

Étude de la performance de la STEP du centre emplisseur de la société Salam Gaz – Skhirat, Maroc

Iman CHAOUKI^{1*}, Latifa MOUHIR¹, Salah SOUABI¹, Mohammed FEKHAOU²
et Abdellah EL ABIDI³

¹ Université Hassan II, Faculté des Sciences et Techniques Mohammedia, Génie des Procédés et Environnement, BP 146 Mohammadia, Maroc

² Université Mohammed V-Agdal, Institut Scientifique, Département de Zoologie et Ecologie Animale, BP 703 Agdal, Rabat, Maroc

³ Institut National d'Hygiène, Laboratoire d'hydrobiologie-hygiène industrielle et environnementale, Av. Ibn Battouta Agdal, Rabat, Maroc

* Correspondance, courriel : imano987@gmail.com

Résumé

Le présent travail a pour but de vérifier l'efficacité du fonctionnement de la STEP de la société Salam Gaz. Les eaux traitées sont réutilisées durant le procédé de production de la société. Les résultats de la caractérisation physicochimique des eaux usées brutes ont montré que les paramètres analysés dépassent les valeurs limites de rejets directes ou indirectes. Les valeurs moyennes en MES, DBO5 et DCO de l'eau brute sont respectivement 3429, 447 et 698 mg/L. Les rendements d'éliminations des paramètres MES, DCO et DBO5 par la STEP sont respectivement 99%, 86%, et 84% alors que l'abattement de la teneur en chrome, cuivre, cadmium et plomb dépasse 90%. Ceci montre que la STEP fonctionne correctement. Toutefois, des améliorations sont nécessaires pour améliorer d'avantages la performance de la STEP. En outre, les eaux usées épurées ont montré un pH acide variant autour de 5 ce qui nécessite une optimisation de la dose du coagulant injecté et une neutralisation avant rejet des eaux traitées dans le milieu récepteur.

Mots-clés : *eaux usées, diagnostic, performances, recyclage, Salam Gaz – Skhirat, Maroc.*

Abstract

Study of the performance of the WWTP filling station company Salam Gas - Skhirat Morocco

The present work designed to verify the operating effectiveness of society Step Salam Gas. The treated water is reused in the production process of the company. The characterization results at selected tapping points show that the majority of the analyzed parameters exceed the limit values for discharges. The mean values of TSS, BOD5 and COD of raw water are respectively 3429, 447 and 698 mg/l. Yields eliminations parameters TSS, COD and BOD5 by STEP are respectively 99%, 86% and 84% while the reduction of chromium, copper, cadmium and lead in excess of 90%. This shows that STEP is working properly. However, improvements are needed to improve the performance benefits of STEP. In addition, the treated wastewater showed an acidic pH ranging around 5 which requires an optimization of the dose of coagulant injection and neutralization prior to discharge treated wastewater into the receiving environment.

Keywords : *Wastewater, diagnostic, performance, recycling performance, Salam Gaz – Skhirat, Morocco.*

1. Introduction

La protection de l'environnement est depuis longtemps devenue un enjeu économique et politique majeur. Parmi les priorités figure la sauvegarde des ressources en eau. L'eau est nécessaire à la vie et à l'activité humaine mais la demande en eau n'est pas uniforme d'une région du globe à l'autre et la disponibilité des ressources encore moins [1]. L'environnement au Maroc comme tous les pays en voie de développement est soumis à de très fortes pressions dues, notamment, à la croissance démographique, à l'urbanisation et aux besoins générés par le développement économique. Le coût de la dégradation de l'environnement représente annuellement près de 20 milliards de Dirhams soit environ 8,2 % du PIB national [2]. Le rejet direct d'eaux usées industrielles dans le milieu naturel constitue un effet néfaste sur l'environnement. Au pays en voie de développement comme le Maroc, les effluents industriels sont versés dans les réseaux d'assainissements sans aucun traitement préalable à cause de l'absence d'une politique environnementale et du manque de la planification et la divulgation des pratiques irresponsables.

Ces effluents représentent un danger pour la santé humaine et la contamination du milieu marin, d'eau douce des rivières, des lacs et une pollution des eaux souterraines [3], ainsi que la vie aquatique, en plus du dégagement des mauvaises odeurs. Parmi ces industries figure Salam Gaz dont l'activité consiste principalement à stocker et livrer du gaz en vrac ou conditionné en bouteilles. De ce fait les déchets générés ne sont pas lourds. Les rejets domestiques sont assainis par une voie autonome alors que les eaux de lavage des bouteilles de gaz sont rejetées après traitement dans le réseau d'assainissement. En matière de respect de l'environnement, la société a pris ses précautions en réalisant son propre station d'épuration, dont le but est de faire des économies en recyclant une grande partie des eaux usées traitées. La Station d'épuration de la société SALAM GAZ est de type physico-chimique : Décantation primaire - Coagulation - Décantation secondaire. L'objectif ultime de cette Step est de produire une eau épurée de bonne qualité pour être utilisés pour l'irrigation et pour une réutilisation pour le lavage des bouteilles de gaz. Le but de ce travail est d'étudier la performance de traitement physico-chimique des eaux usées brutes reçu par la STEP Salam Gaz et pour améliorer d'avantage le rendement d'élimination de la pollution par l'optimisation de la coagulation floculation.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation générale de la Step

