



Caractérisation des Rejets Liquides d'une industrie d'emballage en carton [Characterization Of Liquid Waste Of Packaging Industry]

S. Dhimni, A. Qlihaa, F. Melrhaka, D. Chebabe, A. Dermaj, N. Hajjaji

*Laboratoire de Matériaux, Electrochimie et Environnement.
Faculté des Sciences de Kenitra, BP 133, 14000 Kenitra, Maroc.*

Received 08 Mar 2015, Revised 31 Oct 2015, Accepted 01 Nov 2015

** Corresponding author. E-mail address: souad_dhimni@yahoo.fr, Tél 0663054088*

Résumé

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la caractérisation des effluents d'une industrie d'emballage en carton ondulé dans l'objectif de mettre en évidence la nature de la pollution engendrée. Les résultats d'analyses obtenus, ont pu montrer que ces rejets sont chargés en matières organiques. En effet, la DCO est de l'ordre de 3677mg/l soit une charge de 268Kg par jour. La valeur moyenne de DBO5 est de l'ordre de 785mg/l, soit une charge de 57 Kg par jour. La valeur moyenne des matières en suspension (MES) est de 4762mg/l, soit une charge de 348 Kg par jour. La valeur moyenne de la turbidité est de 5467 NTU. La valeur de la conductivité électrique est de 2883 μ s/cm, avec un pH de 6,93. Le débit journalier est de l'ordre de 73m³ par jour. Ces eaux usées présentent donc une charge organique élevée. Ces effluents sont donc difficilement biodégradables avec un indice de biodégradabilité de 4,68. Conformément aux normes en vigueur, ces rejets nécessitent un traitement avant tout rejet direct dans la nature, ou une réutilisation[1].

Mots clés: Pollution industrielle, Eaux usées, DBO5, DCO, MES, MO.

Abstract

In this work we are interested in the characterization of effluent from corrugated board packaging industry with the objective to highlight the nature of the pollution generated. Results obtained were able to show that these releases are loaded with organic matter. Indeed COD is about 3677mg/l i.e. a pollutant load of 268 Kg per day. The average value of BOD5 is approximately 785mg/l; with a pollutant load higher than 57 Kg per day. The average value of suspended solids load is a about 4762mg/l, i.e. a load of more than 348 Kg per day. The average value of the turbidity was 5467 NTU. The average value of the electrical conductivity is of 2883 μ s/cm, with a pH value of 6.93. The daily rate is of the order of a day 73m³.

Based on such values, these liquid effluent are characterized by a high organic load. These effluents are not readily biodegradable (Biodegradability index = 4.68). In accordance with current standards, these liquid industrial effluents require treatment before direct discharge into the environment or re-use[1].

Keywords: Industrial pollution, wastewater, BOD5, COD, TSS, MO.

1. Introduction

Le développement industriel au Maroc a rendu la situation de l'environnement préoccupante pour tous les intervenants en matière économique, sociale et juridique. En effet, le développement industriel est marqué, ces dernières années, par l'implantation de grandes usines qui déversent leurs rejets liquides dans la nature. Ces rejets industriels contribuent à la déstabilisation de l'équilibre environnemental et la perturbation de l'écosystème local, dans les années à venir. Les différentes rencontres nationales sur l'état de l'environnement au Maroc ont accéléré l'adoption de la législation environnementale. D'où la nécessité de prendre en charge le traitement de toute source de pollution et encourager sa réutilisation dans le procédé et/ou sa valorisation dans l'irrigation [1].

En effet, dans les années 1970, les disponibilités en eau à la consommation par habitant par an étaient de 1700m³. En 2013 elles ont chuté à 720 m³ [2]. Les changements climatiques font que cette tendance continuera pour atteindre les 400 m³ en 2025. Ceci est dû à une augmentation croissante des besoins en eau, à noter que

70% des besoins en eau sont dédiés à l'irrigation, 20% à des besoins industriels et 10% seulement sont dédiés à la consommation humaine et besoins de ménage.

Cette tendance est aussi une conséquence de l'explosion démographique, due à la forte croissance du développement économique.

Le seuil de stress hydrique est défini à 1000 m³ d'eau par habitant et par an, le Maroc est en dessous de ce seuil d'où la nécessité de protection des sources hydriques et de sensibilisation contre le gaspillage d'eau.

Le Maroc a adopté dans sa stratégie de développement, le concept de développement durable qui favorise l'équilibre entre les dimensions environnementales, économiques et sociales, avec pour objectifs l'amélioration du cadre de vie des citoyens, le renforcement de la gestion durable des ressources naturelles et la promotion des activités économiques respectueuses de l'environnement.

Le ministère de l'environnement Marocain a mis en place des normes sur les rejets industriels qui cadre les tolérances des paramètres qui ont un impact négatif sur l'environnement, à savoir la DBO5, La DCO, les MES, la Température, le pH et d'autres paramètres physico-chimiques et biologiques, selon l'activité et la nature des rejets liquides [3-6].

