

## Optimisation du procédé de traitement physicochimique des effluents d'une huilerie de Côte d'Ivoire

Konan Lopez KOUAME<sup>1\*</sup> et Nogbou Emmanuel ASSIDJO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Ecole Doctorale Polytechnique de Yamoussoukro, Laboratoire de Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN), BP 1083 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup> Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny, Département de Génie Chimique et Agro-alimentaire, Laboratoire de Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN), BP 1083 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

\* Correspondance, courriel : [kouamekonanlopez@gmail.com](mailto:kouamekonanlopez@gmail.com)

### Résumé

L'objectif de cette étude est d'optimiser le système de traitement physico-chimique des effluents d'une huilerie de Côte d'Ivoire. Après avoir caractérisé les effluents bruts, des analyses ont été effectuées sur différents échantillons puis des essais de coagulation-floculation ont été enfin réalisés afin de déterminer les conditions optimales. Les résultats montrent que les concentrations volumiques optimales de coagulant (polychlorure d'aluminium) sont : 200, 350, 400 et 500 ml/L pour des pH variant respectivement de 8,7 -8,9 ; 9,7 ; 10,4 et 11,4. Ces études effectuées sur la concentration de coagulant en liaison avec le pH ont permis de proposer un modèle mathématique permettant de prévoir la concentration de coagulant à utiliser connaissant le pH de l'effluent à traiter avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,9796$ . Pour le polyacrylamide (floculant), les différents essais ont permis de montrer que ; pour des valeurs de pH compris entre 8 et 8,9 la dose optimale de floculant est 10 mg/L. Par contre, lorsque le pH est compris entre 9 et 11,4, la dose optimale de floculant est 30 mg/L. Cette étude montre que ; si les plages optimales de réactifs chimiques proposées sont correctement appliquées, elles contribueraient à réaliser un gain annuel de 1.347.988,8 FCFA.

**Mots-clés :** *optimisation, traitement physico-chimique, coagulant, floculant, effluent.*

### Abstract

**Optimization of the physico-chemical treatment process of effluents from a Côte d'Ivoire oil mill**

The objective of this study is to optimize the physico-chemical treatment system for effluents from an oil mill in Côte d'Ivoire. After having characterized the raw effluents, analyzes were carried out on various samples and then coagulation-flocculation tests were finally carried out in order to determine the optimal conditions. The results show that the optimum volume concentrations of coagulant (polyaluminum chloride) are: 200, 350, 400 and 500 ml/L for pH varying respectively from 8.7-8.9; 9.7; 10.4 and 11.4. These studies carried out on the concentration of coagulant in connection with the pH allowed proposing a mathematical model that permits to predict the concentration of coagulant to be used, knowing the pH of the effluent to be treated with a

correlation coefficient  $R^2 = 0.9796$ . For polyacrylamide (flocculant), the different tests have shown that; for pH values ranging between 8 and 8.9 the optimal dose of flocculant is 10 mg/L. On the other hand, when the pH is ranging between 9 and 11.4, the optimal dose of flocculant is 30 mg/L. Moreover, this study has shown that; if the optimal ranges of proposed chemical reagents and the recommendations made are correctly applied, they would contribute to achieving an annual gain of 1,347,988.8 FCFA.

**Keywords :** *optimization, physico-chemical treatment, coagulant, flocculant, effluent.*

## 1. Introduction

L'industrialisation du monde à entrainer l'éclosion de plusieurs industries de toutes catégories. Cependant, les unités industrielles dans leur fonctionnement utilisent beaucoup d'eau dans le processus de transformation mais aussi pour le nettoyage des installations et des outils après la production [1, 2]. Ces eaux industrielles résiduaires ou usées sont rejetées parfois dans le réceptacle naturel sans traitement préalable [3]. L'impact sur l'environnement des effluents industriels est aujourd'hui une réalité manifeste et une menace sérieuse pour les eaux de surface et des nappes souterraines [4, 5]. Avec les législations [6] sur les déchets et la ressource en eau qui se renforcent partout dans le monde, les industriels sont appelés à diminuer l'impact de leurs activités sur l'environnement. Ils se doivent donc de traiter leurs effluents avant de les rejeter dans l'environnement [7, 8]. Les principales techniques mises en œuvre en traitement des eaux sont de nature physique, chimique et/ou biologique [9, 10]. De nombreuses études [11 - 14] ont été effectuées afin d'optimiser les procédés de traitement physico-chimique notamment la dose optimale de coagulant et le pH optimal. S'inscrivant dans cette dynamique, la société nous a sollicités afin de mener une étude sur le thème: « Optimisation du procédé de traitement physico-chimique des effluents d'une huilerie ». Ce travail, s'inscrit dans le cadre d'un développement réel des performances d'exploitation de la station d'épuration des eaux usées et dans une politique de développement durable. L'objectif de cette étude est d'optimiser le système de traitement physico-chimique des effluents de la Société. Nous allons proposer des plages optimales de réactifs chimiques afin d'augmenter la capacité de traitement de ladite usine et de réduire l'impact ses rejets sur l'environnement.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Matériel

Plusieurs matériels ont été utilisés dans la réalisation de cette étude. Ce sont entre autre les rapports de suivi, les fiches techniques, des logiciels, des réactifs chimiques et appareillages. Ces équipements permettent d'effectuer des analyses des différents paramètres recherchés. Ainsi le mixeur a permis d'obtenir des échantillons homogènes. La balance Sartorius pour la pesée des réactifs chimique. Pour les analyses, le spectrophotomètre HACH DR 2800 permet de déterminer, les MES, la turbidité et le chlore total. Le pH-mètre pour le potentiel en hydrogène; L'oxitop® (WTW) pour la DBO et le spectromètre HACH DRB 200 pour la DCO. Pour les dosages, la verrerie classique de laboratoire a été utilisée.