Les eaux usées collectées de l'usine (eau de lavage et de peinture des bouteilles) subissent :

- Un prétraitement par dégrillage pour éliminer les déchets grossiers arrivant de ces locaux suivi d'un tamisage pour éliminer les petits déchets pouvant endommager la pompe d'alimentation de la station.
- Un traitement physique par simple décantation.
- Un traitement chimique par coagulation par le polalumine un coagulant liquide à base de sulfate d'alumine. L'injection de ce dernier se fait à l'aide d'une pompe doseuse qui fonctionne automatiquement lorsque la pompe d'alimentation des eaux usées est en marche. L'agitateur du bassin de coagulation assure la dispersion et le contact entre le coagulant et les eaux usées. Cet agitateur fonctionne et s'arrête simultanément avec la pompe d'alimentation et la pompe doseuse.
- Une décantation secondaire qui facilite la séparation des boues. Le schéma de la figure 1 illustre la STEP de la société SALAM GAZ.

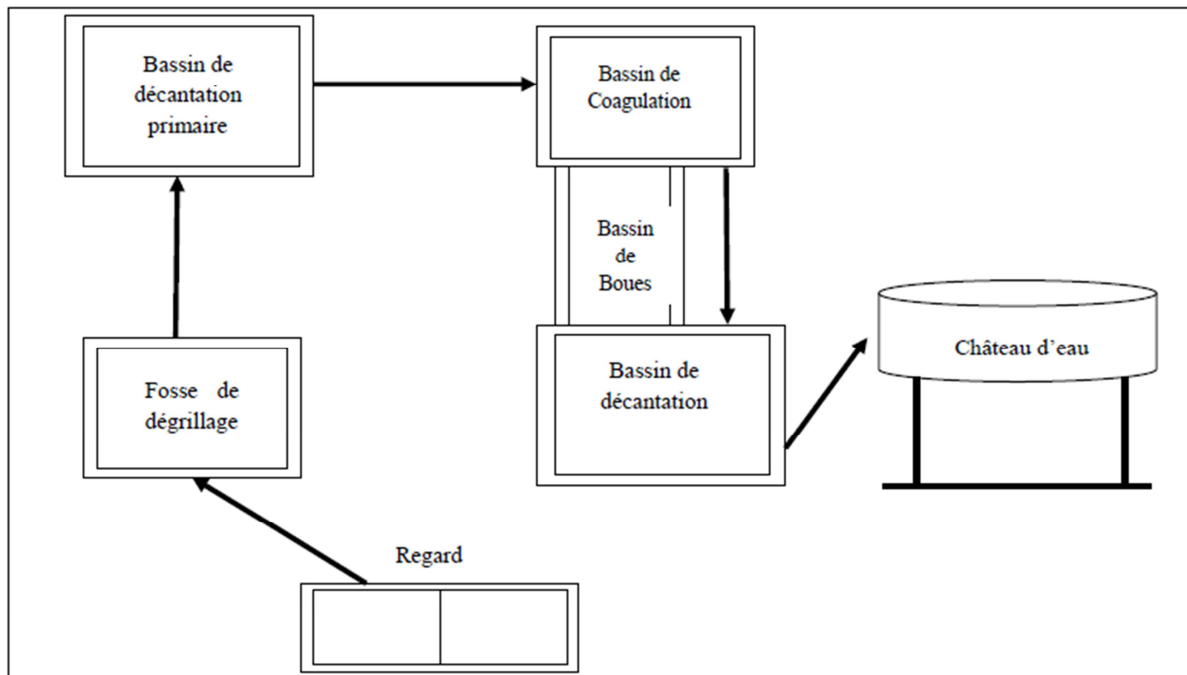


Figure 1 : Schéma de la Step de SALAM GAZ

2-2. Technique d'échantillonnage

L'échantillonnage a porté sur une période de 3 mois (février, mars et avril) à raison d'une fois par semaine, en moyenne, au niveau de tous les compartiments de la filière du traitement.

Quatre points de prélèvement ont été choisis :

- La fosse de réception des eaux brutes ;
- La sortie du premier bassin de décantation ;
- La sortie du bassin de coagulation ;
- La sortie du réservoir de stockage.

Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide de flacons en polyéthylène, préalablement rincés avec l'eau de la station. Pour l'analyse des éléments métalliques en traces dans l'eau, l'échantillonnage a été effectuée dans des flacons en polyéthylène spécialement lavés à l'acide chlorhydrique (10%) puis rincés à l'eau bi-distillée. Les échantillons sont par la suite fixés par l'acide nitrique à 2%, transportés et conditionnés à basse température + 4 °C (Norme ISO 5667-3).

