

ANALYSE DES EFFLUENTS DE DIFFÉRENTS TYPES D'UNITÉS DE RAFFINAGE AU NIVEAU DE LA RAFFINERIE SAMIR (MAROC)

Naoual Kada
Jamila Bahhou

Laboratoire de modélisation des écosystèmes environnementaux (LAMEC),
Faculté des Sciences Dhar Mahraz, Atlas, Fès, Maroc

Abdellatif M'haidra

Raffinerie S.A.M.I.R, Mohammedia, Maroc

Mohamed El Hassouni

Laboratoire de biotechnologie (LB), Faculté des Sciences Dhar Mahraz,
Atlas, Fès, Maroc

Abstract

The SAMIR refinery uses atmospheric distillation and vacuum distillation to treat crude oil. In our work, we first analyzed the composition of the effluents coming from Top1, Top2 and Top3 units that underwent atmospheric distillation and effluents from CHL, U101 and U103 units that underwent the vacuum distillation.

The results we obtained showed that vacuum distillation generates less pollutant than the atmospheric one.

On this basis, we studied the whole effluent treatment system at SAMIR which follows two steps:

- A physicochemical treatment: deoiling, decantation and coagulation-flocculation that allows the decrease of different pollution parameter that goes to 25% for BOD₅, 22% for COD and 58% for the TSS.
- A biological treatment that purifies the resulting effluents of the physicochemical treatment.

The results of the analysis show that the two successive treatments enable the SAMIR to obtain final effluents that are very close to the norms in effect.

Keywords: Refinery, effluents, Physico-chemical, Physico-chemical and biological treatment

Résumé

La raffinerie SAMIR utilise la distillation atmosphérique et la distillation sous vide pour le traitement du pétrole brut. Dans un premier temps, nous avons analysé la composition des effluents provenant des unités Top1, Top2, Top3 pour la distillation atmosphérique, et celle des effluents provenant des unités CHL, U101 et U103, pour la distillation sous vide.

Les résultats obtenus montrent que la distillation sous vide génère moins de pollution que la distillation atmosphérique.

Dans un deuxième temps, nous avons étudié le système global de traitement des effluents de SAMIR qui se déroule en deux étapes :

- Un traitement physico-chimique : déshuilage, décantation et coagulation-floculation, qui permet un abattement des différents paramètres de pollution mesurés allant jusqu'à 25% pour la DBO₅, 22% pour la DCO et 58% pour les MES.
- Un traitement biologique par boues activées qui permet d'épurer les effluents sortants du traitement physico-chimique.

Les résultats obtenus montrent que ces deux traitements successifs permettent d'obtenir des effluents finaux quasi conformes aux normes en vigueur.

Mots clés: Raffinerie, Effluents, Physico-chimie, Traitement physico-chimique et biologique

Introduction

Le raffinage consiste au traitement du pétrole brut à travers un ensemble de procédés en vue d'obtenir des produits finis, tels que les essences, le gasoil 50 ppm, les fuels, les lubrifiants, les bitumes ainsi que les produits intermédiaires (naphta, distillat) répondants aux normes marocaines.

Les raffineries génèrent des effluents liquides fortement chargés en produits organiques toxiques qui ont un effet négatif sur les caractéristiques physiques et chimiques des eaux dans lesquelles ils sont déversés, sur la production phytoplanctonique et sur les populations bactériennes (Le Petit *et al.*; 1977 ; Wake, 2005 ; Alva-Arga'ez *et al.*; 2007).

Les composés identifiés dans les eaux usées des raffineries sont les hydrocarbures aromatiques, les aliphatiques et certains hydrocarbures contenant de l'azote, du soufre et de l'oxygène (Burks, 1982).

Afin d'éviter la pollution des écosystèmes marins et terrestres, les effluents des industries de raffinage doivent subir des traitements avant leur déversement dans le milieu récepteur. Parmi les méthodes de traitement, on trouve la coagulation-floculation (Boaventura *et al.*, 2012), l'oxydation chimique (Abdelwahab *et al.*, 2009, Guo *et al.*, 2010), les techniques biologiques (Abdul Rahman *et al.*, 2004, Bao *et al.*, 2012), en plus des

nouvelles techniques comme l'oxydation à l'air humide catalytique par micro-ondes (Quan *et al.*, 2008).

Dans le but de confirmer le bon fonctionnement de la station d'épuration de la raffinerie SAMIR, le Laboratoire d'Analyses et Modélisation des Ecosystèmes Continentaux (LAMEC) a réalisé en collaboration avec le service (QHSE) de la société SAMIR une étude ayant pour but le suivi de l'évolution de certains paramètres physico-chimiques et de certains indicateurs de pollution au niveau des rejets de la raffinerie avant et après leur entrée dans la station de traitement.

Matériel et méthodes

Description du site

La raffinerie SAMIR est située à la limite ouest de la ville de Mohammedia, au bord de l'océan Atlantique. Sa capacité de raffinage est de 200.000 baril / jour avec une capacité de stockage de 2 millions de mètres cubes. Elle approvisionne 80 à 85% des besoins du marché marocain en produits pétroliers.