Les eaux usées générées par les industries chimiques contiennent des polluants nocifs pour l'environnement. Pour réduire leurs effets négatifs, plusieurs procédés de traitement y compris les techniques physico-chimiques, sont à savoir en œuvre, adsorption, l'échange d'ions, la précipitation, la coagulation, l'électrocoagulation (CE) qui dérive de la technique coagulation-floculation et il est utilisé avec succès dans le traitement de diverses émissions: lavage à l'eau, les rejets d'hydrocarbures, de l'eau contenant des ions métalliques tels que arsenic, le cuivre, le plomb, le cadmium, le fer, le chrome [7-8].

Dans le présent travail, on s'intéresse à la caractérisation des rejets liquides d'une industrie d'emballage en carton. Ceci permettra de choisir le système de traitement le plus approprié.

Nous avons effectué des prélèvements mensuels entre Juin 2012 et Septembre 2013 pour réaliser ces analyses.

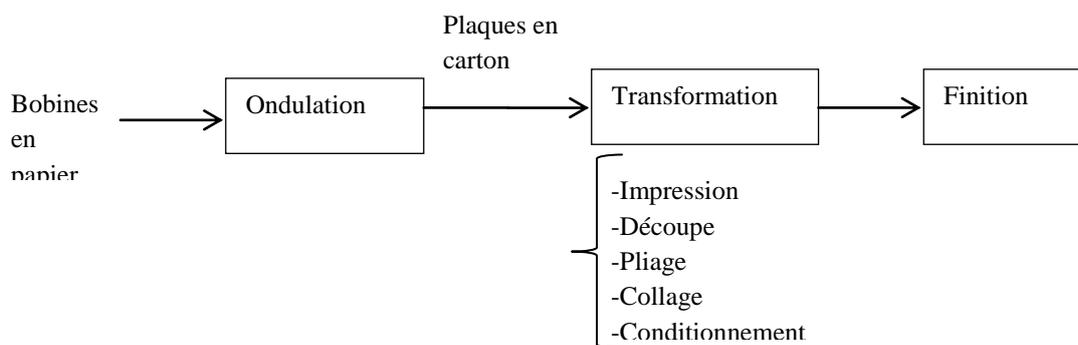
2. Partie expérimentale

2.1 Localisation & Prélèvement

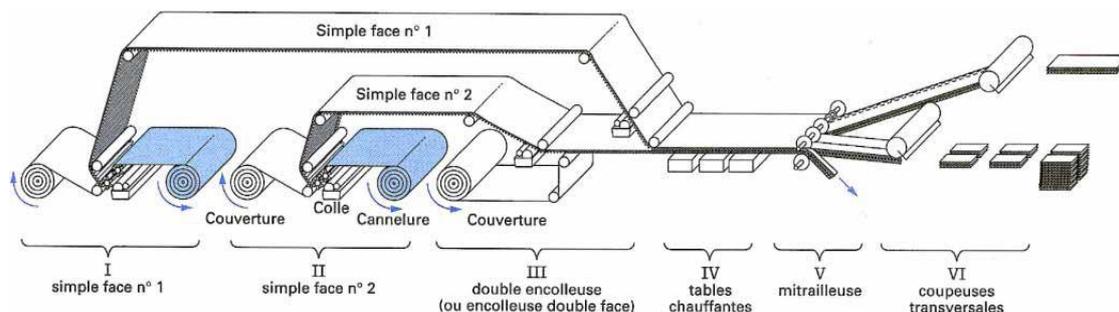
La fabrication des emballages en carton ondulé nécessite les matières premières suivantes :

- Les bobines de papier (papier pour couverture et papier pour cannelure).
- L'amidon de maïs pour la fabrication de la colle utilisée sur la machine d'ondulation.
- L'encre à base d'eau pour imprimer le carton ondulé.

La production se fait en 3 étapes : l'ondulation et la transformation et la finition résumées comme suites :



L'ondulation et la découpe des plaques se fait selon le schéma suivant :



Les plaques sont par la suite imprimées, découpées et assemblées sur des machines de transformation et de finition.

Les industries d'emballage, génèrent plusieurs types des déchets, à savoir des déchets solides, liquides et gazeux [9-10]. L'essentiel de ce travail est dédié aux rejets liquides en vue de l'installation d'une station d'épuration. Les rejets liquides étudiés sont constitués des eaux de lavages des bacs de colle, des bacs d'encre, des clichés et de différentes sections de machines ainsi que des eaux sanitaires.

La vapeur d'eau utilisée dans le processus de chauffage des machines, se refroidit et se condense. Elle est ensuite évacuée via le circuit des eaux usées. Les condensats sont ensuite rejetés dans le réseau d'eaux usées par les canalisations de rejet.

L'eau utilisée est une eau de forage, pompée et acheminée vers :

- ✓ la chaudière pour la production de vapeur, après prétraitement
- ✓ La salle de préparation de la colle à base d'amidon et d'autres adhésifs
- ✓ Les machines pour le nettoyage des cylindres et de l'outillage.
- ✓ Le circuit incendie et le nettoyage des utilités

Ces différentes utilisations génèrent des eaux usées provenant :

- ✓ des purges de condensats au niveau de la chaudière ;
- ✓ du lavage du mélangeur après chaque préparation, et des cuves de colles (surtout en période d'arrêt/ weekend) au niveau de la salle de préparation de la colle;
- ✓ des chutes de colles, du lavage des bacs de colles et des pertes d'eaux de refroidissement des cylindres de colle. Ces eaux sont estimées à 10% de l'eau totale de refroidissement total au niveau de la machine principale;
- ✓ des autres utilisations telles que sanitaire, restauration, autres....