2-3. Méthodes utilisées

2-3-1. Coagulant utilisé

Polalumine : C'est un liquide à base de sulfate d'alumine qui permet d'agglomérer les particules fines. Ces propriétés physiques sont :

- Liquide épais
- Couleur blanchâtre
- Densité = $1,125 \pm 0,015$
- pH = $2,5 \pm 1$

Le Polalumine se dose automatiquement par une pompe doseuse. S'applique entre 0,50% et 1,5% v/v pour des eaux usées de toutes duretés. En fonction de la turbidité de l'eau et de la charge polluante, on procède au réglage du débit de réactif.

2-3-2. Méthodes d'analyse utilisées

Les paramètres choisis sont ceux qui permettent d'apprécier le mieux la qualité des eaux à savoir leur action potentielle sur le milieu aquatique récepteur et l'environnement, soit le pH, la température, la DCO et la DBO, etc... [4]. Les différents paramètres physico-chimiques ont été analysés selon les méthodes normalisées AFNOR [5]. L'analyse des éléments métalliques Pb, Cu, Cd et Cr a été effectuée par spectrophotométrie d'absorption atomique avec four à graphite (Pattern VARIAN AA 20).

3. Résultats et discussion

3-1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées reçues par la station d'épuration

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées brutes reçues par la STEP du centre emplisseur de la société SALAM GAZ—SKHIRAT déterminés à partir de prélèvements hebdomadaires effectués entre février et avril 2012, sont illustrés par le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques analysées dans les eaux usées brutes reçues par la STEP de la société SALAM GAZ

Paramètres	Valeur Min.	Valeur Max.	Valeur Moyenne
pH	6,7	7,6	7,1
Turbidité NTU	50	75	60
MES mg/L	464	4644	3429
DCO mg/L	432	1104	698
DBO5 mg/L	320	691	444
SO4 mg/L	115	318	217
NO3 mg/L	3,5	7,78	7
PO4 mg/L	0,11	0,80	0,52
DCO/DBO5	1,35	1,6	1,57

Ces résultats montrent que les valeurs de pH oscillent entre 6,7 à 7,6 avec 7,1 comme valeur moyenne. Le pH est un élément important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration. Le suivi de la variation de la turbidité au cours du temps pendant les trois mois a montré une fluctuation importante entre 50 et 75 NTU. Ceci est en relation avec l'instabilité de la qualité des effluents rejetés qui sont instables au cours du temps. Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes (modification de la turbidité des eaux, réduction de la

pénétration de la lumière mettant en péril la photosynthèse et par la suite l'auto épuration) [6]. Les eaux usées brutes de la société SALAM GAZ sont caractérisées par une concentration moyenne de MES 3429 mg/L avec une concentration maximale de 4644 mg/L et une concentration minimale de 464 mg/L. Les teneurs enregistrées en matières en suspension sont supérieures à la concentration limite de rejet direct (50 mg/L) et à la concentration pour le rejet indirect (600 mg/L) [7].

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 [8]. Les valeurs de la DCO varient entre 432 mg/L et 860 mg/L. Les valeurs moyennes de la DCO enregistrées sont très largement supérieures à 500 mg/L, considérée comme valeur limite de rejet direct mais très inférieures à 1000 mg/L considérée comme étant la valeur limite de rejet indirect [7]. Les valeurs de la DBO5 varient entre 320 mg/L et 691 mg/L avec une moyenne de 444 mg/L. Les valeurs moyennes de la DBO5 enregistrées sont supérieures à 100 mg/L considérée comme valeur limite de rejet direct mais inférieures à 500 mg/L considérée comme étant la valeur limite de rejet indirect [7]. Le rapport DCO/DBO5 montre que l'effluent reçu par la STEP est riche en matière organique facilement biodégradables. Les teneurs en sulfates durant les différentes campagnes de prélèvement ont montré des valeurs oscillant entre 115 et 318 mg/L avec une moyenne de 217 mg/L. Les valeurs moyennes enregistrées sont inférieures à la valeur limite fixée par le projet de normes marocaines pour le rejet indirect (400 mg/L).

Les concentrations des nitrates varient entre 3,5 et 7,8 mg/L et sont très inférieures à 50 mg/L [7]. Les eaux usées brutes de la société SALAM GAZ sont caractérisées par des teneurs moyennes en ortho-phosphates oscillant entre 0,11 et 0,80 mg/L avec une moyenne de 0,52mg/L. La concentration de 10 mg/L en ortho-phosphates est une valeur limite acceptable d'un rejet direct dans le milieu récepteur [7]. L'analyse des éléments métalliques dans un effluent industriel est une nécessité puisque ces éléments présentent un effet néfaste pour l'environnement. Le **Tableau 2** montre les résultats des analyses des métaux lourds des eaux usées brutes de la STEP de la société SALAM GAZ.