Stations de Prélèvement

Neuf stations ont été choisies :

- Sept stations avant traitement : Topping 1 (Top1), Topping 2 (Top2), Topping 3 (Top3), complexe des huiles lubrifiantes (CHL), U101 et U103 (Upgrade) et l'entrée de la station de traitement (ES).
- Une station après traitement physico-chimique : Bassin de traitement biologique (BB).
- Une station après traitement biologique et clarification juste avant le rejet final (SC)

Les stations Top1, Top2, Top3 et CHL sont les fosses de relevage des unités traditionnelles de traitement datant de 1959, alors que les stations U101 et U103 sont les fosses de relevage des unités modernes de traitement ou unités de l'upgrade, mise en service en 2009 (Figure 1).

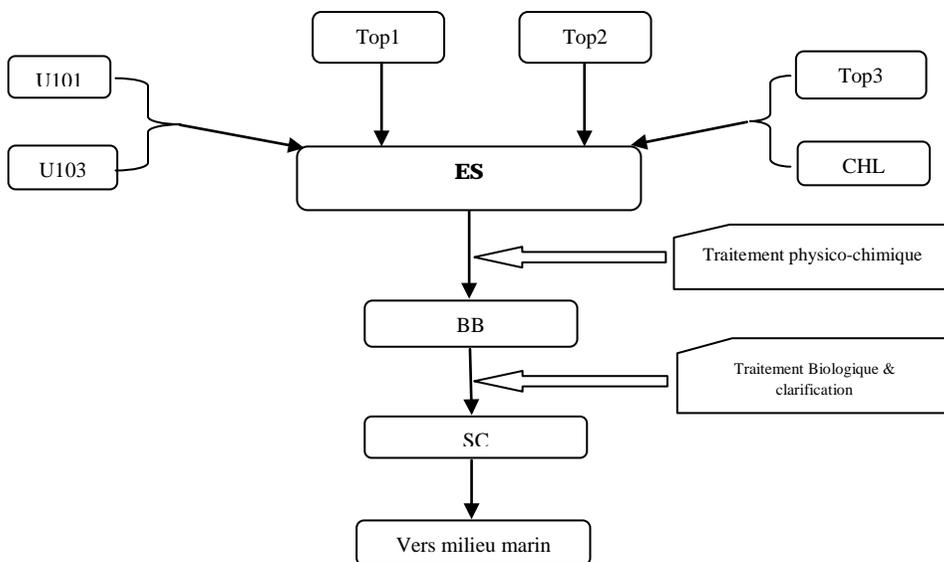


Figure 1 : Les stations de prélèvement

Modalités d'échantillonnage

Les prélèvements ont été effectués mensuellement durant la période qui s'est étalée de janvier 2011 à janvier 2012. Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques ont été prélevés dans des flacons de 1 litre, soigneusement lavés. Ils ont été conservés à 4°C et transportés au laboratoire dans la même journée pour les analyses. Les modalités d'échantillonnage ont été effectuées selon les recommandations de la norme NF T90-201.

Paramètres étudiés

Les paramètres étudiés sont la température (T), le pH, la conductivité électrique (CE), les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO₅), les phénols et les hydrocarbures totaux (HC).

Paramètres physiques

La température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre ASTM 5C.

La conductivité électrique a été mesurée par un conductimètre de type Hach Sension 7.

Les MES ont été déterminées en filtrant 100 ml d'eau à analyser à travers un filtre de porosité 47µm, le filtre est séché à 105°C pendant 2 heures. La quantité de MES est obtenue par la différence du poids du filtre avant et après séchage (NF T 90-202).

Paramètres chimiques

La mesure du pH a été réalisée à l'aide d'un pH-mètre de type Oakton-Metrohm doté d'une électrode en verre.

La DCO est basée sur l'oxydation des matières organiques par un excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$), en milieu acide et à ébullition, en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure selon la norme (NF T90-101). La DCO est mesurée par un spectrophotomètre de type DR 2800.

La DBO_5 a été mesurée à l'aide d'une Thermoregulatrice Aqualytic (BOD) Trak Hach. La mesure de la DBO_5 est obtenue après 5 jours d'incubation à 20°C à l'obscurité (NF EN 1899-2).

Le dosage des phénols a été réalisé par double distillation de 500 ml de l'échantillon. Le distillat est ensuite transféré sur un système de dosage automatisé, 50 ml du distillat est prélevé puis mélangé avec un tampon alcalin de ferricyanure de potassium et avec une solution d'amino-4-antipyrine pour former un complexe coloré. L'absorbance de la solution est déterminé à 510 nm au spectrophotomètre de type DR 2800 (NF T90-204).

L'extraction des hydrocarbures totaux a été faite par le tétrachlorure de carbone en milieu acide. La séparation des hydrocarbures des autres matières organiques a été réalisée par chromatographie sur colonne garnie d'un agent absorbant. Le dosage est réalisé par spectrophotomètre infrarouge ALFA BRUKER à la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption (420 nm) (NF T90-203).

Résultats

Les résultats des différents paramètres étudiés sont exprimés en moyennes annuelles et sont représentés sur les figures 2, 3 et 4.

Les valeurs maximales, minimales et la moyenne annuelle sont présentées dans les tableaux I, II, III et IV.