Des prélèvements ont été réalisés conformément à la réglementation marocaine.[3]

Le point où nous avons prélevé les échantillons est un regard situé à l'extérieure de l'usine regroupant l'ensemble des rejets. L'échantillon est un composite préparé à partir d'un échantillonnage asservi au débit sur 24 heures.

2.2 Méthodologie

2.2.1 Mesure du débit

La mesure de débit a été faite sur 24 heure en installant un débitmètre dans le point de prélèvement -Regard - , la mesure a été réalisée à l'aide d'un débitmètre, connecté à une sonde immergeable.

2.2.2 Echantillonnage

Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène pour l'analyse de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO) et les matières en suspension (MES). Ces analyses ont été réalisées au laboratoire en interne de l'entreprise et au Laboratoire des Matériaux d'Electrochimie et d'Environnement à la Faculté des Sciences de Kenitra.

Pour l'analyse des éléments Fe, As, Zn, ainsi que d'autres métaux, des échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en verre de 15ml préalablement stérilisées. Le dosage des différents métaux a été effectué au moyen de la spectroscopie d'absorption atomique.

les échantillons - composites- ont été prélevés en un point du rejet global à l'extérieur de l'usine en respectant le débit global.

Nous avons déterminé la charge polluante des eaux usées en mesurant la DCO, la DBO5, la MES, la conductivité, le pH, la turbidité et la température.

La caractérisation de la pollution organique (M.O) des rejets est définie à partir de la DCO et la DBO5 selon la formule suivante :

$$M.O = ((2 \times DBO5 + DCO))/3 \quad [4-5]$$

Le rapport **DCO/DBO5**, donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné. C'est un indicateur des possibilités d'autoépuration de l'eau [11-12]. On convient généralement sur des limites données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Critères de biodégradabilité d'un effluent.

Rapport DCO/DBO5	Caractère de biodégradabilité
DCO/DBO5 < 2	L'effluent est facilement biodégradable
2 < DCO/DBO5 < 3	L'effluent est biodégradable avec des souches sélectionnées
DCO/DBO5 > 3	L'effluent est difficilement biodégradable

3. Résultats & Discussions

3.1 Résultats

Les analyses ont été effectuées sur la base de la norme marocaine concernant les rejets directs spécifiques à l'industrie en question et sur une période de 16 mois.

Les méthodes d'analyses sont faites en se référant à la méthode Rodier [13] et le guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées [14].

Les résultats des analyses physico-chimiques sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Analyses Physico-chimique des eaux usées

Tolérances Norme Marocaine	Ne pas dépasser +10°C du milieu récepteur	5,5-8,5	---	---	900	200	400
Date de Prélèvement	T°C	pH	Conductivité à 20°C µs/Cm	Turbidité NTU	DCO mgO ₂ /l	DBO ₅ mgO ₂ /l	MES
06-2012	20	6,5	3089	5500	3900	930	5380
07-2012	21	7	3140	5500	3989	943	4631
08-2012	20	7	3078	5478	3950	909	4890
09-2012	20	7	3157	5510	3860	887	4500
10-2012	20	6,65	3120	5589	3800	800	5390
11-2012	21	7	2980	5490	3820	820	4789
12-2012	20	7	3040	5490	3600	825	4698
01-2013	21	7,5	2980	5495	3700	789	4765
02-2013	21	6,5	2900	5478	3580	760	4600
03-2013	21	6,65	2789	5430	3550	790	4630
04-2013	21	7,	2800	5425	3540	756	4670
05-2013	20	7,5	2780	5430	3530	700	4589
06-2013	20	7,5	2600	5450	3520	680	4609
07-2013	20	7	2700	5410	3508	671	4668
08-2013	20	6,5	2420	5400	3494	640	4676
09-2013	21	6,5	2560	5402	3500	654	4700

Les résultats d'analyse des métaux lourds dans les rejets analysés sont réunis dans le tableau 3.

Tableau 3 : Analyse des métaux lourds

Elément dosé	Fe	As	Zn	Cr	Pb	S	Ti
Concentration en mg/l	4,47	≤0,01	0,394	0,054	3,91	1,53	5,82
Valeur tolérée des rejets directs	3	0,1	5	2	5	**	**

3.2 Discussions

3.2.1. Débit

Les mesures du débit ont été enregistrées sur une durée de 48 heures. Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'un débitmètre, connecté à une sonde immergeable.