Tableau 2 : *Teneurs des éléments métalliques Pb, Cr, Cu et Cd dans les eaux usées brutes*

Paramètres	Valeur Min.	Valeur Max.	Valeur Moyenne	Valeurs limites
Pb µg/L	3,9	39,32	18,98	0,5
Cr µg/L	121,16	347,75	238,87	2
Cu µg/L	392,83	1089,3	667,34	0,5
Cd µg/L	1,71	3,57	2,38	0,2

Les teneurs des métaux lourds Cr, Pb, Cu et Cd enregistrées ne constitue pas un danger certain pour l'environnement puisque leur concentrations sont inférieures aux valeurs limites des rejets directes et indirectes [7].

3-2. Evolution du pH le long des différentes étapes de la STEP

Les valeurs du pH de l'eau usée brute sont comprises entre 6,7 et 7,6 avec une moyenne de 7,1 donc relativement neutre. La moyenne enregistrée à la sortie de la station est de 5,1 qui est une valeur inférieure à la valeur limite de rejet [7]. On note une baisse du pH entre l'eau usée brute et l'eau traitée. Selon EZZIANE [9], cela peut être due probablement aux ions aluminium qui réagissent avec les ions

hydroxyde dont la présence est due à l'alcalinité de l'eau, si celle-ci n'est pas suffisante, on y remédierait en ajoutant de la chaux ou du carbonate de sodium. Cette baisse aura une conséquence néfaste pour la faune et la flore aquatique dont le pH de croissance se situe entre 6 et 7,2 [10]. En outre, le pH acide, favorise et facilite le dégagement des mauvaises odeurs en particulier les sulfures d'hydrogène en relation avec la composition des eaux usées rejetées par les unités industrielles en particulier Salam Gaz. Un bassin tampon à la sortie de la STEP devra être installé avant rejet dans le milieu récepteur.

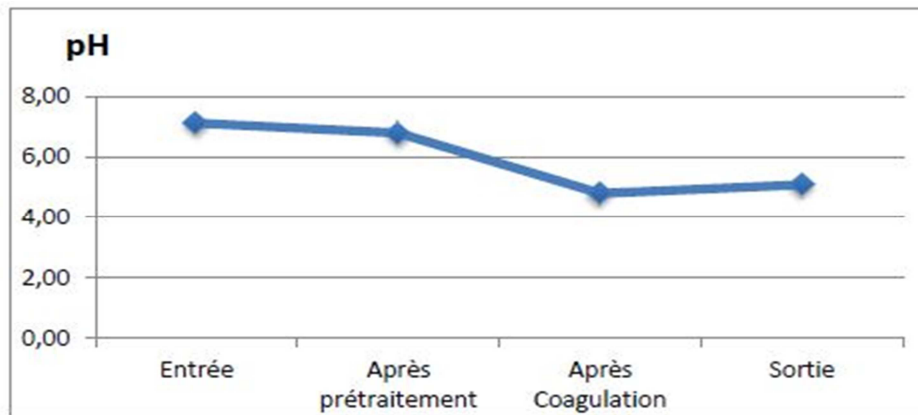


Figure 2 : Evolution du pH le long des étapes de traitement

3-3. Evolution de la turbidité

La turbidité d'une eau est principalement causée par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes de temps, peuvent même traverser un filtre très fin. Les MES des eaux usées brutes atteignent 4644 mg/L comme valeur maximale. Par ailleurs, du fait de leur grande stabilité les particules n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres [11]. En effet, l'ajout du coagulant fait augmenter les interactions entre particules en formant des floccs qui décantent facilement. Les valeurs de la turbidité à l'entrée de la station sont comprises entre 50 et 75 NTU tandis qu'à la sortie de la STEP, les valeurs enregistrées sont comprises entre 10 et 20 NTU. En effet, le traitement par décantation a permis d'aboutir à un rendement variant autour de 40% de la turbidité (figure 3). Ainsi, la teneur en MES est éliminée par coagulation tout en déstabilisant les particules en suspension ce qui facilite leur agglomération [12].

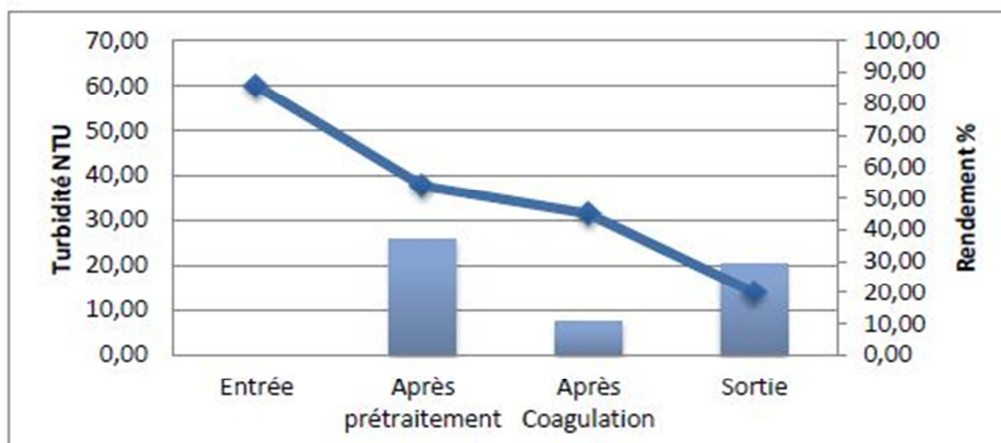


Figure 3 : Evolution de la turbidité et de son rendement le long des étapes de traitement

3-4. Suivi des paramètres MES, DBO5 et DCO

L'étude de la performance de la STEP en suivant les paramètres DCO, DBO5 et MES est illustrée sur la **Figure 4**.