Température

Avant traitement, la valeur moyenne annuelle la plus élevée ($72,37 \pm 1,94^\circ C$) est enregistrée au niveau des stations U101 et U103 (Figure 2A). Après traitement, la température diminue et atteint $26,75 \pm 5,18^\circ C$, enregistré au niveau de la station SC (Figure 2B). Cette diminution de la température montre que le circuit de traitement permet un refroidissement des eaux résiduaires avant leur rejet dans le milieu récepteur en respectant les normes marocaines (Tableau V).

Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique montrent des variations très importantes.

Avant traitement, la valeur moyenne annuelle la plus élevée est de $66,41 \pm 8,02 \mu\text{S.cm}^{-1}$, enregistrée au niveau des stations U101 et U103 (Figure 2C). Par contre, on remarque que la plupart des stations, autres que les stations de l'Upgrade (U101 et U103), présentent des valeurs très faibles (2 à $19,5 \mu\text{S.cm}^{-1}$) (Tableau I).

Or, après traitement, les valeurs de la conductivité augmentent significativement. La valeur moyenne annuelle la plus élevée ($2030 \pm 175,75 \mu\text{S.cm}^{-1}$) est enregistrée au niveau de la station SC (Figure 2D).

Matières en suspension

Avant traitement, les résultats de la matière en suspension montrent une valeur moyenne annuelle de $222 \pm 86,69 \text{mg.L}^{-1}$, enregistrée au niveau de la station ES (Figure 2E). Après traitement, cette valeur baisse jusqu'à $75,91 \pm 35,13 \text{mg.L}^{-1}$ dans la station SC (Figure 2F). De la même manière que les autres paramètres, les deux stations de l'upgrade (U101 et U103), présentent des concentrations faibles par rapport aux autres stations de prélèvement.

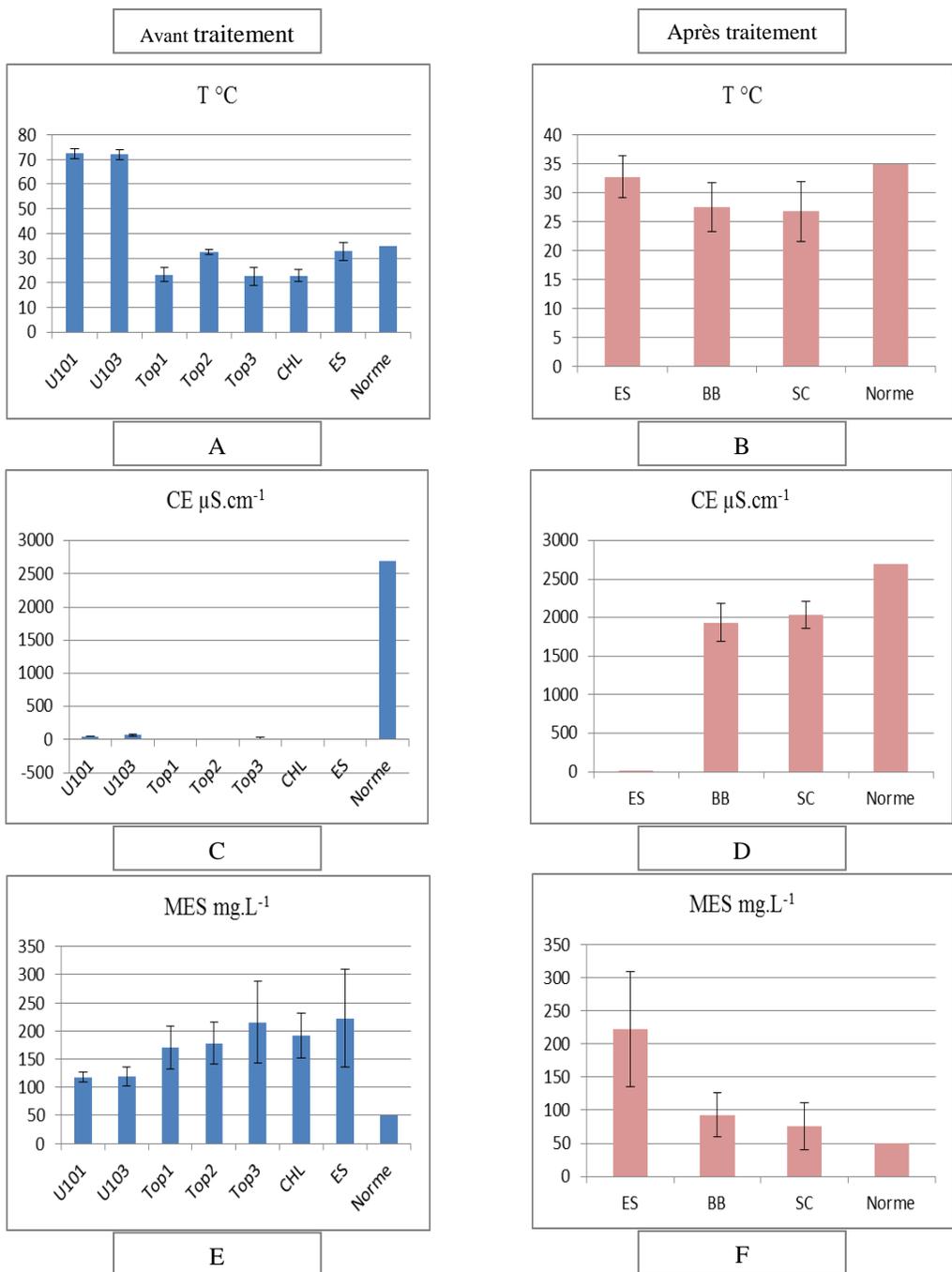


Figure 2 : Evolution spatio-temporelle de la température, de la conductivité électrique et des MES, avant traitement (A, C et E) et après traitement (B, D et F).

