

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à l'évaluation des performances du procédé de coagulation-floculation (C-F), pour le traitement d'un effluent simulé (*constitué de l'eau potable et du colorant rouge nylosan*) et d'un effluent réel de l'industrie de textile.

Les expériences ont été réalisées pour examiner l'effet des paramètres de fonctionnement du procédé, tels que, la vitesse et le temps d'agitation, le temps de décantation, la concentration et le type du coagulant, la concentration du floculant, le pH initial, la concentration initiale et l'ajout d'un floculant naturel (le figuier de Barbarie).

III.2. Effet du temps et de la vitesse d'agitation

Le temps et de la vitesse d'agitation sont des paramètres important dans la formation des coagulants et floculants. La coagulation demande une vitesse d'agitation rapide afin que le coagulant et les particules se rencontrent et se neutralisent, alors que la floculation nécessite une vitesse relativement lente afin de favoriser la rencontre et l'agrégation des colloïdes sans détruire les flocs déjà formés. On cherche à obtenir au final une eau plus limpide et des flocs volumineux pour faciliter leur décantation.

III.2.1. Cas de la coagulation

Les vitesses étudiées sont 150, 200 et 250 tr/min. Les temps d'agitation sont 2 et 3 min. Pour chaque vitesse on varie la durée d'agitation. La concentration du colorant est de 20 mg/L (45 NTU) et la dose du coagulant de sulfate d'aluminium est fixée à 100 mg/L. Après chaque temps d'agitation rapide, on réduit la vitesse à 60 tr/min pendant 30 min d'agitation. Après ce temps, l'appareil s'éteint, on lève les outils d'agitation et on laisse décanter pendant 60 min. Chaque 10 min, un échantillon de 50 ml de surnageant est prélevé avec une pipette dans chaque bécher, sans perturbation du liquide pour l'analyse. Les résultats trouvés sont représentés sur les figures suivantes (Fig. III.1).

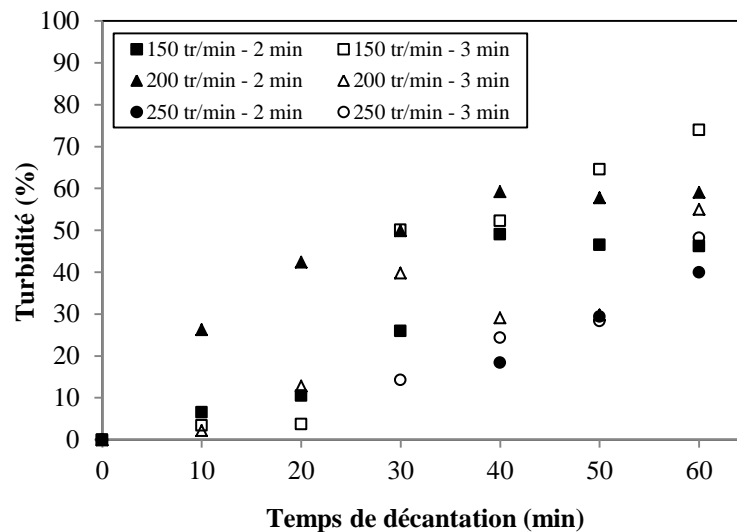


Figure III.1 : Effet du temps et de la vitesse d'agitation sur l'élimination de la turbidité (Coagulation) : C_i (colorant) = 20 mg/L (45 NTU), C (SA) = 100 mg/L, pH initial = 8.6, conductivité κ = 2.9 mS/cm

On voit que les résultats de 150 tr/min pendant 3 min et de 200 tr/min pendant 2 min sont proches. Pour cela, une agitation rapide de 150 tr/min pendant 3 min sera prise comme la vitesse de la coagulation. Les résultats expérimentaux montrent que le taux d'élimination de la turbidité augmente avec le temps de décantation.

III.2.2. Cas de la floculation

En fixant la vitesse de la coagulation à 150 tr/min durant 3 min d'agitation, et pour les mêmes concentrations de colorant et de coagulant, on fixe l'agitateur mécanique à la vitesse voulue (30, 40 et 60 tr/min). Pour chaque vitesse, on varie le temps d'agitation lente (20 et 30 min). Juste après l'arrêt de l'appareil et la levée des hélices d'agitation, on laisse décanter pendant 60 min. L'analyse des échantillons prélevés nous donne la figure suivante (Fig. III.2).