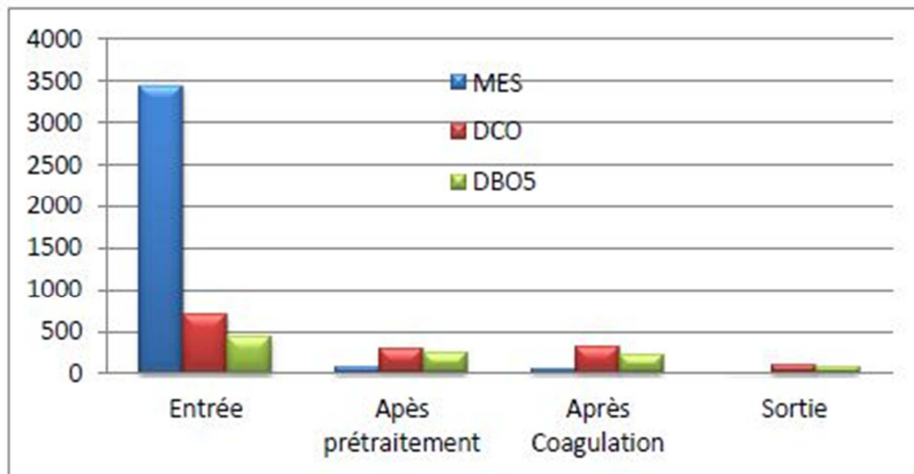


Figure 4 : Evolution de la DCO, MES et DBO5

La teneur en MES à l'entrée de la station varie entre une valeur maximale de 4644 et une valeur minimale de 464 mg/L, avec une moyenne de 3429 mg/L. Ces valeurs dépassent largement les valeurs limites générales de rejet des eaux usées traitées qui sont 50 mg/L. Cette teneur subit une baisse à la sortie de la filière et passe vers à 18,54 mg/L répondant aux normes de rejet Marocaine. Le taux d'abattement des MES durant le traitement par coagulation floculation est représenté par la **Figure 5**, il est de l'ordre de 98% après la décantation primaire ce qui reste supérieur au rendement épuratoire minimal pour un traitement efficace est égal à 90% [13]. Ceci explique que les matières solides contenues dans l'effluent sont des matières facilement décantables.

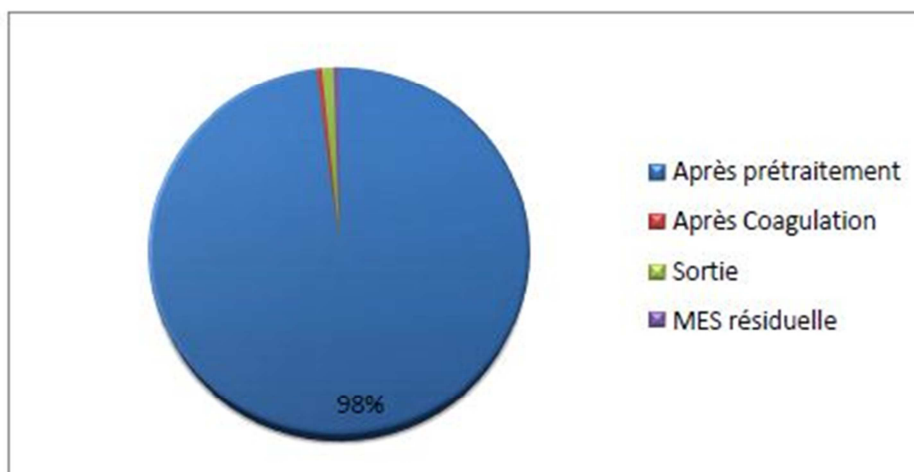


Figure 5 : Taux d'abattement des MES

En effet, la mesure de la demande biochimique en oxygène permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables, donc son degré de pollution et sa qualité [14]. Le **Figure 6** représente la variation de la DBO5 au cours du traitement. Notons que l'eau brute à l'entrée de la station présente une DBO5 qui varie entre 326 et 691 mg/L.

Ces dernières dépassent les normes de rejets des eaux usées traitées (<500 mg/L) [7]. Par ailleurs, l'eau traitée, présente une valeur en DBO5 stable sur l'intervalle (58 - 130 mg/L).

