



## ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX USEES DE L'UNITE INDUSTRIELLE PAPETIERE (CDM) A SIDI YAHIA EL GHARB (MAROC)

**FATHALLAH Z<sup>1</sup>., ELKHARRIM K<sup>1</sup>., FATHALLAH R<sup>2</sup>., HBAIZ E M<sup>3</sup>.,  
HAMID C<sup>4</sup>., AYYACH A<sup>2</sup>., ELKHADMAOUI A<sup>5</sup>., BELGHYTI D<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Laboratoire d'environnement et énergies renouvelables, Faculté des sciences, Université Ibn Tofaïl, BP133, 14000 Kénitra, Maroc.

<sup>2</sup>Laboratoire des procédés de séparation, Faculté des sciences, Université Ibn Tofaïl, BP133, 14000 Kénitra, Maroc.

<sup>3\*</sup>Laboratoire de Synthèse Organique et Procédés d'Extraction, Faculté des sciences, Université Ibn Tofaïl, BP133, 14000 Kénitra, Maroc.

<sup>4</sup>Equipe des substances naturelles, synthèse et dynamique moléculaire, Faculté des Sciences et techniques, Université Moulay Ismaïl, BP 509, Boutalamine, Errachidia, Maroc.

<sup>5</sup>Laboratoire de génétique et Biométrie, Faculté des sciences, Université Ibn Tofaïl, BP133, 14000 Kénitra, Maroc.

hbaiz.elmahdi@gmail.com

### RESUME

L'impact sur l'environnement des effluents industriels est aujourd'hui une réalité manifeste et une menace sérieuse à moyen terme pour la qualité des eaux de surface et des nappes souterraines. A l'instar d'autres régions du Maroc, la région du Gharb connaît de multiples agressions quotidiennes engendrées par l'industrialisation, l'agriculture et l'urbanisation. En effet, l'impact sur l'environnement aquatique de l'industrie du papier Cellulose Du Maroc (CDM), plantée à Sidi Yahia du Gharb, provient essentiellement de l'utilisation de l'eau dans le processus de fabrication de la pâte à papier par procédé KRAFT et du déversement des effluents résiduels dans les milieux récepteurs: la forêt Maâmora, la nappe phréatique de Maâmora et le fleuve Sebou.

La présente étude porte sur l'évaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées de la CDM par la station d'épuration de type lagunage anaérobie (STEP). Ce travail a permis d'interpréter les paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et épurées tels que le pH, la température, la Demande Biologique en Oxygène (DBO5), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et les Matières

En Suspension (MES). La caractérisation physico-chimique des eaux usées étudiées durant la période de stage 2012/2013 a permis d'apprécier leurs propriétés et leur degré de pollution. Les rejets bruts sont caractérisés par un pH moyen de 6,3 en été et 7,9 en hiver ; une température moyenne de 47°C en été et 41°C en hiver ; une DBO5 moyenne de 334,3mg/l en été et 252,8mg/l en hiver ; une DCO moyenne de 1072,2 mg/l en été et 1567,5 mg/l en hiver et des teneurs moyennes en MES de 48,8 mg/l en été et 86,6 mg/l en hiver. Ces rejets liquides sont à caractère mixte (DCO/DBO5 est entre 3 et 5).

Au cours du traitement des eaux usées, les rendements épuratoires moyens atteignent 40,7% en DBO5, 38,5% en DCO et 66,1% en MES. Cette évaluation permet de dire que la STEP de la CDM est peu performante et ne répond pas aux normes des rejets indirects.

**Mots clés:** Industrie de papeterie, Cellulose Du Maroc, Eaux usées, STEP, paramètres physico-chimiques, Sidi Yahia El Gharb.

## ABSTRACT

The environmental impact of industrial effluents is now a reality and manifests a serious threat in the medium term for the quality of surface water and groundwater. Like other regions of Morocco, the region of Gharb knows multiple daily aggressions caused by industrialization, agriculture and urbanization. Indeed, the impact on the aquatic environment of the paper industry CDM planted in Sidi Yahia Gharb is mainly due to the use of water in the manufacturing process of the pulp by KRAFT process and the discharge of waste effluents in receiving waters: the Maâmora forest, the water table Maâmora and Sebu River. This study focuses on evaluating the efficiency of wastewater treatment of the CDM by the sewage lagoon anaerobic station.