Tableau I : Valeurs minimales, maximales et moyennes annuelles de la température, de la conductivité électrique et des MES (avant traitement).

Stations	T°C	CE	MES
U101	Min =70,2 Max =75,9 E. type=1,94 Moy =72,37	Min=48 Max=53 E. type=1,78 Moy=50,5	Min=100 Max=135 E. type=9,33 Moy=117,91
U103	Min =70 Max =75,2 E. type=1,91 Moy=72,033	Min=55 Max=77 E. type=8,02 Moy=66,41	Min=100 Max=150 E. type=16,82 Moy=118,16
Top1	Min =20 Max = 30 E. type=2,85 Moy=23,16	Min=0 Max=16 E. type=6,01 Moy=6	Min=109 Max=221 E. type=37,54 Moy=170,33
Top2	Min =30 Max =34 E. type=1,13 Moy=32,4	Min=0 Max=12 E. type=4,16 Moy=2,58	Min=110 Max=220 E. type=37,10 Moy=177,75
Top3	Min =18 Max =30,8 E. type=3,63 Moy=22,65	Min=8 Max=34 E. type=9,37 Moy=19,5	Min=106 Max=302 E. type=72,70 Moy=215
CHL	Min =20 Max =27 E. type=2,41 Moy=22,75	Min=7 Max=14 E. type=2,10 Moy=10,33	Min=115 Max=235 E. type=40,45 Moy=191,58
ES	Min =28 Max =39 E. type=3,67 Moy=32,75	Min=2 Max=12 E. type=3,50 Moy=6,58	Min=145 Max=480 E. type=86,69 Moy=222

Tab. II : Valeurs minimales, maximales et moyennes annuelles de la température, de la conductivité électrique et des MES (après traitement).

Stations	T°C	CE	MES
BB	Min =19.5 Max =34,5 E. type=4,26 Moy=27,46	Min=1600 Max=2400 E. type=243,73 Moy=1935,83	Min=48 Max=160 E. type=33,40 Moy=93
SC	Min =18 Max =34 E. type=5,18 Moy=26,75	Min=1802 Max=2300 E. type=175,75 Moy=2030,75	Min=37 Max=156 E. type=35,13 Moy=75,91

pH

La valeur moyenne annuelle de pH la plus élevée est de $7,53 \pm 0,67$, enregistrée au niveau de la station ES, station située avant traitement (Figure 3A). Après traitement, le maximum ($7,005 \pm 0,37$) est enregistré au niveau

de la station SC (Figure 3B). D'une manière globale, 58% des échantillons présentent un pH inférieur à 7, le reste présente un pH basique. Les résultats du pH peuvent être expliqués par la nature de la charge des rejets qui provient des unités de raffinage. On note aussi que le circuit permet l'équilibre du pH entre 6 et 8 (Tableau III et IV).

Demande chimique en oxygène

Avant traitement, les valeurs de la DCO sont élevées (Tableau III). La valeur moyenne annuelle la plus importante est de $456,5 \pm 63,59 \text{ mg.L}^{-1}$, enregistrée au niveau de la station CHL (Figure. 3C). Concernant les stations U101 et U103, on remarque que les valeurs de la DCO sont faibles par rapport aux autres stations de la raffinerie.

Après traitement, la valeur moyenne annuelle de la DCO baisse à $239,66 \pm 75,79 \text{ mg.L}^{-1}$, valeur enregistrée au niveau de la station SC (Figure. 3D). Cette valeur est légèrement supérieure à la valeur admissible par la norme marocaine qui est de 200 mg.L^{-1} (Tableau V). Les traitements physico-chimique et biologique ont permis d'obtenir un taux d'abattement de 37,7% de la DCO.

Demande biologique en oxygène

Avant traitement, la valeur moyenne annuelle la plus élevée de la DBO est de $116,75 \pm 45,60 \text{ mg.L}^{-1}$. Elle a été enregistrée au niveau de la station CHL (Figure 3E). Alors que les valeurs de la DBO des stations U101 et U103 sont faibles par rapport aux autres sites.

Après traitement la valeur moyenne enregistrée est de $64,91 \pm 20,46 \text{ mg.L}^{-1}$ au niveau de la station SC (Fig. 3F), ce qui correspond à un taux d'abattement de la DBO de 54,4%. On remarque que la DBO, après traitement, diminue mais reste légèrement supérieure à la norme marocaine (60 mg.L^{-1}) (Tableau V).