Les débits minimum, maximum et moyen sont présentés sur les figures 1 et 2;

Les résultats obtenus en deux journées avec un fonctionnement normal sont :

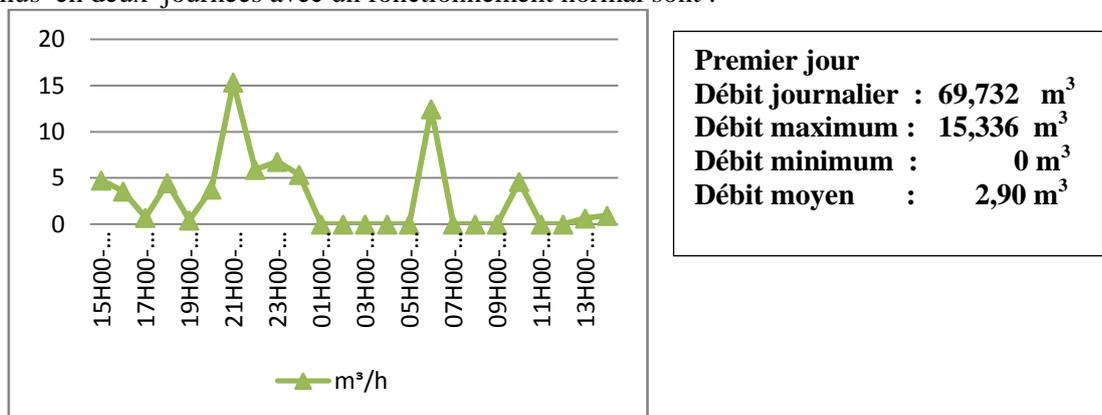


Figure1. Evolution de débit du premier jour en m³/h

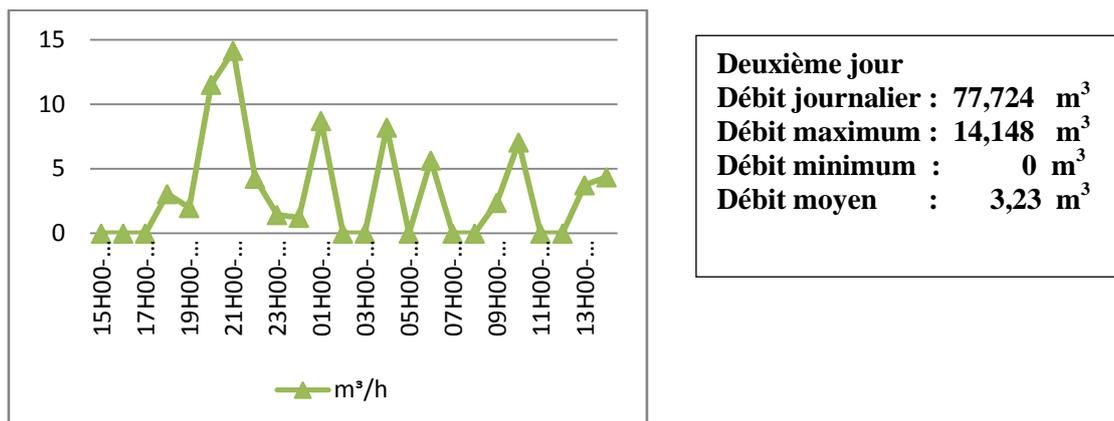


Figure 2. Evolution de débit du deuxième jour en m³/h

Sur les graphiques ci-dessus, on constate une irrégularité qui est due principalement à l'activité de nettoyage qui est souvent effectuée après chaque poste et chaque changement de commande. Le débit moyen journalier est de 73,72 m³.

3.2.2. Température en °C

L'arrêté conjoint n° 1606-6 du 25 juillet 2006 [3] exige une température de prélèvement ne dépassant pas de 10°C celle du milieu récepteur des eaux rejetées.

La région où nous avons pu réaliser ces prélèvements a une température qui varie entre 12 °C en hiver et 25°C en été.

La valeur de la température mesurée au niveau du site de prélèvement est sensiblement constante de valeur 20,5 °C. La figure 3, ci-dessous illustre la mesure de T°C durant la période d'échantillonnage.

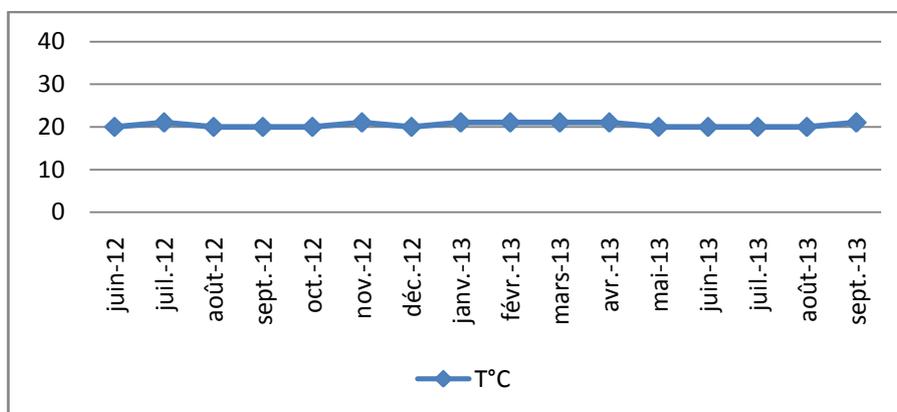


Figure 3. Evolution mensuelle de la température des échantillons étudiés

3.2.3. pH

Le pH des rejets, mesuré durant la période de l'étude a une valeur tolérée par la norme marocaine [15-16]. La valeur moyenne mesurée est de 6,93, le pH trouvé est situé entre 5,5 et 8,5, sachant que si les valeurs trouvées sont inférieures à 5,5 ou supérieure à 8,5, elles peuvent avoir un impact négatif sur la croissance et la survie des microorganismes. La variation du pH est illustrée par la figure 4.