### 2-2. Détermination des doses optimales de coagulant et de flocculant

#### 2-2-1. Préparation des solutions

##### 2-2-1-1. Solution de coagulant

Pour préparer la solution de coagulant, 10 g de polychlorure d'aluminium sont pesés à l'aide de la balance Sartorius et sont introduits dans une fiole jaugée de 1L auxquels sont ajoutés 250 mL d'eau distillée. Le

mélange obtenu est agité jusqu'à la dissolution totale du polychlorure d'aluminium puis la solution est complétée jusqu'au trait de jauge par ajout d'eau distillée afin d'ajuster le volume total de 1 litre.

#### *2-2-1-2. Solution de flocculant*

La solution de flocculant est préparée suivant le même mode opératoire que précédemment, mais avec une concentration de 1 g/L. Ainsi, 1 g de polyacrylamide sont pesés et introduits dans une fiole jaugée de 1L auxquels sont ajoutés 250 mL d'eau distillée. Le mélange est agité jusqu'à dissolution totale du flocculant puis ajusté à un volume total de 1 litre par ajout d'eau distillée. La solution ainsi obtenue est enfin rendue homogène.

### **2-2-2. Coagulation-floculation**

#### *2-2-2-1. Évaluation de la dose optimale du coagulant*

Plusieurs essais ont été effectués afin de déterminer la dose optimale de coagulant. En effet, un (1) L d'effluent brut a été prélevé à l'aide d'une éprouvette graduée puis renversé équitablement dans dix (10) béchers numérotés 1 à 10 en raison de 100mL par bécher. A l'aide d'une éprouvette graduée, des quantités croissantes (0- 10 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 50 - 60 - 70) ml de coagulant initialement préparé sont respectivement ajoutées dans chaque bécher selon la numérotation établi. Chaque mélange est ensuite agité rapidement pendant 2 à 3 minutes. Après agitation, les solutions sont laissés pour décantation pendant 30 min [14] puis les analyses sont réalisées afin d'évaluer l'efficacité des différentes doses du coagulant.

#### *2-2-2-2. Évaluation de dose optimale du flocculant*

Avec les quantités des coagulants ayant permis dans les essais précédents d'obtenir le meilleure taux d'abattement de la turbidité, de MES et le meilleur pH; la même procédure est renouvelé en ajoutant cette fois après l'étape de coagulation des doses croissantes de polyacrylamide employé comme flocculant. Pour ce faire, à l'aide d'une éprouvette graduée de 10 et 20 mL des doses croissantes (0- 5- 10- 15-20- 25- 30- 35- 40) ml de la solution mère du polyacrylamide sont prélevés et introduits dans chaque bécher. Ensuite, le mélange est agité lentement pendant 5 min. Après agitation, les solutions sont laissées pour décantation pendant 30 min puis les analyses sont réalisées.

## **3. Résultats**

### **3-1. Détermination des paramètres de pollution des effluents**

Pour les essais de détermination des plages optimales de réactifs cinq (5) échantillons a été prélevés sur les effluents bruts de la station de traitement à la fréquence d'un échantillon par semaine. Pour chaque échantillon, les valeurs du pH, de la turbidité et des matières en suspension (MES) sont mesurées. Les résultats obtenus sont présentées dans le *Tableau 1*.

**Tableau 1 : Caractéristiques des effluents utilisés pour les essais de coagulation et floculation**

N° Echantillon Paramètres	1	2	3	4	5	Moyenne
pH	8,7	10,4	9,70	8,9	11,4	9,82
MES (mg/L)	2108	3142	4070	2720	1776	2763,2
Turbidité (mg/L)	1060	1848	2642	1778	1044	1674,4

### 3-2. Détermination de la dose optimale du coagulant

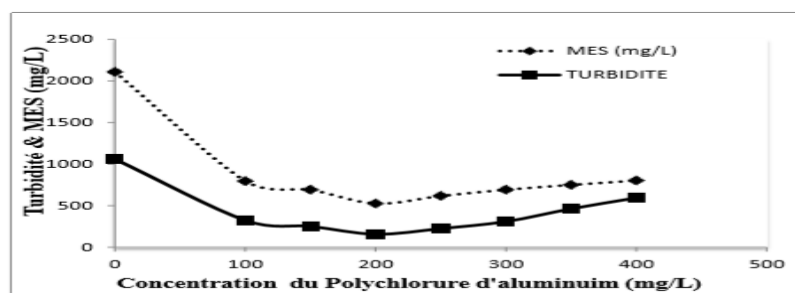
#### 3-2-1. Premier échantillonnage

Le prélèvement effectué dont les caractéristiques sont les suivantes : teneur en MES de 2108 mg/L, turbidité de 1060 mg/L, pH de 8,7. Une première série de test est effectuée. Cet échantillonnage est traité avec le coagulant à des concentrations allant de 0 à 400 mg/L et pour chaque dose, différents paramètres sont mesurés et sont consignés dans le **Tableau 2**.

**Tableau 2 : Effet du coagulant sur le pH, l'élimination de la turbidité et des MES**

Concentration de coagulant (mg/L)	0	100	150	200	250	300	350	400
pH	8,7	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,8	6,6
MES (mg/L)	2108	797	692	527	618	693	751	803
Turbidité (mg/L)	1060	324	253	158	226	310	464	595

Les courbes de variation des paramètres mesurés sont présentées par la **Figure 1**.