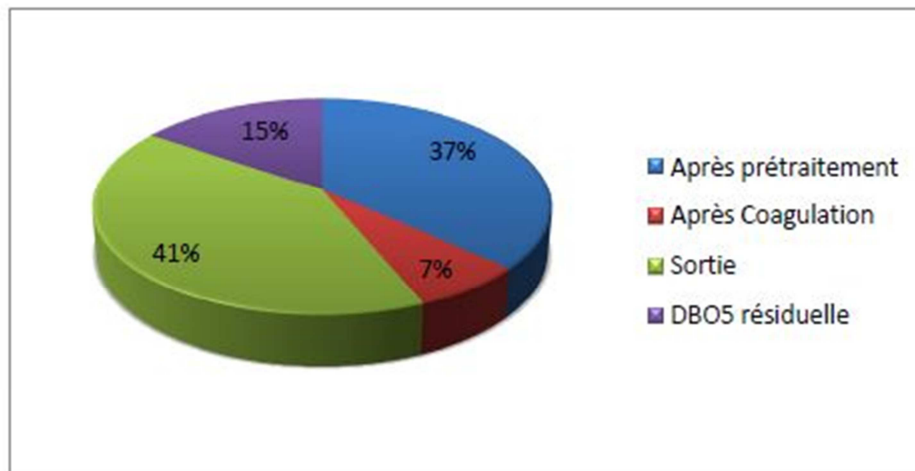


Figure 6 : Taux d'abattement de la DBO5

Toutes les étapes du procédé impactent l'abattement de la DBO5 et permettent des réductions non négligeables par différentes étapes. La teneur en DCO enregistrée à l'entrée de la Step est comprise entre 432 et 860 mg/L avec une moyenne de 698,09 mg/L. cette teneur est fortement réduite durant le traitement :

96,47mg/L à la sortie de la Step. Cette valeur reste dans les normes Marocaines fixées à 500mg/L. A l'exception du passage du prétraitement à l'après coagulation, où on assiste à un abattement imperceptible de la DBO5 (d'environ 23 mg/L) et une légère hausse de la DCO (d'environ 35 mg/L). Les rendements épuratoires de la DCO et de la DBO5 sont plus ou moins satisfaisants avec des taux de 84% pour la DBO5 (**Figure 6**) et de 86% pour la DCO (**Figure 7**). Ces valeurs sont inférieures à 90% qui est une valeur qui caractérise une épuration efficace Selon Rejesk [13]. La décantation primaire permet de réduire 58% de la DCO et 37% pour la DBO5. Ce rendement est affiné après le traitement par coagulation couplé avec une décantation où le coagulant piège la fraction colloïdale qui sédimente dans le bassin de décantation [15].

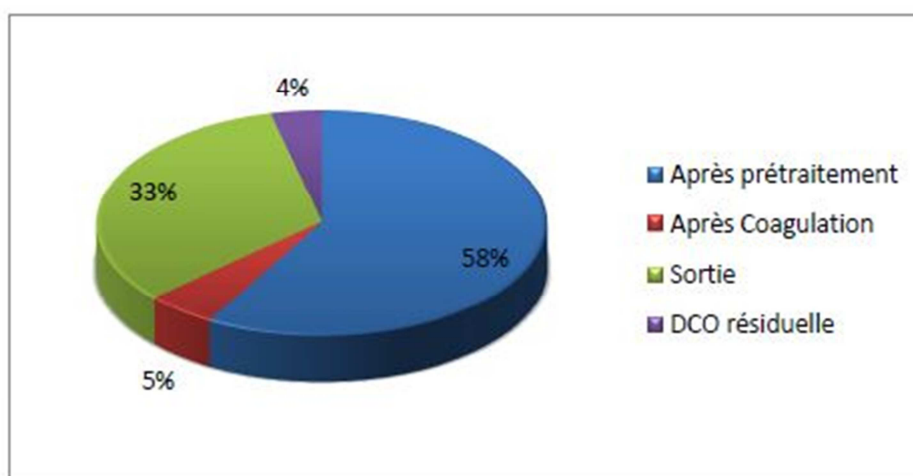


Figure 7 : Taux d'abattement de la DCO

3-6. Orthophosphates, Nitrates et Sulfates

La concentration des orthophosphates dans l'eau brute présente une valeur de 0,52 mg/L et 0,013 mg/L dans l'eau traitée. On remarque que la concentration en cet élément à la sortie est très faible par rapport aux normes (<2 mg/L) et marque un abattement notable dès la décantation primaire. Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/L. Cependant leurs teneurs dans les eaux usées non traitées sont faibles [16]. Les résultats des analyses des nitrates montrent une baisse très importante tout au long des étapes de traitement. La concentration des eaux usées de la STEP a passé de 7 à 0,32 mg/L, restant inférieure à la valeur admissible par les normes marocaines (50 mg/L) [7]. De ce fait, les eaux étudiées ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates. La réutilisation des eaux usées épurées provoque la charge l'effluent en ions sulfate avec des teneurs variant entre 115 et 318 mg/l. Après la décantation primaire, la teneur en sulfate varie entre 24 et 58 mg/L (*Figure 8*).