Les résultats montrent que pour une vitesse de 30 tr/min pendant 20 min et 30 min d'agitation sont proches. Pour cela on opte pour une agitation lente de 30 tr/min pendant 3 min sera prise comme la vitesse de la floculation pour les prochaines expériences.

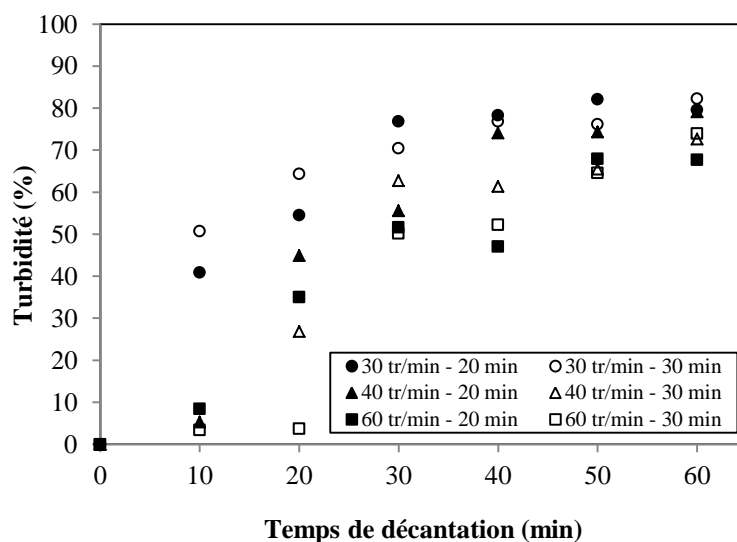


Figure III.2 : Effet du temps et de la vitesse d'agitation sur l'élimination de la turbidité (Floculation): C_i (colorant) = 20 mg/L, C (SA) = 100 mg/L, pH initial = 8.6, conductivité κ = 2.9 mS/cm

III.3. Effet de la dose du coagulant (Sulfate d'alumine)

III.3.1. En absence du floculant

L'effet de la dose du sulfate d'aluminium est illustré dans la figure (III.3). Tous les paramètres ont été maintenus constants ($v_{\text{coag.}}$ = 150 tr/min, Temps d'agitation rapide = 3 min, $v_{\text{floc.}}$ = 30 tr/min, Temps d'agitation lente = 20 min), excepté la concentration du coagulant.

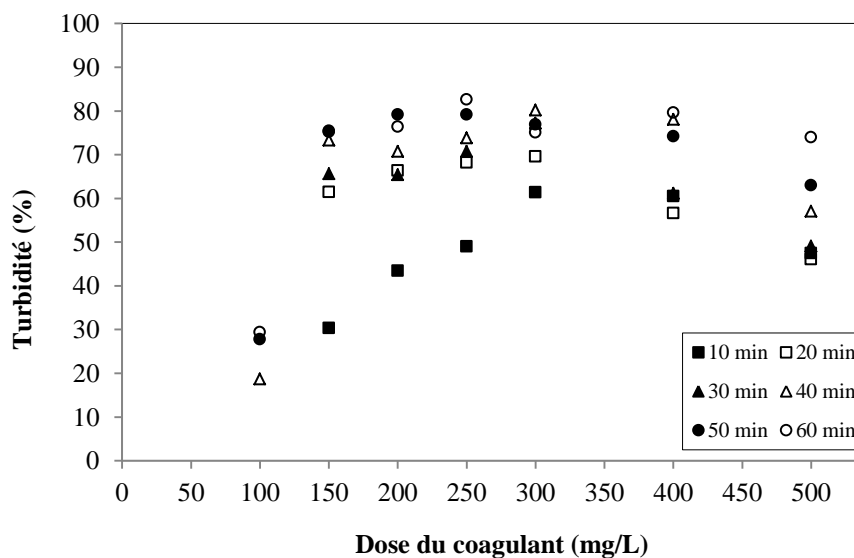


Figure III.3 : Effet de la dose du coagulant (SA) et du temps de décantation sur l'élimination de la turbidité : C_i (colorant) = 20 mg/L, pH initial = 8.7, conductivité κ = 2.9 mS/cm

On voit clairement que le taux d'élimination de la turbidité augmente avec l'augmentation de la dose du coagulant et de temps de décantation pour les premières concentrations (50 – 250 mg/L). Comme le montre cette figure, un taux maximal de **82.66 %** est enregistré pour une dose de **250 mg/L** du coagulant après une heure de décantation. Pour des doses supérieures à 300 mg/L, on voit l'effet inverse, c'est-à-dire, le taux diminue et ce en raison de la précipitation étendue de l'excès d'hydroxyde d'aluminium, qui gêne légèrement la coagulation [69]. Il est à noter que le temps de décantation a une influence sur l'abattement de la turbidité.