This work has led to interpret the physicochemical parameters of raw and treated wastewater such as pH, temperature, Biological Oxygen Demand (BOD5), Chemical Oxygen Demand (COD) and Suspended Solids (SS). The physicochemical characterization of wastewater studied during the probationary period 2012/2013 was used to assess their properties and degree of pollution. Gross emissions are characterized by an average pH of 6.3 in summer and 7.9 in winter average temperature of 47°C in summer and 41°C in winter an average BOD5 of 334.3 mg/l in summer and 252.8 mg/l in winter, an average COD of 1072.2 mg/l in summer and 1567.5 mg/l in winter and average levels of MES 48.8 mg/l in summer and 86.6 mg/the winter. These liquid wastes are mixed character (COD/BOD5 is between 3 and 5).

During wastewater treatment, the purifying average yields reach 40.7% BOD5, 38.5% COD and 66.1% SS. This assessment that the WWTP of the CDM is inefficient and does not meet the standards of indirect discharges.

**Keywords:** Industrial stationery, Cellulose from Morocco, Wastewater, WWTP, physico chemical parameters, SidiYahia El Gharb

## **INTRODUCTION**

L'eau est un bien précieux qui subit diverses pollutions et dégradations d'origine diverses : industrielles, domestiques ou agricoles. Avec, la révolution industrielle du XIX<sup>ème</sup> siècle, la valorisation de la vapeur d'eau a permis non seulement la réponse au besoin de l'industrie mais aussi le développement de sa capacité de production. L'eau est devenue une matière indispensable au fonctionnement des usines, face à cela, l'eau se trouve confrontée à des situations difficiles et entraîne la perturbation de tous les écosystèmes surtout les systèmes aquatiques. Les principaux problèmes caractérisant la situation de l'eau au Maroc aujourd'hui sont liés, d'une part à l'aggravation de la pénurie par la surexploitation, et d'autre part à la dégradation de la qualité des ressources en eau vu l'insuffisance voire parfois l'absence du traitement des eaux usées (SCN., 2010). Au Maroc, la production de pâtes et papiers a donc toujours été liée à un grand besoin de consommation d'eau. En effet l'industrie papetière se classe au troisième rang mondial pour l'utilisation d'eau (5 à 20 m<sup>3</sup> par tonne de papier produit) et représente l'une des industries rejetant la plus grande quantité d'effluent (Cepi, 2005).

Le présent travail se propose de caractériser la composition physicochimique des eaux usées brutes et épurées de l'unité industrielle Cellulose Du Maroc (CDM) durant la période de stage 2012/2013. Il a pour objectif principal de mettre en évidence le degré de la pollution engendrée par diverses activités de cette unité industrielle et de déduire la performance de la STEP concernée. Cette étude se base sur des paramètres physico-chimiques tels que pH, température, demande biologique en oxygène (DBO), demande chimique en oxygène (DCO) et les matières en suspension (MES).

## **MATERIEL ET METHODES**

### **Site d'étude**

L'usine de la cellulose du Maroc est située à 4KM de Sidi Yahia du Gharb (Figure1). La ville de Sidi Yahia du Gharb est une municipalité qui relève de la province de Sidi Slimane et fait partie de la région du Gharb Cherarda Bni Hsein. Le centre Sidi Yahia est situé à environ 26 Km au Nord Est de la ville de Kénitra et relie les villes de Sidi Slimane et de Kénitra par la route principale RP3 (ONEP. 2005). La ville de Sidi Yahia du Gharb se situe en bordure Sud-Est de la plaine du Gharb, sur la zone de transition entre la nappe de la

Maâmora et la nappe du Gharb, c'est une large cuvette très basse qui couvre une superficie de 616 ha. La population de cette ville telle qu'elle ressort des résultats du dernier recensement de 2004 est de 31705 habitants. Le climat de Sidi Yahia du Gharb est marqué par :

- L'influence océanique, appartenant à l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré.
- Humidité de l'air élevée et amplitudes thermiques moins marquées.



