Wageningen, The Netherlands: Agricultural University of Wageningen.
- Thomas O. 1995. Métrologie des eaux résiduelle. Ed. Cebedoc / Tec. et Doc. 11, Liège -75384. Paris.
- Tritt WP. et Shuchard F. 1992. Materials flow and possibilities of treating liquid and solid wastes from slaughterhouse in Germany. Biores. Technol. # 41: 235-245.
- Wéthé J., Kientga M., Koné D. et Kuéla N. 2002. Profil du recyclage des eaux usées dans l'agriculture urbaine à Ouagadougou. Visite d'Etude et Atelier International sur la réutilisation des eaux usées en agriculture urbaine: un défi pour les municipalités en Afrique de l'Ouest. Rapport final, 3-8 juin 2002 Ouagadougou - Burkina Faso. 183p.
- Zerhouni R. A. 2003. Flore algale des eaux usées de la ville de Fès et étude de la capacité de certaines espèces à éliminer la charge azotée, phosphatée et quelques métaux lourds (Chrome et Cadmium). Thèse de Doctorat. Fac. Sci. Dhar El Mahraz. Fès. Maroc. 146p.