**Figure 1 : Variation de la turbidité et des MES en fonction de la dose du coagulant**

Le pH, les MES et la turbidité de l'échantillon brut ont été mesurés. Pour cet échantillon l'addition de 100 mg/L du coagulant a provoqué la diminution de la valeur de la turbidité de 1060 à 324 mg/L et celle de MES de 2108 à 797 mg/L et avec l'augmentation de la concentration du coagulant ces valeurs continuent de diminuer. A une concentration de 150 mg/L de coagulant, nous avons remarqué que la valeur de turbidité a atteint 253 mg/L et celle des MES est de 692 mg/L. Ces valeurs continuent de baisser légèrement même pour 200 mg/L de coagulant. Au-delà de 200 mg/L on a remarqué l'augmentation des valeurs des paramètres mesurés. En effet, les meilleurs taux de réduction des MES et de la turbidité s'obtiennent lorsque la dose de coagulant apportée est 200mg/L. Il ressort donc que 200mg/L est la concentration optimale du coagulant.

#### 3-2-2. Deuxième échantillonnage

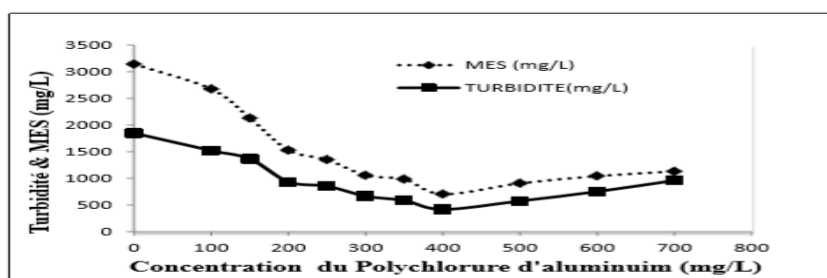
Les caractéristiques de l'échantillon prélevé sont: teneur en MES égale à 3142 mg/L, turbidité de 1848 mg/L, pH de 10,4. Une deuxième série d'essais est effectuée pour approcher la concentration optimale de

Polychlorure d'aluminium. Cet échantillon est traité avec le coagulant avec des concentrations croissantes de 0 à 700 mg/L soit de 0 à 700 ppm et pour chaque dose, différents paramètres sont mesurés et consignés dans le **Tableau 3**.

**Tableau 3 :** Effet du coagulant sur le pH, sur l'élimination de la turbidité et de MES

coagulant (mg/L)	0	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700
pH	10,4	9,9	9,7	9,3	8,9	8,7	8,1	7,9	7,8	7,6	7,4
MES (mg/L)	3142	2676	2130	1528	1351	1056	984	707	908	1044	1132
Turbidité (mg/L)	1848	1522	1366	935	855	667	586	419	577	753	960

Les courbes de variations de la turbidité et des MES tracées sont présentées par la **Figure 2**.



**Figure 2 :** Variation de la turbidité et des MES en fonction de la dose du coagulant

Le pH du second échantillonnage est de 10,4. Pour cet échantillon, l'addition de 100 mg/L du coagulant a provoqué la diminution de la valeur des matières en suspension (MES) de 3142 mg/L à 2676 mg/L et celle de turbidité de 1848 à 1522 mg/L. Une diminution continue de ces valeurs a été constatée suite à l'augmentation de la concentration du coagulant. Avec une concentration de 350 mg/L de coagulant, les valeurs de MES et de la turbidité ont atteint respectivement 984 mg/L et 586 mg/L puis ont baissées continuellement jusqu'à 400 mg/L de coagulant. Au-delà de 400 mg/L, une augmentation des valeurs des paramètres mesurés a été observée. Cette nouvelle augmentation des valeurs des MES et de la turbidité s'explique par la destruction des floccs préalablement formés. La surdose en coagulant a en effet provoquée le relargage des particules colloïdales. La valeur 400 mg/L a donc été identifiée comme concentration optimale du coagulant pour cet échantillonnage.

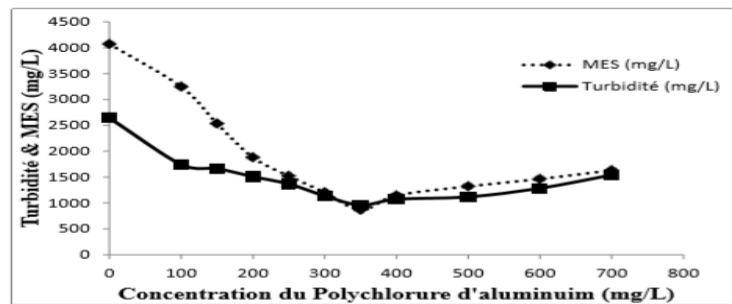
### 3-2-3. Troisième échantillonnage

Le prélèvement effectué est un échantillonnage dont les caractéristiques moyennes sont les suivantes : teneur en MES égale à 4070 mg/L, turbidité de 2642 mg/L, pH de 9,7. Afin de déterminer la concentration optimale de coagulant pour le troisième échantillonnage, le volume d'échantillon prélevé a été reparti dans onze (11) béchers numérotés 1 à 11. Des doses croissantes de coagulants (0 à 700 mg/L) sont respectivement ajoutées aux 11 béchers à l'aide d'une éprouvette graduée. Après un temps de réaction, certains paramètres de contrôle qualité sont mesurés pour chaque bécher. Les résultats obtenus sont consignés dans le **Tableau 4**.

**Tableau 4 :** Effet du coagulant sur le pH, l'élimination de la turbidité et MES

Coagulant (mg/L)	0	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700
pH	9,7	9,5	9,1	8,9	8,8	8,5	8,1	7,7	7,5	7,3	7,2
MES (mg/L)	4070	3245	2532	1880	1521	1206	868	1145	1322	1464	1632
Turbidité (mg/L)	2642	1743	1664	1508	1368	1137	959	1072	1117	1284	1542

Les courbes de variations des MES et de la turbidité sont présentés par la **Figure 3**.