III.4. Effet de la dose du coagulant (Chlorure ferrique)

III.4.1. En absence du floculant

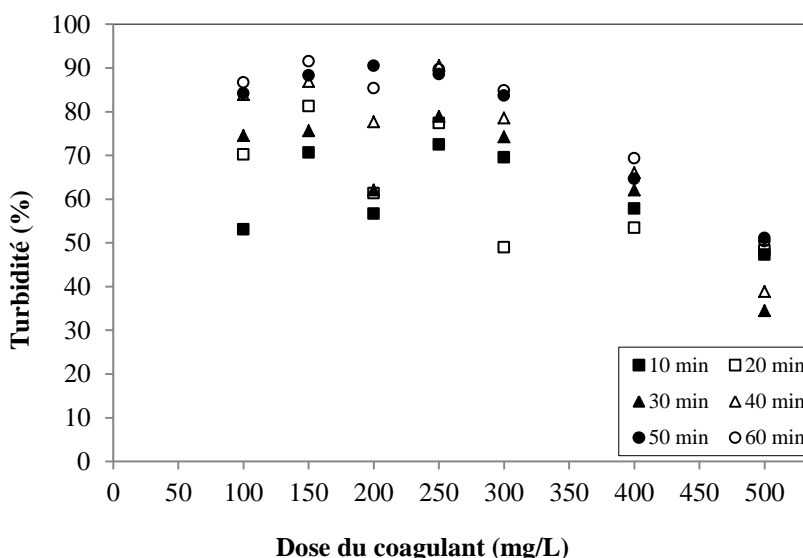


Figure III.4 : Effet de la dose du coagulant (FeCl_3) et du temps de décantation sur l'élimination de la turbidité : C_i (colorant) = 20 mg/L, pH initial = 8.34, conductivité κ = 2.9 mS/cm

D'après la figure (III.4), on voit que l'allure des courbes d'élimination de la turbidité en fonction de la dose du coagulant est semblable à celle obtenue pour le cas de sulfate d'alumine. Le maximum d'abattement (**90.54 %**) correspondant à la plus faible valeur de la turbidité est enregistré à une dose de **250 mg/L** de FeCl_3 .

III.5. Effet du pH initial

Le pH initial est l'un des principaux paramètres jouant un rôle important dans l'efficacité de la coagulation-floculation par la formation des précipités tels que, $\text{Al}(\text{OH})_3$ et FeCl_3 [70,71].

III.5.1. En présence de sulfate d'alumine

Afin d'étudier l'effet de ce paramètre, le pH initial a été varié de 3.5 à 10.6 en utilisant une solution de HCl (0.1 N) ou une solution de NaOH (2 N) (Fig. III.5).

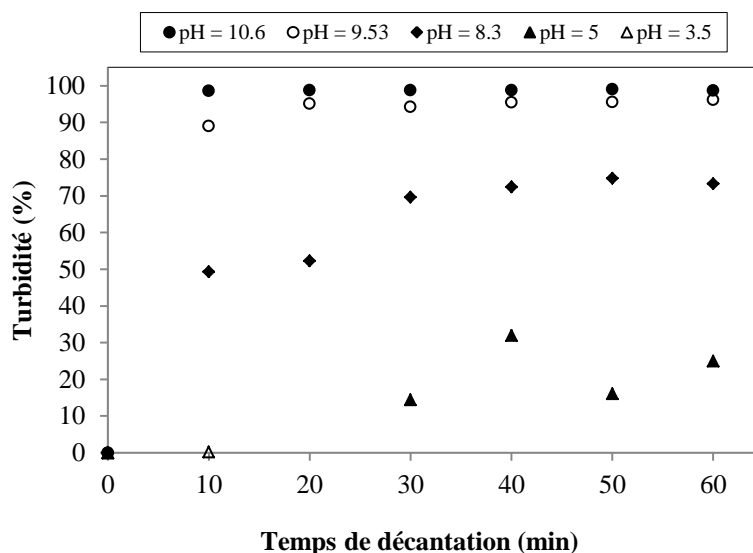


Figure III.5. Effet du pH initial sur l'élimination de la turbidité : C_i (colorant) = 20 mg/L, C (SA) = 250 mg/L conductivité κ = 2.9 mS/cm