**Figure 1:** Situation géographique de la CDM de Sidi Yahia du Gharb

L'usine de la cellulose du Maroc, dont la création remonte à 1952, fabrique de la pâte à papier par le procédé KRAFT qui utilise la soude caustique (NaOH) et le sulfure de sodium (NaS<sub>2</sub>) comme liqueur de cuisson (procédé à l'appoint au sulfate de sodium). Le bois utilisé ainsi est l'eucalyptus dont une partie (50%) provient des forêts marocaines et l'autre partie est importée de l'étranger. L'emplacement de cette unité de production à Sidi Yahia du Gharb se justifie par plusieurs facteurs :

- La présence d'une nappe phréatique importante (nappe de la Maâmora 390 km<sup>2</sup> d'étendue) ;
- L'existence d'une infrastructure routière et ferroviaire facilitant les transactions ;
- La présence du port de Kenitra ;
- L'existence d'un noyau de plantation couvrant 10 000 ha lors de sa création.

## **Description de la STEP de la CDM**

Les effluents de l'usine papetière de la CDM sont traités par le lagunage naturel. Cette STEP est composée de trois bassins en série de profondeur variant d'un mètre jusqu'à 1,5 mètre. Elle permet un séjour des eaux usées d'environ 5 jours en été et en hiver. Aucun de ces deux bassins n'est doté d'une aération mécanique. Les dimensions du premier bassin sont de 300 m de long par 30 m de large. Le deuxième bassin possède une largeur de 35 m et une longueur de 350 m. La dernière portion de cette cellule de traitement est le bassin de maturation avec une largeur de 35 m et une longueur de 380 m. Ce terminal assure une sédimentation ultime des déchets organiques qui demeurent en suspension et une élimination éventuelle des germes pathogènes.

## **Prélèvements et analyses des eaux usées**

L'échantillonnage est fait au sein de la STEP anaérobie pendant deux campagnes d'étude, été 2012 (juin, juillet et août 2012) et hiver 2012/2013 (novembre, décembre 2012 et janvier 2013).

Les prélèvements ont été effectués à deux endroits précis, à l'entrée de la STEP (eaux usées brutes) et à la sortie de la STEP (eaux usées épurées).

Les échantillons d'eau usée sont prélevés dans un contenant de plastique de 1 litre puis conservés à environ 4°C.

Les paramètres physico-chimiques étudiés sont: la température, le pH, la Demande Chimique en Oxygène (DCO), la Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO5) et les Matières En Suspension (MES).

Le pH et la température ont été déterminés par un pH-mètre type CONSORT C831 muni d'une sonde mesurant la température.

Les MES (Matières En Suspension) sont déterminées par filtration d'un volume d'eau usée sur filtre de fibre de verre borosilicaté.

La DCO a été déterminée par la méthode colorimétrique préconisée par RODIER 2009 (par oxydation par bichromate de potassium en milieu acide).

La demande biochimique en oxygène (DBO5) a été déterminée par la méthode OxiTop qui est toujours l'une des mesures les plus importantes en hydrologie. Elle permet d'évaluer la charge des eaux et eaux usées en substances biodégradables.

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

Dans l'industrie papetière, l'eau entre dans le processus de fabrication comme facteur de dispersion et de transport des matières premières fibreuses et additives. Les nombreuses tâches confiées à l'eau font d'elle un élément primordial de point de vue qualitatif et quantitatif. Les résultats détaillés de

l'analyse physico-chimique des eaux usées de l'usine Cellulose du Maroc sont regroupés dans les tableaux 1, 2, et 3.

**Tableau 1:** Paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes

Paramètres	Nombre de Prélèvement	Eté				Hiver			
		Min.	Max.	Moy.	Ecart type	Min.	Max.	Moy.	Ecart type
T (°C)	16	45	49	47	2	39	44	41	2,6
pH	16	5,1	7,18	6,3	1,1	7,36	8,25	7,9	0,5
DBO5 (mg/l)	16	301,67	382,75	334,3	42,8	195,90	325,5	252,8	66,2
DCO (mg/l)	16	857	1427	1072,2	309,6	1221	1812,6 <sup>7</sup>	1567,5	308,7
MES (mg/l)	16	15,50	83,33	48,8	33,9	18	196	86,9	95,5
DCO/DBO5	16	2,69	3,73	3,2	0,5	5,57	7,04	6,3	0,7

**Tableau 2:** Paramètres physico-chimiques des eaux usées épurées

Paramètres	Nombre de Prélèvements	Eté				Hiver			
		Min.	Max.	Moy.	Ecart type	Min.	Max.	Moy.	Ecart type
		T (°C)	16	32	35	33,3	1,5	30	41
pH	16	4,54	7,10	6,1	1,4	7,49	7,72	7,7	0,2
DBO5 (mg/l)	16	164,67	315,25	224,8	79,7	93,67	140,33	121,8	24,8
DCO (mg/l)	16	425,5	782	597,2	178,6	792	1090	1023,8	206,8
MES (mg/l)	16	3,50	26,67	12,8	12,2	16	24	31,6	20,4
DCO/DBO5	16	1,85	4,75	2,9	1,6	6,02	7,8	8,8	3,5

**Tableau 3** : Flux polluants journaliers totaux et concentrations moyennes correspondantes de la (CDM), calculés à partir des moyennes à deux compagnes d'étude (été & hiver de l'année 2012/2013).