**Figure 3 :** Variation de la turbidité et des MES en fonction de la dose du coagulant

Pour le troisième échantillonnage, le pH, les MES et la turbidité de l'échantillon brut ont été mesurés. Pour cet échantillon, l'addition de 100 mg/L du coagulant a provoqué la diminution de la valeur de la turbidité de 2642 à 1743 mg/L et celle de MES de 4070 à 3242mg/L et avec l'augmentation de la concentration du coagulant ces valeurs ont continuées à diminuer. Cette diminution des valeurs de MES et de la turbidité est fortement accrue. Pour 350 mg/L de coagulant ajouté, la valeur de la turbidité baisse jusqu'atteindre 1137 mg/L et celle de MES passe de 3242mg/L à 1206 mg/L. Au-delà de 350 mg/L, ces paramètres augmentent à nouveau pour atteindre 1632 mg/L pour les MES et 1542mg/L pour la turbidité. Cette valeur (350 mg/L) est donc la concentration optimale pour cet échantillonnage.

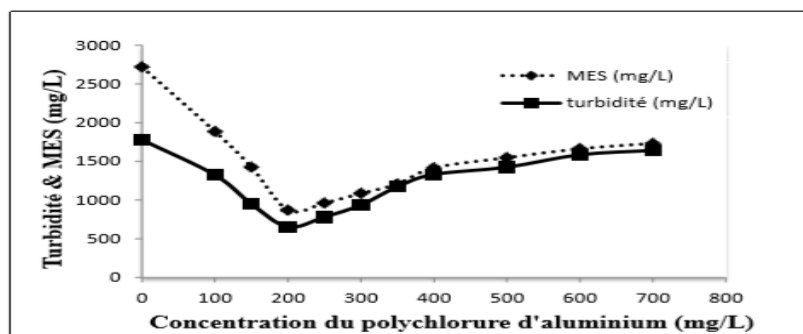
#### 3-2-4. Quatrième échantillonnage

Les caractéristiques moyennes de ce quatrième échantillonnage sont les suivantes : teneur en MES égale à 2720 mg/L, turbidité de 1778 mg/L, pH de 8,9. Le mode opératoire suivi est identique à celui des échantillons précédents et pour chaque dose, différents paramètres sont mesurés. Les résultats des mesures sont consignés dans le **Tableau 5**.

**Tableau 5 :** Effet du coagulant sur le pH, sur l'élimination de la turbidité et MES

Coagulant (mg/L)	0	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700
pH	8,9	8,3	8,1	7,9	7,6	7,5	7,1	6,9	6,7	7,3	7,2
MES (mg/L)	2720	1885	1426	870	962	1086	1208	1417	1548	1664	1732
Turbidité (mg/L)	1778	1324	948	654	782	937	1174	1332	1425	1586	1642

Les résultats du **Tableau 5** ont permis de tracer les courbes de variation présentées à la **Figure 4**.



**Figure 4 :** Variation de la turbidité et des MES en fonction de la dose du coagulant

Le quatrième échantillonnage dont le pH est de 8,9; l'addition de 100 mg/L du coagulant a provoqué la diminution de la valeur de MES de 2720 mg/L à 1885 mg/L et celle de la turbidité de 1778 à 1324 mg/L. Avec l'augmentation de la concentration du coagulant ces valeurs continuent à diminuer. Pour une concentration de 200 mg/L de coagulant, il a été constaté que la valeur de MES a atteint 870 mg/L et celle de la turbidité est de 654 mg/L. Au-delà de cette concentration, une augmentation progressive des valeurs de MES et de la turbidité est observée. Il ressort donc que cette valeur (200 mg/L) est la concentration optimale de coagulant pour ce cinquième échantillonnage.

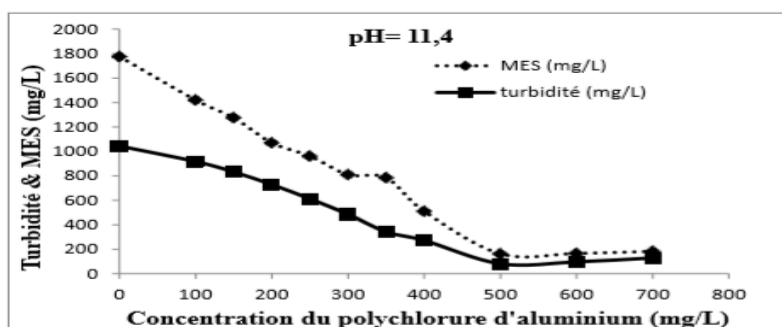
### 3-2-5. Cinquième échantillonnage

Le prélèvement effectué est un échantillonnage un effluent issu du bassin de SIFMA dont les caractéristiques moyennes sont les suivantes : teneur en MES égale à 1776 mg/L, turbidité de 1044 mg/L, pH de 11,4. On procède de la même façon et pour chaque dose. Les résultats des mesures sont mentionnés dans le **Tableau 6**.

**Tableau 6 : Effet du coagulant sur le pH, l'élimination de la turbidité et de MES**

Coagulant (mg/L)	0	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700
pH	11,4	11,8	11,5	11,4	11,1	10,7	10,5	10,3	9,9	7,3	7,2
MES (mg/L)	1776	1420	1275	1070	962	810	785	510	162	166	183
Turbidité (mg/L)	1044	917	832	729	612	486	342	272	81	97	129

Les courbes illustrant les variations de la turbidité et de MES en fonction de la dose du coagulant sont présentées par la **Figure 5**.