La figure (III.5) montre que Y_{Turb} dépasse 95 % pour les pH 9.53 et 10.6 et ne dépasse pas 75% pour les autres pH (3.5 - 8.3). Le maximum d'élimination de la turbidité a été observé à un pH de 10.6 avec $Y_{\text{Turb}} = 99$ %.

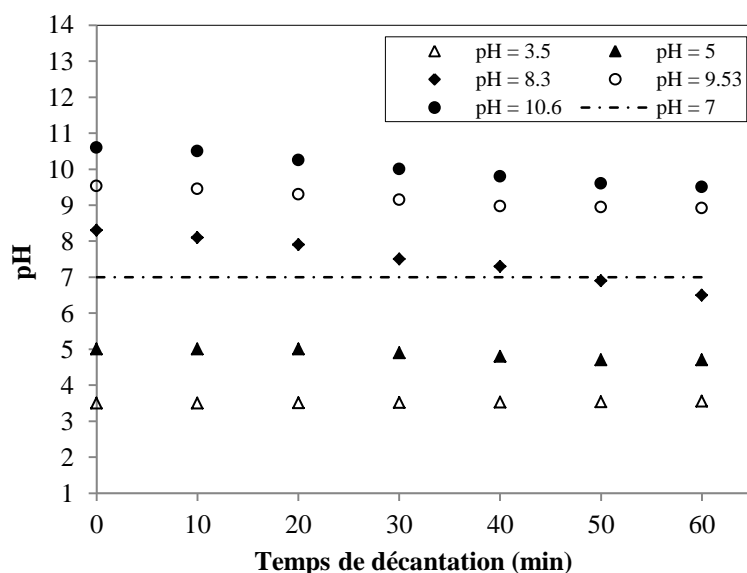


Figure III.6 : Evolution du pH au cours de la C-F en présence de SA

Le pH a changé pendant la période de traitement par C-F et son **évolution** dépend du pH initial. On remarque un certain pouvoir tampon en raison d'une balance entre la production et la consommation de OH^- et du besoin de la neutralisation de la charge avant la transformation

finale des composés solubles du coagulant sous forme d'hydroxyde d'aluminium ($\text{Al}(\text{OH})_3$) [64,69,72] qui empêche le changement élevé du pH de la neutralité, comme dans la figure (III.6). Lorsque le pH initial est au-dessus de cette valeur, le pH diminue pendant la coagulation-floculation; autrement, on observe le même comportement.

III.5.2. En présence de FeCl_3

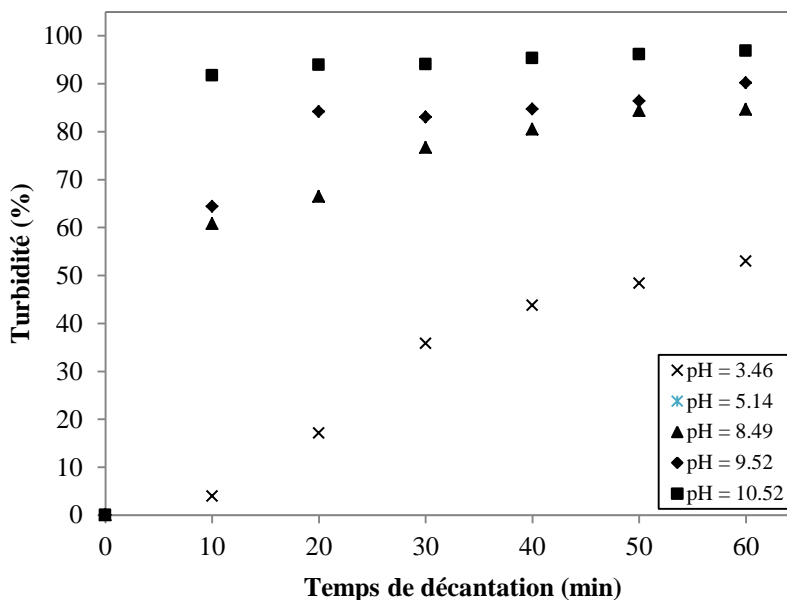


Figure III.7 : Effet du pH initial sur l'élimination de la turbidité C_i (colorant) = 20 mg/L, $C(\text{FeCl}_3) = 250$ mg/L conductivité $\kappa = 2.9$ mS/cm