3.2.4. Conductivité

Les valeurs moyennes de la conductivité, enregistrées mensuellement, ont montré une minéralisation plus ou moins importante des eaux usées. Elles varient entre 3157 µs/cm au mois de Septembre 2012 et 2420 µs/cm au mois d'Août 2013;

En général, la conductivité nous permet de montrer la pollution ionique ou salinité. Les valeurs obtenues pour notre cas sont supérieures aux normes exigées pour les rejets directs ou les eaux destinées à l'irrigation [17-18]. Ceci est du à la qualité des eaux de forage qui ont une conductivité élevée. La variation de ce paramètre durant la période étudiée est illustrée par la figure 5.

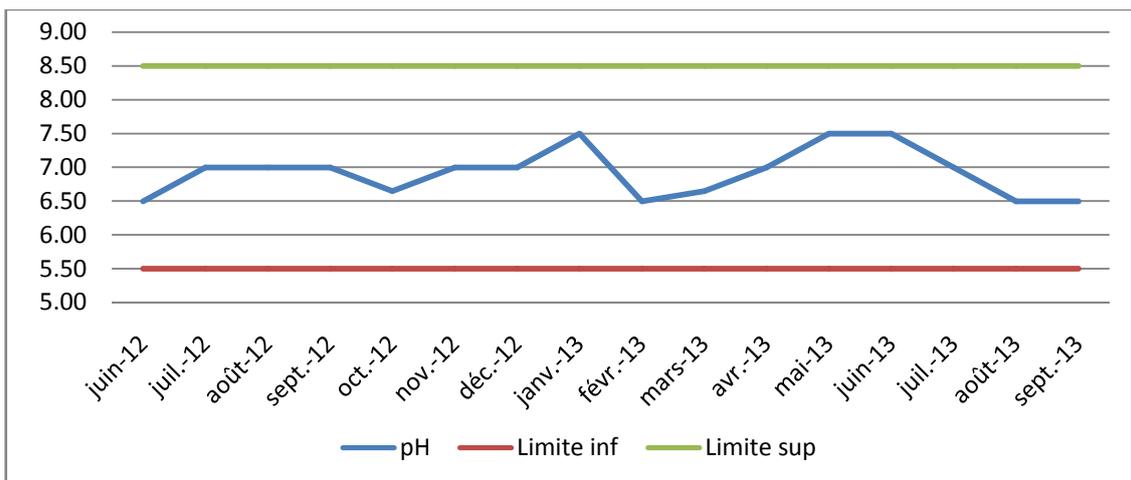


Figure 4. Evolution mensuelle du pH des échantillons étudiés

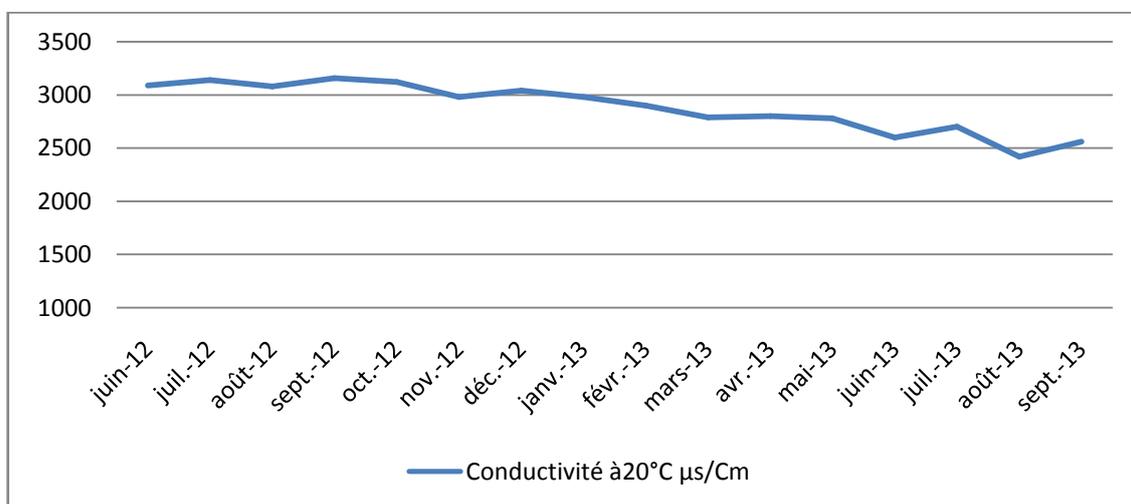


Figure 5. Evolution mensuelle de la conductivité des échantillons étudiés à 20°C µs/Cm

Pour distinguer entre l'apport des procédés industriels et la qualité de l'eau utilisée en amont, nous avons effectué l'analyse de l'eau de forage brute avant toute utilisation. Les valeurs obtenues sont illustrées sur les tableaux ci-dessous :

Tableau 4 : Analyse Physico-chimique de l'eau de forage à l'entrée

Analyse	unités	Résultats	Analyse	unités	Résultats
pH		6,70	Fer	mg/l	0,057
TH total	°f	66,4	Sulfates	mg/l	83,5
TH calcique	°f		Conductivité	micro S	2530
TA	°f	0,0	Résistivité	Ohm/cm	
TAC	°f	31,5	Aspect		Limpide
Chlorures	°f	635 mg/l	Couleur		Incolore
Silice	mg/l	22,7	MES		<1,6
			Turbidité	NTU	1,96