<b>Polluants (2012/2013)</b>	<b>Débit (m<sup>3</sup>/j)</b>	<b>Flux totaux à l'entrée de la STEP</b>	<b>Flux totaux éliminés</b>	<b>Flux totaux à la sortie de la STEP</b>	<b>Rendement global moyen de la STEP (en %)</b>
<b>DCO<sub>moy</sub> (mg/l)</b>	-	1319.85	509.35	810.5	38,5%
<b>DCO (kg/j)</b>	17000	22437450	8658950	13778500	
<b>DBO5<sub>moy</sub> (mg/l)</b>	-	293.4	119.7	173.3	40,7%
<b>DBO5 (kg/j)</b>	17000	4987800	2034900	2946100	
<b>MES<sub>moy</sub> (mg/l)</b>	-	67.7	44.8	22.2	66,1%
<b>MES (kg/j)</b>	17000	1150900	761600	377400	

La demande des produits à base de papier va augmenter au cours de la décennie à venir et cette évolution aura selon toute vraisemblance des impacts sur l'environnement aquatique. Etant donné le durcissement régulier de la législation sur les seuils de rejets autorisés en milieu naturel, les industriels accordent de plus en plus d'attention au traitement de ces effluents.

**Tableau 4:** Valeurs limites spécifiques de rejet applicables aux déversements des industries de la pâte à papier, du papier et du carton (Bulletin officiel du Maroc n°5448,2006).

Paramètres	Valeurs limites spécifiques de rejet	
	Industrie de la pâte à papier	Industries du papier et carton
Température	30 °C	Ne pas dépasser de 10°C la température du milieu récepteur
pH	5,5-8,5	5,5-8,5
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	100	200
DCO (mg/l)	1000	900
MES (mg/l)	200	400
Fer (Fe) (mg/l)	3	3
Sulfures libres (S <sub>2</sub> )(mg/l)	2	--
Arsenic (As) (mg/l)	0,1	0,1
Aluminium (Al) (mg/l)	10	--
Zinc total (mg/l)	2	2

### Température

Les variations de la température de la STEP ont des effets importants car elles influencent le développement des colonies de micro-organismes (Liss, S.N. and D.G. Allen. 1992).

A l'entrée de la STEP, la température de l'eau en moyenne est de 47°C en été et de 41°C en hiver. A la sortie de la STEP, la température de l'eau en moyenne est de 34,3°C en été et de 33°C en hiver. Ces valeurs de température constituent un risque de pollution thermique pour le milieu récepteur, mais sont en faveur d'une accélération des procédés biologiques de traitement des eaux usées et des boues, car elles contribuent à l'augmentation de la cinétique de dégradation des matières organiques (Benyakhlef et al., 2011).

### pH

Le pH est un indicateur de la pollution par excellence, il varie suite à la nature des effluents basiques (cuisson, lavage de résine: NaOH, NaS<sub>2</sub>) ou acide (bioxyde, lavage de la résine: H<sub>2</sub>S<sub>4</sub>). La gamme de pH biologique se situe entre 6,5 et 8,5 (Maiga et al. 2006). Pendant les deux périodes d'échantillonnages, le

pH de la STEP s'est maintenu relativement stable à la sortie. Cependant, il a été noté que le pH de cet effluent brut présente des fluctuations importantes. En effet les valeurs varient entre 4,6 et 8,25 unités et la valeur moyenne est de l'ordre de 6,3 en été et 7,9 en hiver. Ces valeurs moyennes du pH sont parfaitement en accord avec celles trouvées par Zouirech lors d'une étude similaire en 2008 (Zouirech M. 2008). La fluctuation du pH de l'effluent brut s'explique par la consommation des produits chimiques au niveau de l'atelier blanchiment ( $\text{ClO}_2$  et  $\text{SO}_2$ ).