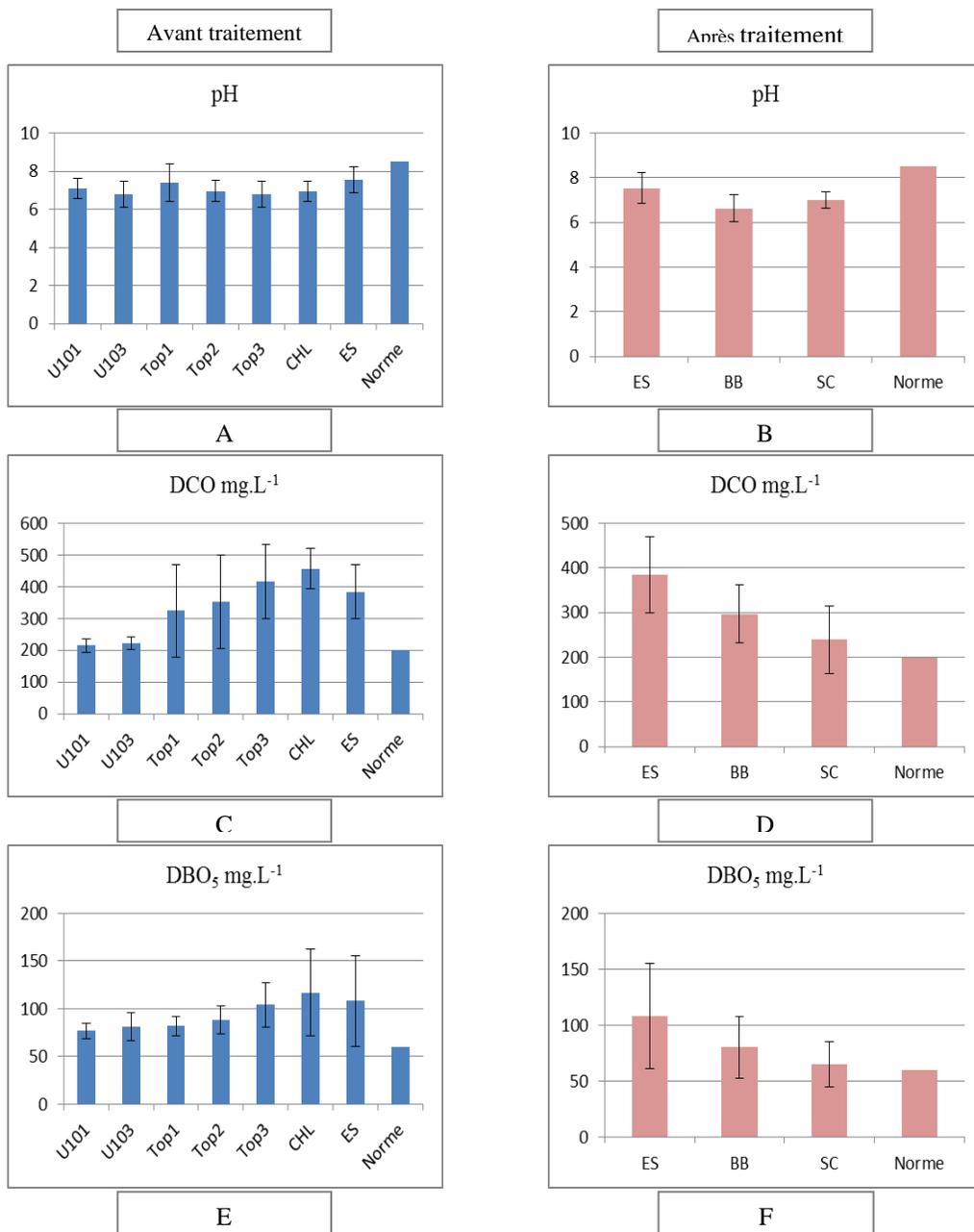


Figure 3 : Evolution spatio-temporelle du pH, de la DCO et du DBO₅, avant traitement (A, C et E) et après traitement (B, D et F).

Phénols

D'une manière générale, l'évolution des valeurs des phénols est irrégulière et fluctue d'une station à l'autre et durant toute l'année.

Pour la majorité des prélèvements, les valeurs moyennes annuelles observées avant traitement dépassent 1 mg.L⁻¹, valeur requise par les normes marocaines. La valeur moyenne annuelle la plus élevée est de 1,70 ± 0,11 mg.L⁻¹. Elle a été enregistrée au niveau de la station Top3 (Fig. 4A). Après traitement, la valeur baisse et atteint 0,84 ± 0,37 mg.L⁻¹ au niveau de la station SC (Fig. 4B). Comme pour les autres paramètres, là aussi on constate que les phénols présentent des concentrations faibles au niveau de la station U101 et U103.

Hydrocarbures totaux

Avant traitement, la valeur moyenne la plus élevée des hydrocarbures est de 40,83 ± 6,88 mg.L⁻¹, enregistrée au niveau de la station ES (Figure 4C). Les valeurs les plus faibles sont enregistrées au niveau des deux stations de l'Upgrade ; U101 et U103.

Après traitement, cette valeur diminue au niveau de la station SC et atteint 17,41 ± 5,38 mg.L⁻¹ (Fig. 4D). Cette valeur est au dessous de la limite requise par les normes marocaines, qui est de 20 mg.L⁻¹ (Tableau V).