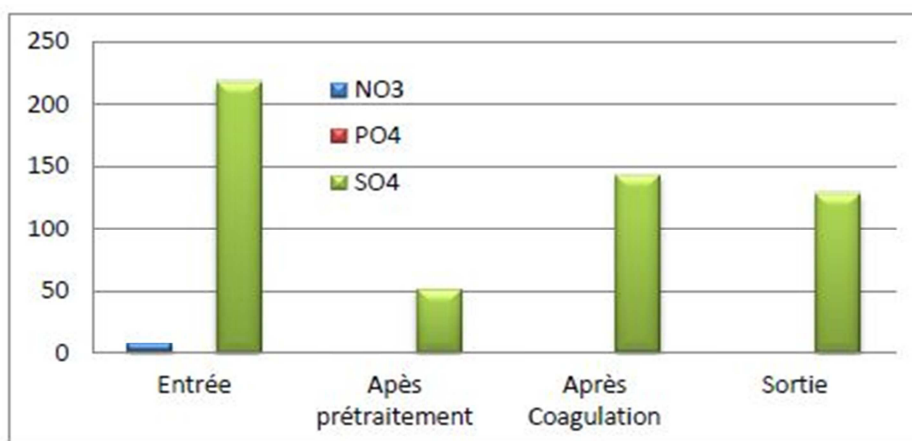


Figure 8 : Evolution des NO3, PO4 et SO4

Les rendements épuratoires des orthophosphates et des nitrates sont satisfaisants avec des taux de 97% pour les orthophosphates et de 96% pour les nitrates (Figure 9). Ces valeurs sont inférieures à 90% qui est une valeur qui caractérise une épuration efficace Selon Rejesk [13]. L'abattement en ions sulfate est faible, avec une teneur résiduelle de 41%. Ceci est dû au traitement par le polyalumine qui est à base de sulfate d'aluminium et qui entraîne la charge des eaux en cet élément.

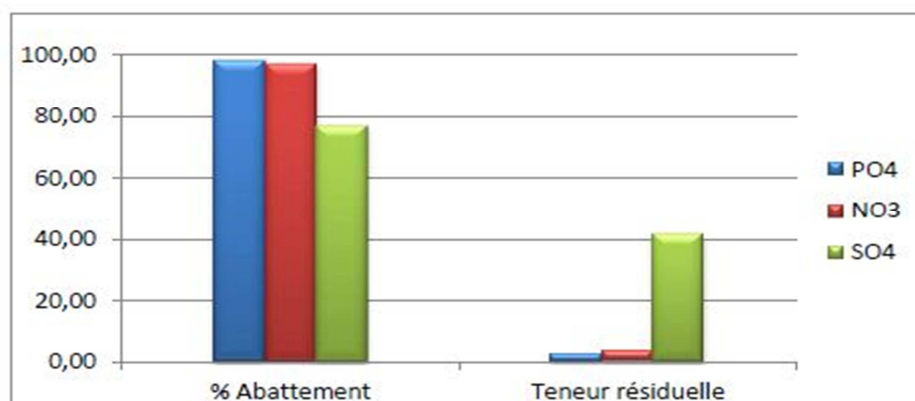


Figure 9 : Rendement de la Step en PO4, SO4 et NO3

3-7. Métaux lourds

Cette étude montre que les eaux usées brutes reçues par la Step de Salam Gaz sont peu chargées en métaux lourds, en particulier le plomb, le cadmium, le cuivre et le chrome. Les diverses utilisations du Plomb en industrie traduit la multiplicité et la variété des possibilités de pollution. Sa présence peut être sous forme solubilisée ou bien fixée sur les matières en suspension [8]. Les sels de chrome s'emploient comme mordants pour les teintures et comme colorants [8]. Le cadmium est généralement associé au zinc, il est utilisé pour le revêtement électrolytique des métaux, dans certains alliages, pour la fabrication d'accumulateurs, de peintures et de plastique. La présence du cuivre dans ces eaux peut s'expliquer par la corrosion des tuyauteries en cuivre utilisées dans le réseau.

Tableau 3 : Concentrations métalliques dans les eaux à l'entrée et à la sortie de la station

Métal	Eau brute µg/L	Après décantation primaire µg/L	Après coagulation µg/L	Eau de sortie µg/L	Rendement %
Pb	18,98	1,57	0,84	0,2	98,95
Cr	238,87	3,63	0,98	0,45	99,81
Cu	667,34	28,95	23,77	27,13	95,93
Cd	2,38	0,15	0,08	0,06	97,48

Les résultats obtenus montrent une baisse très importante de la concentration en Pb, Cr, Cu et Cd dès le passage à travers la première étape de la filière. Les rendements obtenus à ce niveau sont de 98%, 99%, 95% et 97% respectivement pour Pb, Cr, Cd et Cu. L'élimination de ces métaux s'effectue essentiellement au niveau du premier bassin de décantation et porte principalement sur la décantation de la forme particulière du métal comme l'avait montré Fars [17]. La teneur résiduelle en ces métaux reste conforme aux normes de rejet et qui sont respectivement 5mg/l pour le Pb, 0,1 pour le Cr, 0,2 pour le Cu et 0,01 pour le Cd [18].