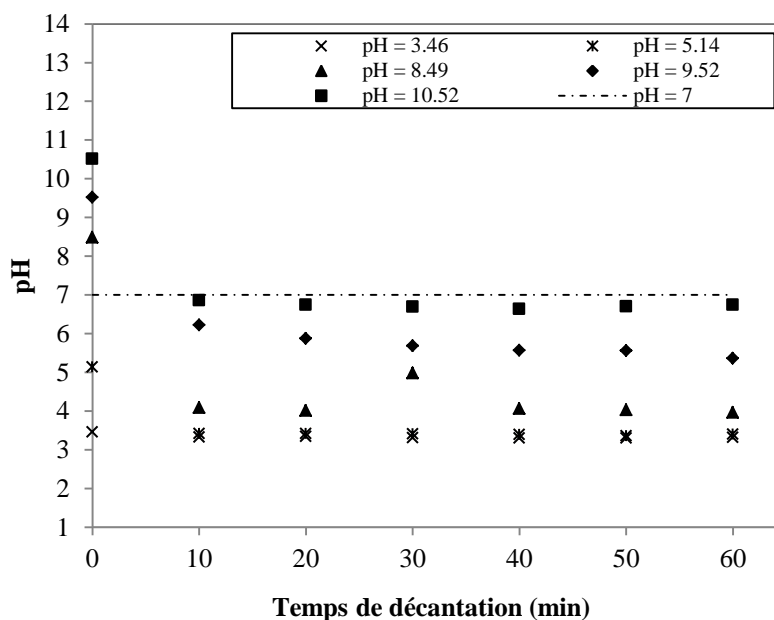


Figure III.8 : Evolution du pH au cours de la C-F en présence de FeCl_3

La figure (III.7) montre que Y_{Turb} dépasse **84 %** pour les pH **8.49, 9.52** et **10.52** et ne dépasse pas **52 %** pour les autres pH (**3.46** et **5.14**). Le maximum d'élimination de la turbidité a été observé à un pH de **10.52** avec $Y_{\text{Turb}} = 96.83 \%$. Même interprétation que précédemment concernant l'évolution du pH au cours de la C-F (Fig. III.8).

D'après l'étude de ce paramètre, nous pouvons dire que les deux coagulants sont efficaces, mais il est à signaler que pour le FeCl_3 , le pH final diminue rapidement et peut dépasser la norme de rejet (6.5 – 8.5). Les pH finaux correspondants sont 9.6 et 6.7, respectivement (Figs. III.6 et III.8).

III.6. Effet de la dose du flocculant

III.6.1. Présence de sulfate d'alumine

Le flocculant industrielle étudié est anionique, il a été gracieusement offert par la station de traitement des eaux potables "TILESDIT - Bouira". Afin de voir l'effet de l'ajout du flocculant, nous avons testé les concentrations suivantes : 5, 10, 50, 100 et 150 mg/L.

La figure (III.9) montre que le maximum d'abattement de la turbidité (**92 %**) a été observé pour une concentration de **50 mg/L**. Le taux observé en absence du flocculant est de **82.66 %**, soit une augmentation d'environ **10 %**.