### **Matières en suspension MES**

Les effluents sont mieux caractérisés et décrits en terme de DBO5, de MES et de DCO. Les matières en suspension (MES) ne diminuent pas suffisamment pendant leur passage dans la STEP, cette stabilité s'explique par le fait que les MES sont surtout constituées de fibres de bois qui; en raison de leur faible longueur; n'ont pas été retenues par les tamis au cours du procédé de transformation (Le Papetier, 1991). De plus, les matières en suspension restantes (notamment les lignines) sont peu biodégradables et mettent généralement beaucoup de temps à se dégrader (Smook, 1989). A l'entrée de la STEP, les matières en suspension (MES) en moyenne sont de 86,9 mg/l en été et de 48,8 mg/l en hiver. A la sortie de la STEP, elles sont en moyenne de 31,6mg/l en été et de 12,8 mg/l en hiver, alors que dans une étude similaire menée par Bellavance en 1998 à Canada, les valeurs moyennes trouvées à la sortie de la STEP sont 27mg/l en été et 50 mg/l en hiver. Ces valeurs enregistrées à l'entrée du bassin, aussi en été qu'en hiver, permet de constater qu'elles sont dans les normes des rejets papetiers (200 mg/l) (Bulletin officiel du Maroc n°5448,2006).

### **Demande chimique en oxygène**

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. A l'entrée de la STEP, la DCO en moyenne de 1072,2 mg/l en été et de 1567,5 mg/l en hiver. A la sortie de la STEP, la DCO moyenne est de 597,2 mg/l en été et de 1023,8 mg/l en hiver. En Comparaison avec la DCO des autres industries agroalimentaires (Samudro G. and Mangkoedihardjo S. 2010; Fath-Allah R et al. 2013), ces valeurs sont moins élevées mais elles dépassent les limites autorisées pour les rejets de l'industrie de pâte à papier par la norme marocaine (1000 mg /l) (Bulletin officiel du Maroc n°5448. 2006).

### **Demande biochimique en oxygène**

La DBO5 est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques. A l'entrée de la STEP, la DBO5 en moyenne est de 334,3 mg/l en été et de 252,8 mg/l en hiver. A la sortie de la STEP, la DBO5 en moyenne est de 224,8 mg/l en été et de 121,8 mg/l en hiver. Ces valeurs dépassent la norme marocaine autorisée pour un rejet papetier (100 mg/l) (Bulletin officiel du Maroc n°5448. 2006).

### **Ratio DCO/DBO5**

Le rapport DCO/DBO5 a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent (rapport DCO/DBO5 inférieur à 3) (ONEP et GTZ.1998). En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO5 implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique. Les résultats de ce rapport constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables. A l'entrée de la STEP, le rapport DCO/DBO5 en moyenne de 3,2 en été et de 6,3 en hiver. A la sortie de la STEP, le rapport DCO/DBO5 en moyenne de 2,9 en été et de 8,8 en hiver. Le rendement épuratoire de la STEP de la CDM permet de classer les eaux résiduaires de la CDM comme étant des eaux usées à caractère mixte (renferment des matières organiques et inorganiques) et peu biodégradables puisque le rapport DCO/DBO5 de la sortie de la STEP est compris entre 3 et 5. Alors, l'examen du ratio DCO/DBO5 confirme bien la spécificité des eaux résiduaires de papeteries en général et de la CDM de la ville de Sidi Yahia en particulier qui sont mixtes auxquelles un traitement biologique adapté pourrait être convenable.

### **Flux polluant total de la CDM**

Pour la DCO, la DBO5 et les MES, le tableau 3 montre que les concentrations journalières demeurent très élevées à l'entrée ainsi qu'à la sortie de la STEP. Elles passent pour la DCO de 22437450 kg/j à 13778500 kg/j, pour la DBO5 de 4987800 kg/j à 2946100 kg/j et pour les MES de 1150900 kg/j à 377400 kg/j avec un taux d'abattement de l'ordre de 40,7 % pour la DCO, de 38,5 % pour la DBO5 et de 66,1 % pour les MES. Le taux élevé d'abattement de MES est dû essentiellement au perfectionnement du système de récupération des fibres aux

ateliers de transformation d'une part, et d'autre part, au fait que les solides en suspension se décantent facilement. Par ailleurs il faut noter le développement d'une couche de mousse qui est due à la saponification des différentes matières grasses utilisées ou générées pendant le procédé de fabrication de la pâte.