4. Conclusion

Les eaux usées brutes de la société SALAM GAZ présentent des valeurs des paramètres MES, DCO et DBO5 qui dépassent relativement les valeurs limites générales des rejets directs et indirects ce qui représente un risque de pollution environnementale d'où la nécessité d'un traitement de ces eaux usées brutes. Au terme de cette étude au cours de laquelle on a procédé à une évaluation de l'efficacité de la station d'épuration de la société Salam Gaz Skhirat et après l'analyse des différents paramètres de ces eaux, les résultats obtenus permettent de conclure que :

- La décantation primaire permet de réduire plus de 90% des MES, des nitrates, des orthophosphates et des métaux lourds. Le passage par les autres étapes de traitement (coagulation et décantation secondaire) a permis d'améliorer encore la qualité de l'eau, particulièrement par rapport aux concentrations de DCO, DBO5 qui sont conformes aux normes de rejet. Pour le pH des eaux traitées on assiste à une acidification

- Les analyses physico-chimiques des eaux traitées sont conformes aux normes de rejets dans les milieux naturels, à part le pH.

Toutefois, la réutilisation de ces eaux épurées (à pH voisin de 5, acide) dans le même procédé industriel, à savoir : le lavage des bouteilles de gaz ainsi que la détection des fuites par l'immersion de ces bouteilles dans l'eau, peut engendrer la corrosion du matériau par lequel elles sont faites. De plus, il serait intéressant de faire une optimisation de la dose du coagulant injectée afin d'améliorer davantage le traitement.

Références

- [1] - JACQUET V. Déminéralisation par électrodialyse en présence d'un complexant application au lactosérum. Thèse de doctorat d'université. Toulouse : Institut National Polytechnique 1999, 122p.
- [2] - RHEYATI N. Les opportunités d'Investissement Extérieur Direct au Maroc Dans les secteurs de l'Energie, des Mines et de l'Environnement. In : Conférence Internationale sur les Investissements Extérieurs Directs et l'Environnement, Paris, 7 et 8 février 2002, 10p.
- [3] - BOUCHARD C., SERODES J. Production d'eau potable, Notes de cours, Université Laval, Laval, 2002, 180-188.
- [4] - BOEGLIN J.C. Pollution industrielle de l'eau : caractérisation, classification, mesure. Techniques de l'ingénieur. Traité de génie des procédés G1210, 1999, 1-12.
- [5] - AFNOR. La qualité de l'eau. Recueil : Environnement. Edition (1999).
- [6] - EL GOUAMRI Y., BELGHYTI D. Etude de la qualité physicochimique des eaux usées brutes de la ville de Saknia rejetées dans le lac Fouarat, Journal Africain des Sciences de l'environnement, 1, 2006, 53-60. 12
- [7] - MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DU MAROC. Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc, 2002, N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat.
- [8] - RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L. L'analyse de l'eau. 8ème édition. DUNOD (Editeur), Paris, France, 1996.
- [9] - EZZIANE S. Traitement des eaux de rejets de l'unité CERAMIT TENES. Thèse de doctorat d'université. Algérie : Université HASSIBA BEN BOUALI de CHLEF, 2007, 168p.
- [10] - MEINCK F., STOOFF H., KOHLSCHÜTTER H. Les eaux résiduaires industrielles, 2ème Ed. Masson, Paris, 1977, 863p.
- [11] - GHAZALI D., ZAID A. Caractérisation physico-chimique des eaux de la source AIN SALAMA – JERRI (région de MEKNES), ScienceLib Editions Mersenne, 2012, Vol 4, N° 120106.
- [12] - DESJARDINS R. Le traitement des eaux, 2ème Ed. Revue de l'école polytechnique de Montréal, 1990.
- [13] - REJSEK F. Analyse de l'eau : Aspects et règlementaire et technique. Ed CRDP d'Aquitaine. France, 2002, 358 p.
- [14] - DJERMAKOYE M. Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines « Mali » .Thèse Pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie. Université de Bamako, 2005, 135p.
- [15] - ACHAK M., OUAZZANI N., YAACOUBI A., MANDI L. Caractérisation des margines issues d'une huilerie moderne et essais de leur traitement par coagulation-floculation par la chaux et le sulfate d'aluminium. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 21, n° 1, 2008, p. 53-67.

- [16] - UNEP/MAP/MEDPOL. Guidelines on environmental inspection systems for mediterranean region. MAP technical reports series 2004, N° 149.
- [17] - FARS S. Etude de l'élimination des métaux lourds (Cu, Zn, Pb et Cd) contenus dans les eaux usées de Marrakech par quatre systèmes expérimentaux : Lagunage anaérobie, lagunage aéro-anaérobie, sur-irrigation drainage et infiltration – percolation. Thèse de doctorat d'université. Université Cadi Ayyad, Marrakech, 1994, 1384p.
- [18] - LEBKIRI M. Evaluation du degré de pollution métallique d'une station d'épuration et contribution au traitement de ses eaux usées, Sciences et techniques de l'eau, 2012 Vol 4, N° 120104.