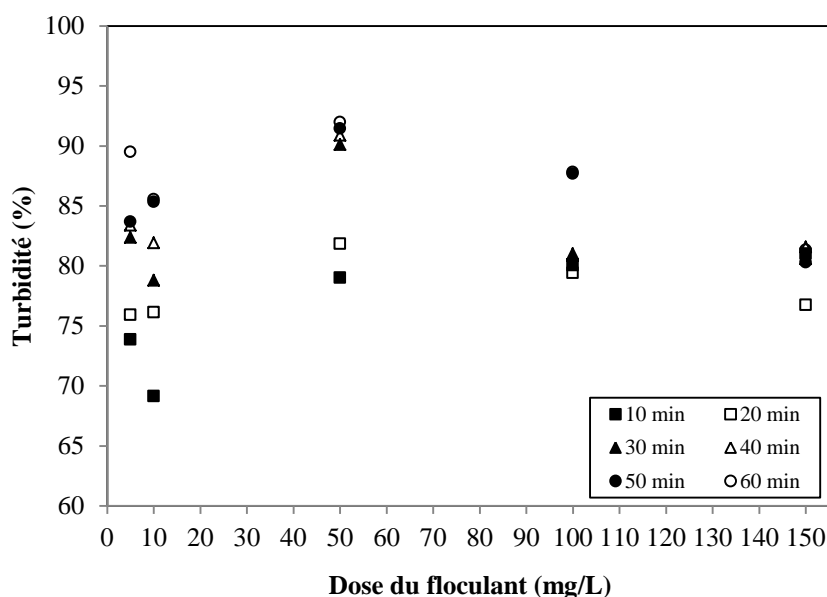


Figure III.9: Effet de la dose du flocculant anionique en présence du SA sur l'élimination de la turbidité : C_i (colorant) = 20 mg/L, C (SA) = 250 mg/L, pH initial = 8.34, conductivité κ = 2.9 mS/cm

III.6.2. Présence de FeCl_3

La figure (III.10) montre que le maximum d'abattement de la turbidité (92 %) a été observé pour une concentration de 5 mg/L. Le taux observé en absence du flocculant est de 90.54 %, soit une augmentation d'environ 1.5 %.

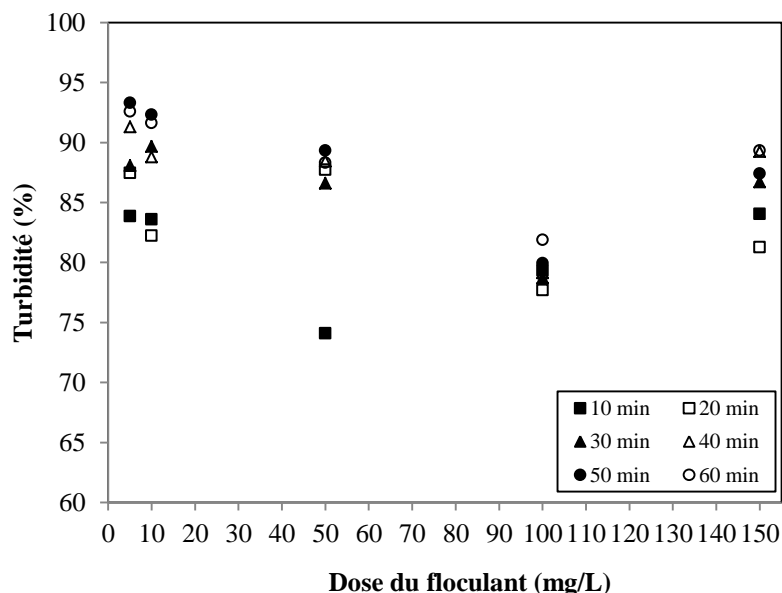


Figure III.10: Effet de la dose du flocculant anionique en présence de FeCl_3 sur l'élimination de la turbidité : C_i (colorant) = 20 mg/L, C (FeCl_3) = 250 mg/L, pH initial = 8.34, conductivité $\kappa = 2.9$ mS/cm

III.7. Influence de la concentration initiale du colorant sur l'élimination de la turbidité

Dans le but d'évaluer l'influence de la concentration initiale du colorant sur le traitement par la coagulation floculation, nous avons étudié les concentrations suivantes : 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1000 et 1400 mg/L.

Les figures (III.11) et (III.12) illustrent la variation du pourcentage d'élimination de la turbidité en fonction de la concentration initiale du colorant, en utilisant les conditions optimales obtenues précédemment. Selon les résultats obtenus, la coagulation-floculation peut traiter des concentrations très élevées en colorants avec des taux d'abattement de la turbidité allant de 80 % à 100 % (50 à 600 mg/L pour SA et 50 à 800 mg/L pur FeCl_3).