Tableau 5 : Balance Ionique de l'eau de forage

CATIONS			ANIONS		
		Résultat (mg/l)		Résultat (mg/l)	
Calcium	Ca ²⁺	186	Chlorures	Cl ⁻	635
Magnésium	Mg ²⁺	48,6	Sulfates	SO ₄ ²⁻	83,5
Sodium	Na ⁺	284	Carbonates	CO ₃ ²⁻	0
Manganèse	Mn ²⁺	<0,0029	Bi -Carbonates	HCO ₃ ⁻	384
Fer	Fe ³⁺	0,057	Silice	SiO ₂	22,7
Aluminium	Al ³⁺	<0,0047	Nitrates	NO ₃ ⁻	1,52
Ammonium	NH ⁴⁺	0,012	Nitrites	NO ₂ ⁻	<0,004
Potassium	K ⁺	2,10	Fluorure	F ⁻	0,193
Cumul Cations		521	Cumul Anions		1127

Minéralisation totale calculée :	1648	mg/l	
Sels d'acides forts :	98,8	°f	
pH de saturation à 20°C :	0,00		
Indice Langelier à 20°C :	-7,20		
Indice Ryznar à 20°C :	-7,20		

Cette comparaison permet de conclure que la forte salinité des rejets est due essentiellement à la qualité de l'eau de forage et que l'apport des procédés industriels est modéré.

3.2.5. Turbidité & Matière En Suspension

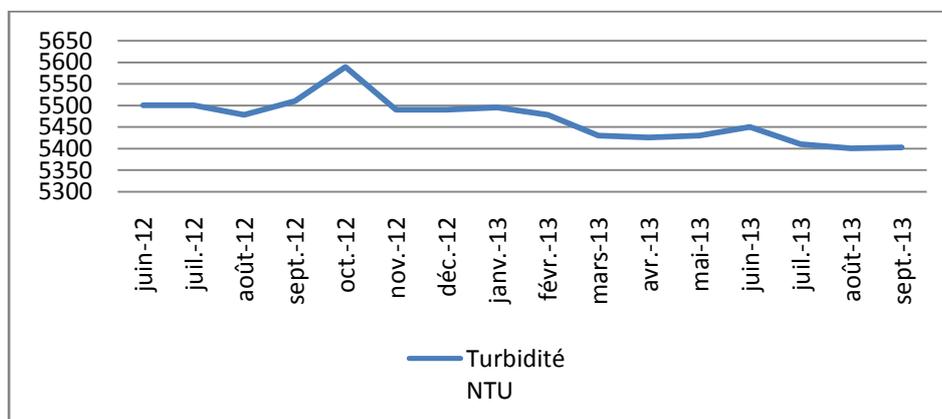


Figure 6. Evolution mensuelle de la Turbidité NTU de l'échantillon étudié

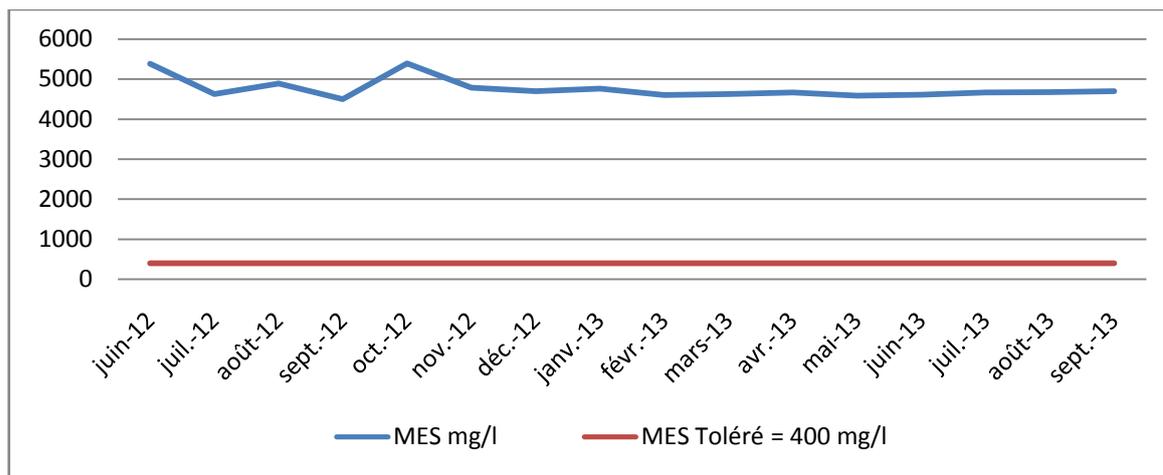


Figure 7. Evolution mensuelle de la Matière en Suspension de l'échantillon étudié

La Turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau, pour le cas de cet industrie, la couleur due au matière organique présente dans les encres d'impression, la graisse et les huiles utilisées dans le procédé et le nettoyage des machines démontre les valeurs trouvées sur le graphique ci-dessous (Figure 6) et qui suit le même profil des MES mesurées.