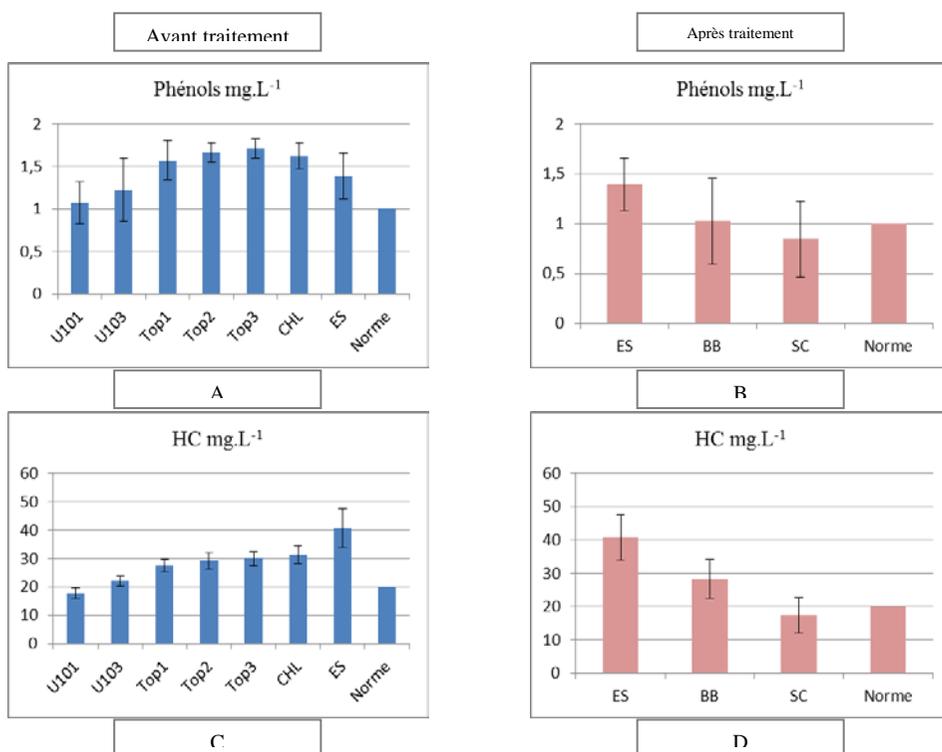


Fig. 4 : Evolution spatio-temporelle des phénols et des hydrocarbures avant traitement (A et C) et après traitement (B, D).

Tab. III : Valeurs minimales, maximales et moyennes annuelles du pH, DCO, DBO₅, des phénols et des hydrocarbures (avant traitement).

Stations	pH	DCO	DBO ₅	phénols	HC
U101	Min=6,14 Max=7,7 E. type=0,53 Moy=7,11	Min=180 Max=245 E. type=20,28 Moy=214,75	Min=70 Max=95 E. type= 8,24 Moy=76,66	Min=0,7 Max=1,5 E. type=0,24 Moy=1,07	Min=15 Max=20 E. type=1,91 Moy=17,5
U103	Min=6 Max=8,37 E. type=0,69 Moy=6,80	Min=200 Max=260 E. type=19,59 Moy=220,83	Min=67 Max=120 E. type=14,62 Moy=80,91	Min=0,5 Max=1,9 E. type=0,36 Moy=1,22	Min=20 Max=25 E. type=1,83 Moy=22,8
Top1	Min=6,3 Max=10 E. type=0,96 Moy=7,40	Min=178 Max=580 E. type=145,60 Moy=325,08	Min=66 Max=100 E. type=10,39 Moy=81,83	Min=1,2 Max=1,9 E. type=0,23 Moy=1,57	Min=24 Max=31 E. type=2,19 Moy=27,58
Top2	Min=5,99 Max=7,8 E. type=0,55 Moy=6,95	Min=210 Max=600 E. type=147,89 Moy=353,5	Min=70 Max=120 E. type=14,58 Moy=88,5	Min=1,5 Max=1,8 E. type=0,11 Moy=1,66	Min=24 Max=36 E. type=2,89 Moy=29,25
Top3	Min=5,65 Max=7,8 E. type=0,68 Moy=6,80	Min=271 Max=648 E. type=117,51 Moy=416,5	Min=80 Max=150 E. type=23,56 Moy=103,91	Min=1,5 Max=1,9 E. type=0,11 Moy=1,70	Min=25 Max=33 E. type=2,41 Moy=30
CHL	Min=5,92 Max=7,8 E. type=0,53 Moy=6,92	Min=398 Max=591 E. type=63,59 Moy=456,5	Min=75 Max=210 E. type=45,60 Moy=116,75	Min=1,4 Max=1,9 E. type=0,15 Moy=1,62	Min=27 Max=39 E. type=3,23 Moy=31,41
ES	Min=6,3 Max=8,5 E. type=0,67 Moy=7,53	Min=300 Max=580 E. type=85,69 Moy=384,58	Min=68 Max=210 E. type=47,44 Moy=108,08	Min=1,15 Max=1,99 E. type=0,26 Moy=1,39	Min=30 Max=55 E. type=6,88 Moy=40,83

Tab IV : Valeurs minimales, maximales et moyennes annuelles des pH, DCO, DBO₅, des phénols et des hydrocarbures (après traitement).