III.7.1. En présence de sulfate d'alumine

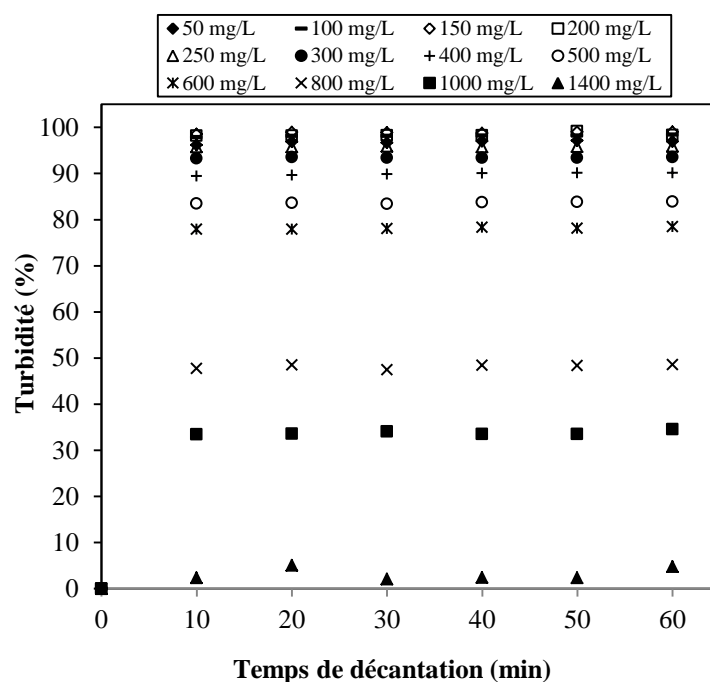
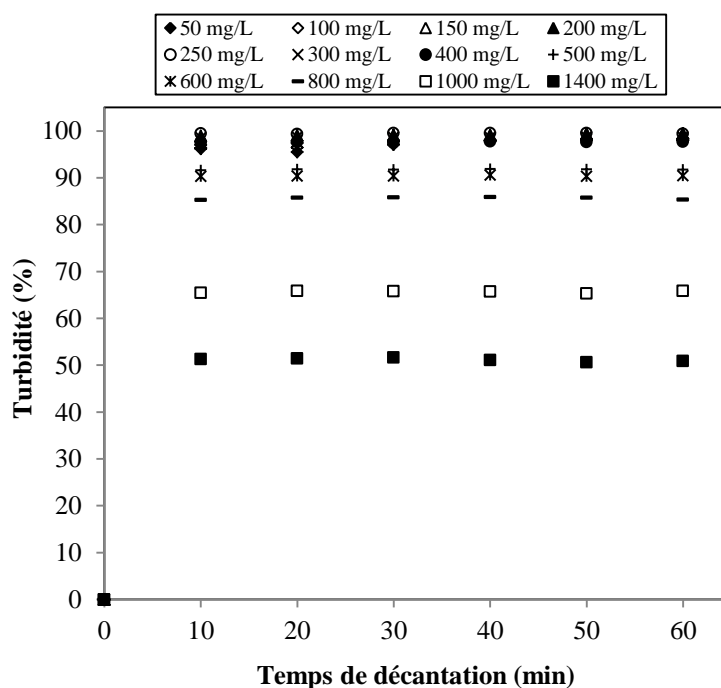


Figure III.11 : Effet de la concentration initiale du colorant en présence du SA sur l'élimination de la turbidité

III.7.2. En présence de FeCl₃Figure III.12 : Effet de la concentration initiale du colorant en présence de FeCl₃ sur l'élimination de la turbidité

On peut diviser ces deux figures en deux parties :

- **50 à 800 mg/L** : L'abattement de la turbidité est très considérable pour cette gamme de concentrations. L'efficacité se situe entre **85 %** et **100 %** pour les deux coagulants, mais pour le (SA), le taux est au voisinage de 80 % pour la concentration de **600 mg/L** et **50 %** pour la concentration de **800 mg/L**.
- **1000 à 1400 mg/L** : On constate que l'efficacité d'élimination de la turbidité est influencée par l'augmentation de concentration de colorant de 1000 à 1400 mg/L. Ceci est prévisible quand la concentration de colorant augment la quantité du coagulant dissout ne suffit pas à éliminer la pollution. Les résultats montrent que l'efficacité de l'abattement de la turbidité pour ces concentrations se situe entre 35 % et 50 % pour (SA) et entre 50 % et 65 % pour FeCl_3 .