Les matières en suspension comprennent les matières décantables exprimées en cm^3/l et les matières colloïdales, leurs effets sur les caractéristiques physico-chimique de l'eau sont très néfastes (modification de la turbidité de l'eau et réduction de la pénétration de la lumière).

les MES mesurées pendant la période entre juin 2012 et septembre 2013 ont des concentrations qui varient entre 5390 mg/l en mois d'octobre 2012 et 4500 en mois de Septembre 2012. La figure 7 montre que ces concentrations sont assez élevées et dépassent de loin la valeur tolérée par la norme marocaine [19-20], d'où la nécessité de traitement des effluents analysés.

3.2.6. DBO5 , DCO et métaux lourds

En se référant au tableau des valeurs ci-dessous, nous constatons que les concentrations en As, Zn, Cr, Pb et Ti de l'effluent analysé respectent la norme marocaine des rejets. Cependant le fer [21-22] est en concentration légèrement élevée par rapport à l'arrêté conjoint n°1606-06 du 25 juillet 2006.

La présence du fer dans les eaux usées est associée :

- A la quantité trouvée dans les eaux de forage en amont d'utilisation.
- Au phénomène de corrosion des conduites de retour condensat.
- Aux dalles de forages et/ou puits qui sont colorées en brun/rouille.

Quant aux paramètres DCO, DBO5, les figures 8 et 9 montrent que leurs valeurs dépassent celles prévues par la norme Marocaine [23-24]. Ceci plaide en faveur d'un traitement des effluents industriels.

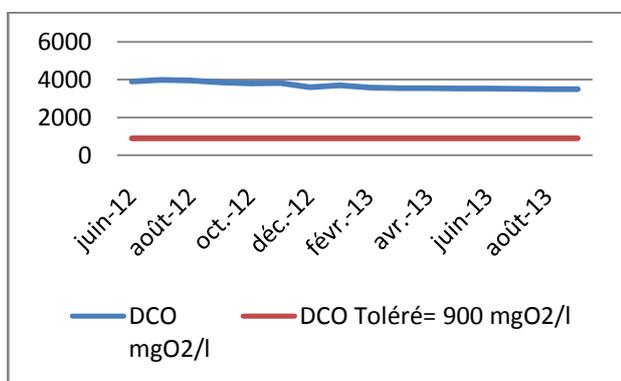


Figure 8. Evolution mensuelle de la DCO

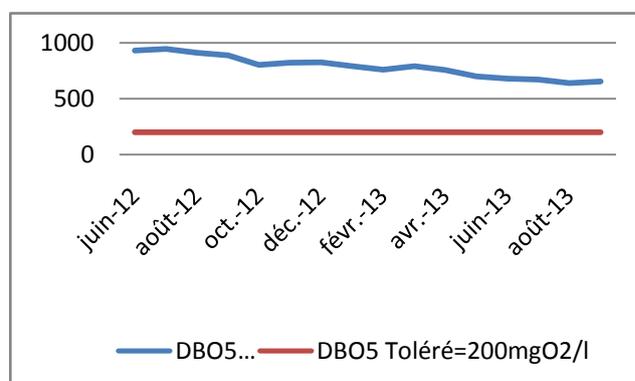


Figure 9. Evolution mensuelle de la DBO5

3.2.7. L'indice de biodégradabilité et la matière organique

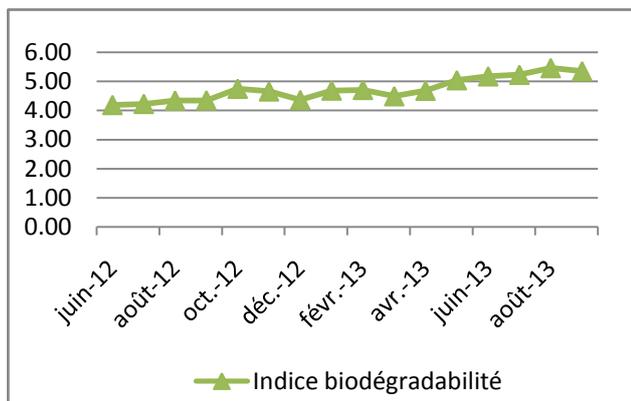


Figure 10. Evolution mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/ DBO₅

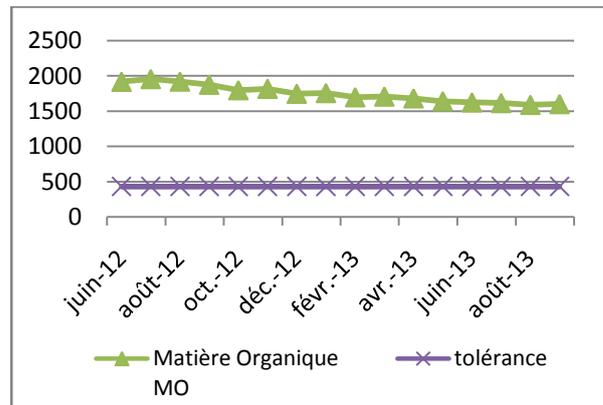


Figure 11. Evolution mensuelle de la matière organique

Les valeurs de DCO et DBO₅ sont supérieures aux normes acceptables pour l'activité de cette industrie. Ceci peut être dû à la matière première utilisée dans la préparation du produit.