**Figure 5 : Variation de la turbidité et de MES en fonction de la dose du coagulant**

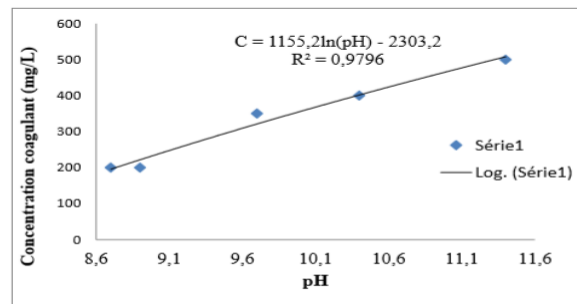
Le cinquième échantillonnage réalisé a un pH de 11,4; l'addition de 100 mg/L du coagulant a provoqué la diminution de la valeur de MES de 1776 mg/L à 1420 mg/L et celle de la turbidité de 1044 à 917 mg/L. Une diminution progressive de ces valeurs est observée suite à l'augmentation de la concentration du coagulant. Cependant pour un traitement atteignant une concentration de 500 mg/L, il a été remarqué que la valeur de MES a atteint 162 mg/L et celle de la turbidité a atteint 81 mg/L. Au-delà de cette concentration, une augmentation progressive des valeurs de MES et de la turbidité est observée. En effet, au-delà de 500 mg/L, les floccs formés se disloquent. Ainsi, tout ajout de coagulant supérieur à 500 mg/L constitue une surdose pour cet échantillon. Il ressort donc que cette valeur (500 mg/L) est la concentration optimale de coagulant pour ce cinquième échantillonnage.

### 3-3. Modélisation du pH en fonction de la concentration

A l'issue de ces cinq échantillonnages, les valeurs optimales de la dose de coagulant ont été enregistrées puis regroupées dans le **Tableau 7**. Ensuite, une modélisation a été effectuée à partir des valeurs optimales de coagulants trouvées afin d'établir une correspondance entre le pH et la concentration optimale de coagulant pour une utilisation prévisionnelle. Les résultats de cette modélisation sont présentés par la **Figure 6**.

**Tableau 7 : Récapitulatif de la concentration optimale du coagulant en fonction du pH**

pH	8,7	10,4	9,7	8,9	11,4
Dose de coagulant (ml/L)	200	400	350	200	500
Taux d'abattement des MES (%)	75,00	77,50	78,67	68,01	90,88
Taux d'abattement de la turbidité (%)	85,10	77,33	63,70	63,22	92,24

**Figure 6 : Évolution de la concentration optimale du PAC en fonction du pH des effluents**

La modélisation de la concentration du coagulant en fonction du pH donne un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,9796$  proche de 1, le modèle est donc bon et peut être utilisé pour prévoir la dose de coagulant connaissant le pH. Par ailleurs, la relation mathématique permettant de relier la concentration de coagulant au pH est la suivante :  $C = 1155,2 \ln(pH) - 2303,2$ . Dans cette relation,  $C$  désigne la concentration optimale de coagulant à ajouter et  $pH$ , le pH de l'effluent brut à traiter.

### 3-4. Détermination de la concentration optimale du floculant

Le floculant utilisé pour ces différents essais est le polyacrylamide, un polymère non ionique utilisé comme aide coagulant et qui favorise l'agglomération et la formation des floccs.

#### 3-4-1. Échantillons ayant un pH entre 8 et 8,9

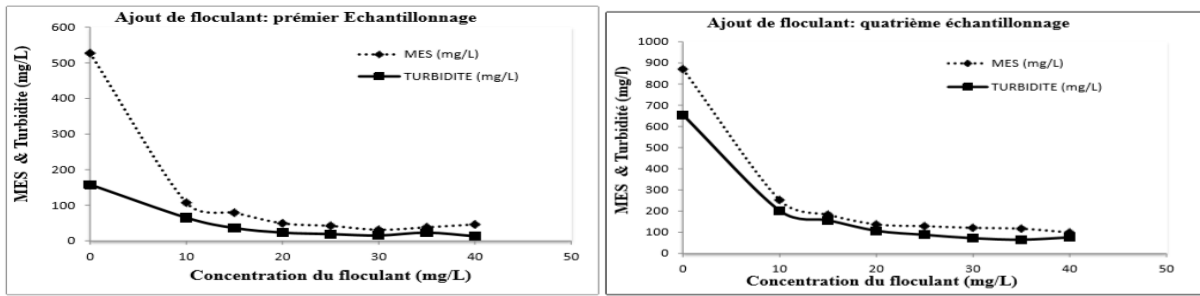
Pour une concentration optimale de polychlorure d'aluminium (200 mg/L) correspondante à un degré de clarification maximale, on a étudié l'évolution du degré de clarification en fonction de la dose du floculant non ionique. Ces effluents sont traités par le floculant avec des concentrations allant de 0 à 40 mg/L soit de 0 à 40 ppm et pour chaque dose, différents paramètres sont mesurés. Les résultats obtenus sont consignés dans le **Tableau 8**.

**Tableau 8 : Effet du polyacrylamide sur l'élimination de la turbidité et de MES pour les échantillonnages 1 et 4**

E <sub>1</sub>	C (mg/L)	0	10	15	20	25	30	35	40	
	MES (mg/L)		527	107	79	49	42	31	38	46
Taux de réduction MES (%)		75	94	96,3	97,7	98	98,5	98,2	97,8	
Turbidité (mg/L)		158	65	36	23	19	15	23	13	
Taux de réduction turbidité (%)		85,1	93,9	96,6	97,8	98,2	98,6	97,8	98,8	
E <sub>4</sub>	C (mg/L)		0	10	15	20	25	30	35	40
	MES (mg/L)		654	202	157	107	88	72	65	76
	Taux de réduction MES (%)		63,2	88,6	91,2	94,9	95	96,9	96,3	97
	Turbidité (mg/L)		870	252	183	137	129	121	117	109
	Taux de réduction turbidité (%)		68,0	90,7	93,3	95	95,3	95,6	95,7	96,0



Les courbes montrant l'effet du floculant sur l'élimination de la turbidité et de MES sont établies à partir des résultats du **Tableau 8** et sont présentées par la **Figure 7**.