Stations	pH	DCO	DBO ₅	phénols	HC
BB	Min=6 Max=7,53 E. type=0,61 Moy=6,63	Min=200 Max=420 E. type=63,77 Moy=297,25	Min=51 Max=150 E. type=27,55 Moy=80,16	Min=0,15 Max=1,67 E. type=0,43 Moy=1,02	Min=21 Max=40 E. type=5,78 Moy=28,25
SC	Min=6,4 Max=7,87 E. type=0,37 Moy=7,005	Min=126 Max=380 E. type=75,79 Moy=239,66	Min=37 Max=102 E. type=20,46 Moy=64,91	Min=0,06 Max=1,46 E. type=0,37 Moy=0,84	Min=12 Max=29 E. type=5,38 Moy=17,41

Tab. V : Valeurs limites spécifiques de rejet applicables aux déversements des raffineries de pétrole au Maroc. (Décret n° 2-04-553 du 13 Hija 1425 (24 janvier 2005)).

Paramètres	Valeurs limites
T°C	35
Conductivité ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	2700
MES (mg.L^{-1})	50
pH	5.5-8.5
DCO (mg.L^{-1})	200
DBO (mg.L^{-1})	60
Phénols (mg.L^{-1})	1
HC (mg.L^{-1})	20

Tab. VI : Valeurs du rapport DBO_5/DCO

	Jan vier	Fév rier	M ars	Av ril	M ai	Ju in	juil let	Ao ût	Septe mbre	Octo bre	Nov e mbre	Déce mbre
DBO_5 (ES)	68	68	75	100	110	210	200	101	95	100	75	95
DCO (ES)	408	310	322	385	390	580	460	476	362	312	310	300
DBO_5/DCO	0.16	0.21	0.23	0.25	0.28	0.36	0.43	0.21	0.26	0.32	0.24	0.31

Discussion

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'une collaboration entre le service (QHSE) de la SAMIR et le laboratoire LAMEC. L'objectif de l'étude est d'une part d'analyser les origines des polluants qui arrivent à la station de traitement et d'autre part de vérifier l'efficacité du traitement des effluents dans un souci d'optimiser ce dernier.

La stratégie adoptée est la suivante :

- Analyser les rejets de six unités de traitement afin de comprendre l'impact de chacune sur les rejets collectés au niveau du bassin collecteur ES pour le traitement.
- Evaluer l'efficacité du traitement physico-chimique.
- Evaluer l'efficacité du traitement biologique.

Nous avons choisi de mesurer les paramètres généraux utilisés couramment pour l'évaluation de la qualité des eaux usées (Température, pH, CE, DCO, DBO_5 et MES), et des paramètres spécifiques aux raffineries (phénols et hydrocarbures).

En ce qui concerne la température et le pH, on remarque que les effluents collectés au niveau de ES enregistrent des valeurs conformes à la norme. Cependant, l'analyse individuelle des rejets des six unités de traitement montre par exemple que les effluents de U101 et U103, possèdent une température particulièrement élevée (75°C) de même que les effluents de Top1 par exemple qui enregistrent un pH maximal de 10. Ceci signifie que le

système de collecte des effluents permet un ajustement de la température et du pH, de telle sorte qu'il n'ait pas de perturbation de la station de traitement. Les résultats sont en concordance avec les travaux d'Al Zarooni et Elshorbagy, (2006) qui montrent que le fait de mélanger les effluents de différentes unités de raffinage permet un certain réajustement des valeurs extrêmes vers des valeurs intermédiaires. Des résultats similaires ont été obtenus avec la CE.

En ce qui concerne la DBO₅, la DCO et les MES, les résultats obtenus montrent que les effluents collectés au niveau de ES enregistrent des valeurs élevées, de l'ordre du double de la norme pour la DBO₅ et la DCO et du quadruple pour les MES.

L'analyse individuelle des rejets de chacune des six unités de raffinage montre que cet excès de DBO₅, de DCO et de MES est un phénomène partagé par toutes les unités. Cependant, on signale que les valeurs de U101 et U103 sont largement plus faibles que celles des autres unités.

Cette différence est probablement à mettre sur le compte de la vétusté de ces unités par rapport aux unités U101 et U103. Des résultats similaires ont été décrits par Belhaj *et al.*, 2000 et 2002; Al Zarooni et Elshorbagy, 2006. Cet excès de DBO₅, DCO et MES représente un défi pour la station de traitement.

L'analyse des résultats obtenus après traitement physico-chimique montre une réduction de l'ordre de 25% pour la DBO₅, 22% pour la DCO et 58% pour les MES.

Bien que consistante, cette réduction ne permet pas aux rejets d'être à la norme (Décret n° 2-04-553 24 janvier 2005). D'où l'intérêt d'un traitement biologique supplémentaire. En effet, ce dernier donne une réduction supplémentaire de 54% pour la DBO₅, de 37% pour la DCO et de 65,8% pour les MES.

Le rejet final après traitement mesuré au niveau du point de prélèvement SC donne alors les valeurs légèrement supérieures 15 à 20% de plus par rapport à la norme.

Ainsi, le traitement physico-chimique suivi du traitement biologique permet de passer d'un excès de 200 à 400% par rapport à la norme à un excès de 15 à 20%. Ceci témoigne de l'efficacité de ces traitements et montre qu'un effort doit être déployé pour ramener ces trois paramètres à la norme.

Les valeurs du rapport DBO₅/DCO sont comprises entre 0,16 et 0,43 avec une moyenne de 0,27. Cette moyenne signifie que les eaux de la station sont traitables au moyen des souches microbiennes sélectionnées.