L'indice de biodégradabilité (fig10) dépasse légèrement la valeur de 3, seuil limite de biodégradabilité, donc le rejet est difficilement biodégradable.

Comme le montre la figure 11, le rejet est chargé en matière organique. Les valeurs ainsi obtenues sont très élevées comparées à la tolérance. Cette matière organique trouve son origine dans la matière première et les produits de nettoyage et désinfection.

Il est à noter que les pigments contenus dans les encres utilisées au niveau de l'impression sont de type organique sauf l'encre blanche qui, elle, est à base de dioxyde de Titane. Ces encres sont exemptes de métaux lourds comme le précise le fabricant. La nature des constituants de l'effluent permet de prévoir la présence de quantités importantes de matières en suspension, provenant surtout de l'amidon, une grande présence de matières organiques qui se traduit par une forte DCO et éventuellement une forte DBO à cause de l'amidon.

Bien que l'on utilise essentiellement de l'amidon de maïs pour la préparation de la colle, les additifs tels que la soude caustique et le Borax ont des effets écotoxiques notables.

Dans ce travail, nous nous sommes référés aux valeurs limites générales prescrites pour les rejets directs par le comité de normes et standards de la commission de la prévention et de la lutte contre la pollution et des nuisances .

Conclusion

Le suivi et la caractérisation physico-chimique de l'effluent principal étudié montre que ce dernier constitue une des sources de contamination du milieu récepteur.

Un prétraitement des rejets n'est pas toujours suffisant, et laisse souvent un résiduel de pollution capable d'affecter le fonctionnement de l'écosystème naturel du milieu récepteur.

Le rejet analysé est riche en pollution organique cependant les valeurs des concentrations en métaux lourds entrent dans les limites tolérées.

Un suivi régulier des ces sources de pollution est donc nécessaire pour valider un système de traitement.

Tenant compte de ces rejets chargés en matière organique, nous proposons un traitement de nature physico-chimique, se basant sur la floculation-coagulation suivie d'une clarification au charbon actif ou un traitement avec une argile marocaine qui a donné dans des essais au laboratoire des résultats satisfaisants. Les résultats de premier traitement sera une eau clarifiée respectant les normes nationales de rejets directs et une boue d'une siccité supérieure à 30% qui serait soit :

- Incinérer dans les cimenteries.
- Valoriser au niveau du domaine agricole comme un fertilisants.

Le deuxième traitement donne une eau claire respectant toujours les mêmes normes et un résiduel solide d'argile qu'on continue à chercher comment le revaloriser.

Références

1. Filali A., *Bull. Officielle*, N° 4325 (1995) 626.
2. Alifriqui A., www.lemag.ma . (2013) 1.
3. El Yazghi M., Benmoussa C., Mezouar S., *Bull. Officielle*, N° 5448 (2006) 1131.
4. El Yazghi M., Benmoussa C., Mezouar S., *Bull. Officielle*, N° 5440 (2006) 1053.
5. Koller E., Dunod. Paris. Vol. 2. ISBN 978-2100521043. (2009) 1.
6. Commission Juridique et Relations Internationales, Normes et Standard., *Mnst. l'Env.* (1996) 1.
7. Lekhlif B., Ouadrhiri L., Zidane F., Dorgui P., Balais J. F., *J. Mater. Environ. Sci.* Vol 5 (1) (2014) 111.
8. Mahdad T., Lacherai J., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S1) (2014) 2054.
9. Hassoune E., Bouzidi A., Koulali Y., Hadarbach D., *Bull. Inst. Sci.* 1 (2006) 1.
10. Benyakhlef M., Naji S., Belghyti D, El guamri Y., *Science Lib.* 3 (2011) 110707.
11. Rassam A., Chaouch A., Bourkhiss B., Ouhssine M., Lakhli T., Bourkhiss M., El Watik L., *Tech. de Lab.* 7 (2012) 28.
12. Rassam A., Bourkhiss B., Ouhssine M., Bourkhiss M., Lakhli T., El Watik L., Hamid C., *Sci. Lib.* 4 (2012) 121103.
13. Rodier J., Legube B., Merlet N. et Coll., Dunod. Paris. Vol. 9. ISBN 978-2-10-054179-9. (2009) 1.
14. Perera P., B. Baudot., *Off. Inter. Eau. Lxmburg.* ISBN 92-894-1690-4. (2001) 1.
15. IMANOR., *Mnst. Com. & Ind. NM ISO10523* (2001) 1.
16. Peyrat O., AFNOR. NF T 90-008 (2001) 1.
17. IMANOR., *Mnst. Com. & Ind. NM ISO 27888* (2001) 1.
18. Peyrat O., AFNOR. NF EN 27888 (2001) 1.
19. IMANOR., *Mnst. Com. & Ind. NM 03.7.052* (1996) 1.
20. Peyrat O., AFNOR. NF EN 872 (1996) 1.
21. Peyrat O., AFNOR. FD T 90-112 - NF EN ISO 11885 (2009) 1.
22. IMANOR., *Mnst. Com. & Ind. NM ISO 03.7.056* (1997) 1.
23. IMANOR., *Mnst. Com. & Ind. NM 03.7.56* (1988) 1.
24. Peyrat O., AFNOR. NF T 90-101 (1988) 1.

(2015) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>