## CONCLUSION

Ce travail a été réalisé dans le but d'établir un diagnostic de l'état physico-chimique des eaux usées de l'unité industrielle papetière de la ville de Sidi Yahia El Gharb et de déduire la performance de sa STEP. D'après cette caractérisation on constate que :

-Les effluents de la CDM sont relativement concentrés par rapport à la grille établie pour les effluents papetiers marocains. Cette concentration des eaux usées se traduit, dans ce cas par des valeurs moyennes de DCO et DBO5 dépassant les limites supérieures des gammes habituelles (Bulletin officiel du Maroc n°5448. 2006).

-Les températures et le pH dépassent légèrement les normes des rejets papetiers.

-Le rapport DCO/DBO5 calculé à travers les résultats de suivi pendant l'étude 2012/2013 montre une valeur moyenne de 4.5. Ces rejets liquides sont à caractère mixte, cela permet de dire que ces effluents contiennent des substances biodégradables et d'autres peu biodégradables (la lignine).

-Les MES respectent les valeurs limites spécifiques des rejets papetiers fixées par l'arrêté n° 5448 Rabat, 2006.

-Les rendements épuratoires de la STEP de la CDM en DBO5, DCO et MES sont respectivement: 40.7 %, 38.5 % et 66.1 %. Ces rendements restent limités car le traitement se limite dans les lagunes anaérobies.

Cette évaluation permet de dire que la STEP de la CDM est peu performante, pour cela et pour satisfaire les normes marocaines des rejets papetiers, nous recommandons deux solutions :

- 1- L'amélioration de la technique utilisée en réalisant des lagunes facultatives de maturation.
- 2- Le transfert du lagunage naturel en lagunage aéré en alimentant les lagunes anaérobies existantes par des aérateurs.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BELLAVANCE M. (1998). Biodégradation des acides gras et résineux dans la lagune aérée d'une papeterie. Mémoire de maîtrise, université du Québec à Chicoutimi.

BENYAKHLEF M. et al. (2011). Caractérisation physicochimiques des eaux usées industrielles du grand Agadir (Maroc), Cas d'une huilerie, Sciencelib, Vol. 3, n°110707.

CEPI. (2005).Confederation of europeanpaper industries, disponible sur internet, URL : <http://www.cepi.org/Content/Default.asp?pageid=101>>, visité le 24 novembre 2012.

FATH-ALLAH R, AYYACH A, FATHALLAH Z, HBAIZ E.M, ALEBKIRI A, EL MIDAOUI A. (2013). Caractérisation physico-chimique des eaux usées de l'abattoir municipal de Sidi Slimane (Maroc), ScienceLib, Editions Mersenne, Vol.5, n° 131106.

LE PAPETIER. (1991). AH!...oui ces effluents. Association des industries forestières du Québec (AIFQ), Vol. 27, n° 3, septembre, 3-5.

LISS S.N., ALLEN D.G..(1992). « Microbiological Study of Bleached Kraft Pulp Mill Aerated Lagoon ».

MAIGA et al. (2006). Performances épuratoires d'une filière de trois étages de bassins de lagunage à microphytes sous climat sahélien : cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER. Sud Sciences & Technologies, 14, 1-9.

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT DU MAROC (2006). Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc, N° 5448 du 29 jourmada II 1427, Rabat.

ONEP. (2005). Etude d'assainissement de la ville de Sidi Yahia du Gharb, Avant-Projet Sommaire, 138p.

ONEP et GTZ. (1998). Approche de la typologie des eaux usées urbains au Maroc, 18 p.

RODIER J. et al. (2009). L'analyse de l'eau, 9eédition, Edition Dunod, Paris, France.1579 p.

SCN. (2010). Rapport Seconde Communication Nationale relative au changement climatique Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement - Département de l'Environnement, 300 p.

SMOOK GA. (1989). Manuel du technicien et de la technicienne en pâte et papiers. Cégep de Trois- Rivières. 400 p.

SAMUDRO G., MANGKOEDIHARDJO S. (2010) .Journal of BOD, COD and BOD / COD, a triangular area for toxic, biodegradable and stable levels, International Journal Academy and Research, Vol. 2, n°4. July.

ZOUIRECH M., BELGHYTI D. (2008) .Physico-chimie et traitement des eaux usées industrielles d'une papeterie par lagunage (cas de la Cellulose du Maroc),74p.