En ce qui concerne les polluants spécifiques de la raffinerie qui sont les phénols et les hydrocarbures (HC), on note que les valeurs au niveau de ES sont égales à 150% à 200% des valeurs de la norme. Encore une fois, on

remarque que les unités U101 et U103 rejettent moins de phénols et d'hydrocarbures que les autres unités. Ce qui confirme que la modernité de ces deux unités permet moins de rejets polluants (Vandecasteele, 2005).

Le traitement physico-chimique permet de réduire cet excès de phénols et d'hydrocarbures de telle sorte que les valeurs enregistrées se rapprochent de la norme. Le traitement biologique permet d'obtenir une réduction supplémentaire des phénols et des hydrocarbures, ce qui donne des valeurs inférieures à la norme (Basheer *et al.*, 2011).

Conclusion

Cette étude permet de considérer que le système de collecte des effluents des différentes activités de raffinage au bassin ES suivi par le traitement physico-chimique et biologique est efficace. Cependant, une optimisation de ce système s'impose afin d'arriver à des résultats encore plus performants. Cette optimisation peut se faire soit (i) en amont du bassin ES, en agissant sur chaque activité de l'usine, comme par exemple en essayant de maximiser les récupérations d'hydrocarbures ou (ii) en aval du point ES, au niveau du traitement physico-chimique par augmentation des capacités du matériel et au niveau du traitement biologique par sélection et enrichissement des boues activées par des souches microbiennes de plus en plus performantes.

Remerciements

Je remercie toutes les personnes qui ont aidé à la réalisation de ce travail : personnel de la SAMIR, équipe du laboratoire LAMEC et laboratoire LB.

Références:

- Abdelwahab O., Amin N.K. et El-Ashtoukhy E-S.Z., 2009. Electrochemical removal of phenol from oil refinery wastewater. *J. Hazard. Mater.*, 163, 711–716.
- Abdul Rahman R. N. Z., Mohamad Ghazali F., Salleh A. B. et Basri M., 2004. Biodegradation of hydrocarbons in soil by microbial consortium. *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, 54, 61-67.
- AFNOR, 1999. Produits pétroliers. Tome 2, Méthodes d'essai générales et particulières. AFNOR, Paris, 527p.
- Alva-Argaez A., Kokossis A.C. et Smith R., 2007. The design of water-using systems in petroleum refining using water-pinch decomposition. *Chem. Eng., J.* 128, 33–46.
- Al Zarooni M. et Elshorbagy W., 2006. Characterization and assessment of Al Ruwais refinery wastewater. *J. Hazard. Mater.*, A136 398–405.

- Basheer H. D., Wan M. A. W. D. et Abdul Aziz A. R., 2011. Treatment technologies for petroleum refinery effluents: A review. *Process Saf. Environ. Prot.*, 89, 95-105.
- Bao M-t., Wang L-n., Sun P-y., Cao L-x., Zou J. et Li Y-m., 2012. Biodegradation of crude oil using an efficient microbial consortium in a simulated marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 64, 1177–1185.
- Belhaj A., Elmerich C., Ismaili M., Zouhid M., Hajjam Z., Assafi M. et collaoui M. A., 2000. Bacilles à gram positif : Identification et potentiel de biodégradation des hydrocarbures. *Biol infectiol.*, Tome VI (1).
- Belhaj A., Elmerich C., Ismaili M., Zouhid M. et collaoui M. A., 2002. Potentiel de biodégradation de corynébactéries isolées d'une zone polluée par les hydrocarbures du pétrole. *Actes Inst. Agron. Vet.*, 22, 71-77.
- Boaventura R. A. R., Santo C. E., Vilar V. J. P., Botelho C. M. S., Bhatnagar A. et Kumar E., 2012. Optimisation of coagulation-flocculation and flotation parameters for the treatment of a petroleum refinery effluent from a Portuguese plant. *Chem. Eng. J.*, 183, 117-123.
- Burks S. L., 1982. Review of pollutants in petroleum refinery wastewaters and effect upon aquatic organisms. *Environ. Int.*, 7, 271-283.
- Guo S., Wei L., Yan G., Chen C. et Jiang X., 2010. Electrochemical pretreatment of heavy oil refinery wastewater using a three-dimensional electrode reactor. *Electrochim. Acta.*, 55, 8615–8620.
- Le Petit J., N'guyen M.-H. et Tagger S., 1977. Quelques données sur l'écologie d'une zone marine littorale recevant les rejets d'une raffinerie de pétrole. *Environ. Pollut.*, 13, 41-56.
- Projet en cours du Décret n° 2-04-553 du 13 Hija 1425 (24 janvier 2005). selon le Ministre de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, du Ministre de l'Industrie, du Commerce et de la Mise à Niveau de l'Economie et du Ministre de l'Energie et des Mines portant fixation des valeurs limites spécifiques de rejet des raffineries de pétrole.
- Quan X., Sun Y. et Zhang Y., 2008. Treatment of petroleum refinery wastewater by microwave-assisted catalytic wet air oxidation under low temperature and low pressure. *Sep. Purif. Technol.*, 62, 565–570.
- Vandecasteele J. P., 2005. Traitements biologiques de dépollution. *In* : Ballerini D., Dalmazzone C. et Ropars M., *Microbiologie pétrolière*, Technip, Paris, 591-627.
- Wake H., 2005. Oil refineries: a review of their ecological impacts on the aquatic environment. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 62 (2005) 131–140