**Figure 7 : Effet du floculant sur l'élimination de la turbidité et de MES**

D'après les résultats, il ressort que pour des pH compris entre 8 à 8,9, l'ajout de floculant rend l'élimination de la turbidité et de MES optimale à la dose de 10 mg/L. En effet, au-delà de 10mg/L, les valeurs des MES et de la turbidité continuent de baisser cependant, cette baisse reste insignifiante par rapport à la quantité de floculant utilisée. La dose (10 mg/L) constitue donc la dose optimale de floculant pour un effluent de pH compris entre 8 et 8,9.

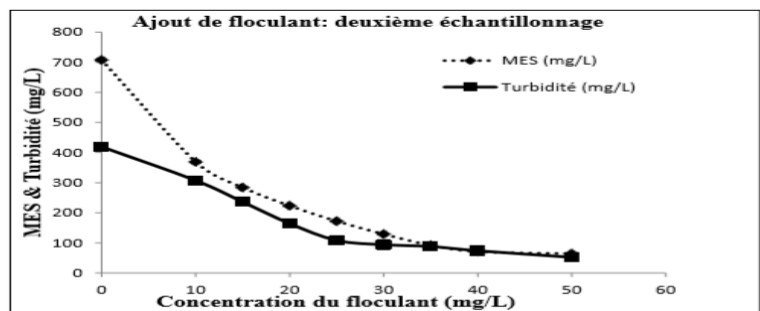
**3-4-2. Échantillons ayant un pH compris entre 9 à 10,5**

Pour des pH compris entre 9 et 10,5 ; la concentration optimale de polychlorure d'aluminium correspondante à un degré de clarification maximale est 400 mg/L. L'évolution du degré de clarification de cet échantillon a été étudié en fonction de la dose du floculant non ionique. Ces effluents ont été traités par le floculant avec des concentrations allant de 0 à 50 mg/L et pour chaque dose, différents paramètres ont été mesurés. Les résultats figurent dans le **Tableau 9**.

**Tableau 9 : Effet du floculant sur l'élimination de la turbidité et de MES**

E2	Concentration (mg/L)	0	10	15	20	25	30	35	40	50
	MES (mg/L)		707	369	284	223	172	129	92	71
Turbidité (mg/L)		419	307	236	164	108	94	88	74	52

Les courbes illustrant les variations de MES et de la turbidité en fonction de la concentration de floculant obtenues sont représentées par la **Figure 8**.

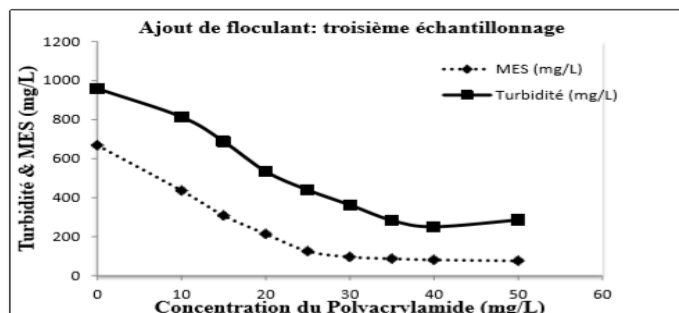


**Figure 8 : Effet du floculant sur l'élimination de la turbidité et de MES**

Les résultats du troisième échantillonnage sont mentionnés dans le **Tableau 10** et les courbes de variation obtenues sont représentées par la **Figure 9**.

**Tableau 10 : Effet du floculant sur l'élimination de la turbidité et de MES**

Concentration (mg/L)	0	10	15	20	25	30	35	40	50
MES (mg/L)	868	436	308	214	125	96	87	81	76
Turbidité (mg/L)	959	384	297	209	133	121	104	96	87

**Figure 9 : Effet du floculant sur l'élimination de la turbidité et MES**

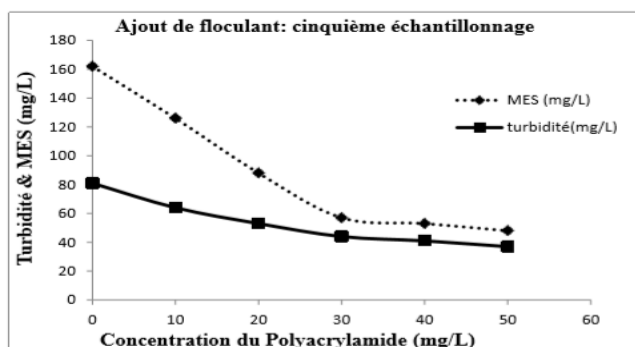
D'après les résultats, on remarque l'agglomération des colloïdes déstabilisés après la coagulation est plus efficace et la dose optimale correspondante est de 30 mg/L. Au-delà de 30 mg/L, la baisse des valeurs des MES et de la turbidité se poursuit toutefois cette diminution reste très faible par rapport à l'effet que la quantité de floculant apportée est sensé produire. La concentration 30 mg/L constitue donc la dose optimale de floculant pour ces échantillons dont le pH est compris entre 9 à 10,5.

### 3-4-3. Cinquième échantillonnage

Pour une concentration optimale de polychlorure d'aluminium (500 mg/L) correspondante à un degré de clarification maximale, on a étudié l'évolution du degré de clarification en fonction de la dose du floculant non ionique. Les résultats sont consignés dans le **Tableau 11**, les courbes établies sont illustrées par la **Figure 10**.

**Tableau 11 : Effet du floculant sur l'élimination de la turbidité et de MES**

Concentration (mg/L)	0	10	20	30	40	50
MES (mg/L)	162	126	88	57	53	48
Turbidité (mg/L)	81	64	53	44	41	37

**Figure 10 : Effet du floculant sur l'élimination de la Turbidité et MES**

Pour cet échantillon, on remarque que l'agglomération des colloïdes déstabilisés après la coagulation est plus efficace et la dose optimale correspondante à ce type d'effluents est de 30 mg/L. Au-delà de cette concentration on observe un faible abattement des valeurs de MES et celle de la turbidité.

### 3-4-4. Analyse des résultats d'ajout du floculant

**Tableau 12 : Récapitulatif de la concentration optimale du floculant**

N° des essais	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5
pH	8,7	10,4	9,7	8,9	11,4
Concentration optimal de floculant	10	30	30	10	30

Pour des pH compris entre 8 à 8,9, l'ajout de floculant rend l'élimination de la turbidité et la MES plus efficace à la dose de 10 mg/L. Par contre, lorsque le pH varie entre 9 et 11,5 l'agglomération des colloïdes déstabilisés est plus efficace à la dose de 30 mg/L.

## 4. Discussion

### 4-1. Validation des résultats obtenus

Le modèle établi permettant de relier la concentration de coagulant au pH a un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,9796$ . Ce coefficient de corrélation  $R^2$  étant très proche de 1, il en résulte que le modèle est très performant et appréciable [15]. Ce modèle ( $R^2 = 0,9796$ ) explique parfaitement le phénomène étudié et permet de prévoir les doses optimales de réactifs à utiliser connaissant le pH donc d'optimiser les procédés de traitement de Sania-cie et de réduire l'impact de leurs rejets sur l'environnement [16]. Nos travaux ont aussi révélés que les concentrations optimales de floculant sont de 10 mg/L pour des pH compris entre 8 et 8,9 et 30 mg/L pour des pH est compris entre 9 et 11,5. Certaines études [17] effectuées sur la coagulation des matières en suspension dans l'eau ont montré que la concentration optimale de coagulant est de 12 mg/L lorsque le pH est environ 8. Le taux d'abattement en MES obtenu dans notre étude est 78,01 %. En effet, environ 78 % des matières en suspension sont éliminés lorsque les doses de coagulant et de floculant sont celles que nous avons obtenues et recommandées ce qui facilite l'étape suivante qui est le traitement biologique.

### 4-2. Optimisation de la consommation de réactifs chimique

Des essais de réduction de la dose de coagulant et de floculant ont été menés de façon progressive en fonction des caractéristiques des effluents admis à la station d'épuration. Il ressort que, pour un effluent de pH compris entre 8,7 et 8,9, une concentration de 200 g/m<sup>3</sup> de polychlorure d'aluminium et 10 g/m<sup>3</sup> de polyacrylamide, permet d'obtenir un rendement meilleur. Pour un effluent dont le pH est compris entre 9 et 10,5, l'utilisation de 400 g/m<sup>3</sup> de polychlorure d'aluminium et 30 g/m<sup>3</sup> de polyacrylamide, fournit une eau assez convenable en sortie de l'étape de coagulation-floculation. L'exploitant a donc tout l'intérêt à ne travailler qu'à des concentrations comprise entre 200 à 400 g/m<sup>3</sup> pour le polychlorure d'aluminium et 10 à 30 g/m<sup>3</sup> pour le polyacrylamide. Cela permettra avec une capacité de traitement actuelle de 80 m<sup>3</sup> de consommer en moyenne 32 kg/jour de polychlorure d'aluminium et 3 kg/jour de polyacrylamide.

### 4-3. Gain sur la consommation en réactifs

La mise en œuvre des différentes recommandations pour les plages de réactifs devrait permettre de faire une économie minimale de 0,03 kg/m<sup>3</sup> sur la consommation de réactifs de polychlorure d'aluminium et une économie minimale de 16 g/m<sup>3</sup> sur la consommation du polyacrylamide par rapport à la consommation de l'année. Pour une capacité de traitement journalier fixée à 80 m<sup>3</sup> on détermine le gain annuel en réactif à partir de la relation suivante :

Gain = prix unitaire du kg de réactif\*capacité annuelle\*économie réactif/m<sup>3</sup> [18].

#### 4-3-1. Gain en polychlorure d'aluminium

$$\text{Gain} = 382 \times 80 \times 365 \times 0,03 = 334,632 \text{ FCFA}$$

On enregistre donc un gain annuel de 334 632 FCFA lié à la réduction du coagulant.

#### 4-3-2. Gain en polyacrylamide

$$\text{Gain} = 2169 \times 80 \times 365 \times 0,016 = 1\,013\,356,8 \text{ FCFA.}$$

On enregistre donc un gain annuel de 1 013 356,8 FCFA lié à la réduction du floculant. En conclusion, on enregistrera un gain moyen annuel de 1 347 988,8 FCFA lié à la gestion optimale de la consommation de réactifs chimiques.

## 5. Conclusion

Cette étude permet d'optimiser le système de traitement physico-chimique des effluents d'une huilerie de Côte d'Ivoire. Plus précisément, il s'agit de proposer des plages optimales d'utilisation des réactifs chimiques afin d'augmenter la capacité de traitement de l'usine. Les expériences réalisées ont montrées que les concentrations optimales de coagulant et de floculant dépendent du pH de l'effluent brut. Ainsi, pour des valeurs de pH de 8,7 -8,9; 9,7 ; 10,4 et 11,4, les concentrations optimales de coagulant trouvées sont respectivement : 200, 350, 400 et 500 ml/L. Ces études effectuées sur la concentration de coagulant en liaison avec le pH ont permis de proposer un modèle mathématique permettant de prévoir la concentration de coagulant à utiliser connaissant le pH de l'effluent à traiter avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,9796$ . Pour le polyacrylamide (floculant), les différents essais ont permis de montrer que ; pour des valeurs de pH compris entre 8 et 8,9 la dose optimale de floculant est 10 mg/L. Par contre, lorsque le pH est compris entre 9 et 11,4, la dose optimale de floculant est 30 mg/L. Enfin, si les plages optimales de réactifs chimiques proposées sont correctement appliquées, elles contribueraient à réaliser un gain moyen annuel de 1 347 988,8 FCFA lié à la gestion optimale de la consommation de réactifs chimiques.

## Références

- [1] - R. AYECHÉ et A. BALASKA, Caractérisation et traitement par coagulation-floculation d'un effluent de laiterie, *Journal de la société Algérienne de Chimie*, Vol. 20 (2) (2010) 83 - 93
- [2] - L. HECINI et S. ACHOUR, Incidence of Calcic, Sulfates and Phosphates salts on the coagulation-floculation of organic compounds by Aluminium sulfate, *International journal of Engineering Research in Afric*, Vol. 34 (2018) 59 - 69
- [3] - L. KOUAME et E. ASSIDJO, Simulation en régime temporel de la sédimentation de particules en suspension dans l'eau à Sania-cie (Abidjan-cote d'ivoire), *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, (2019) 2521 - 2125
- [4] - S. HEDDAM, A. BERMAD, N. DECHEMI, Modélisation de la dose de coagulant par les systèmes à base d'inférence floue (ANFIS). Application à la station de traitement des eaux de BOUDOUAOU (Algérie), *Revue des sciences de l'eau*, Vol. 25 (1) (2012) 1 - 19
- [5] - A. ABID, A. ZOUHRI et M. SENNOUNE, Etude comparative entre le traitement physico-chimique des rejets textile par un bio floculant et le traitement au niveau d'une station de prétraitement au sein d'une unité industrielle de textile, *Revue des énergies Renouvelables*, Vol. 21, N°2 (2018) 165 - 171
- [6] - J. G. CALVERT and J. N. PITTS, " *Photochemistry*", Ed. John Wiley, New York, (1966)

- [7] - V. ROCHER, C. JOIN, J. BERNIER, la production de nitrites lors de la dénitrification des eaux usées par biofiltration-stratégie de contrôle et de réduction des concentrations résiduelles, *Revue des sciences de l'eau/Journal of water science*, 31 (1) 5 (2018) 61 - 73
- [8] - H. LINDA and A. SAMIA, coagulation-floculation au sulfate d'aluminium de composés organique phénolique et effet de sels de calcium et de magnésium, *Revue des sciences de l'eau*, Vol. 27, Issue 3 (2014) 271 - 280
- [9] - J. C. KOUAME and L. COULIBALY, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 02 (2001) 155 - 162
- [10] - A. ZALAGHI, F. LAMCHOURI, M. MERZOUKI, Traitement par le procédé SBR (Sequencing Batch Reactor) des lixiviats de la décharge publique non contrôlée de la ville de Taza (Maroc), *International journal of invention and applied studies*, 23 (3) (2018) 299 - 309
- [11] - D. OUMAR, P. DROGUI, R. DUBE, G. BUELNA, Utilisation des procédés électrochimiques et leurs combinaisons avec les procédés biologiques pour le traitement des lixiviats de sites d'enfouissement sanitaires, *Revue des sciences de l'eau / Journal of water science*, 29 (1) (2016) 63 - 89
- [12] - C. CARDOT, Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses Edition Marketing S.A, (1999)
- [13] - M. BENNEOUALA, Y. BAREHA, E. MENGELLE, M. BOUNOUBA, Hydrolysis of particulate settleable solids (PSS) in activated sludge is determined by the bacteria initially adsorbed in the sewage, *revue water research*, (2017) 400 - 409
- [14] - N. BOUCHAHM, L. HECINI et W. KHERIFI, Adoucissement des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien : cas de la région de Biskra, *Revue des sciences de l'eau*, Vol. 29 (1) (2016) 37 - 48
- [15] - L. KOUAME et E. ASSIDJO, Simulation du traitement par boues activées des effluents industriels en milieu anaérobie : cas de Sania-cie en côte d'ivoire, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 35 (2020) 97 - 110 97
- [16] - B. SEYHI, P. DROGUIL, G. BUELNA, J. BLAIS, M. HERAN, Etat actuel des procédés de bioréacteur à membrane pour le traitement et la réutilisation des eaux usées industrielles et urbaines, *Revue des sciences de l'eau*, Vol. 24 (3) (2011) 283 - 310 p.
- [17] - D. JULIANA, M. REGINA, M. TERESINHA, Performance of different coagulants in the coagulation/flocculation process of textile wastewater, *Journal of cleaner production*, 208 (2019) 656 - 665
- [18] - V. GARCIA, C. VIALLE, P. GALLIEN et C. ALBASI, Etude de la performance du milieu filtrant constitué d'un sur une couche de grignons d'olives dans le traitement des eaux usées domestiques : du pilote à l'échelle industrielle, *Revue des sciences de l'eau*, Vol. 32 (1) (2019) 1 - 10 p.