III.8. Effet du volume du floculant naturel en présence de SA

Dans le but d'évaluer l'impact de l'ajout d'un floculant naturel (*Opuntia ficus indica* : OFI) sur les performances de la méthode de la C-F, nous avons testé les volumes suivants : 2, 4, 6, 8, 10, 12, 20, 30, 40, 50 et 60 mL.

III.8.1. En absence du floculant anionique

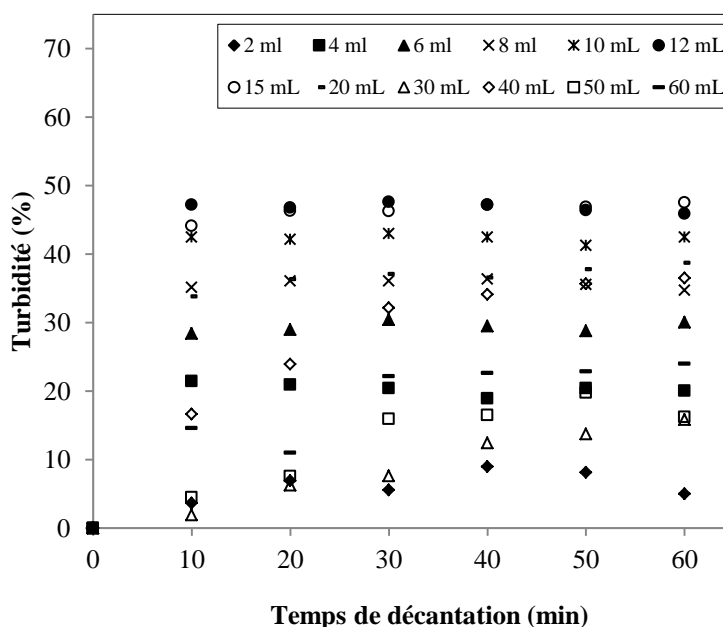


Figure III.13: Effet du volume du floculant naturel (jus de cactus) sur l'élimination de la turbidité

C_i (colorant) = 1000 mg/L, C (SA) = 250 mg/L, pH initial = 8.5, conductivité κ = 2.9 mS/cm

La figure (III.13) montre que Y_{Turb} (%) augmente avec l'augmentation du volume ajouté de de l'OFI jusqu'à 15 mL. Après on observe une diminution dans le taux d'abattement. Les résultats obtenus pour les volumes 12 et 15 mL sont proches.

III.8.2. En présence du flocculant anionique

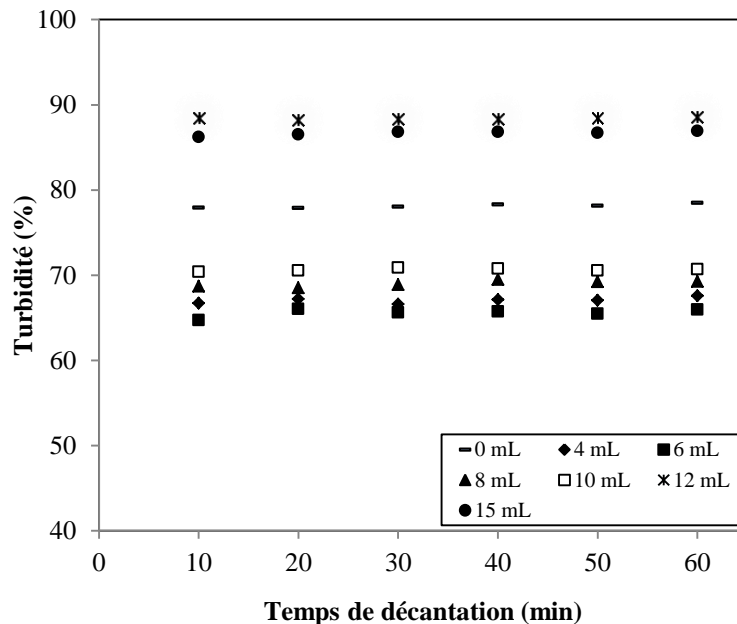


Figure III.14 : Effet de la dose du flocculant naturel (jus de cactus) sur l'élimination de la turbidité

C_i (colorant) = 600 mg/L, C (SA) = 250 mg/L, C (Floc) = 50 mg/L, pH initial = 8.5, conductivité $\kappa = 2.9$ mS/cm

Les résultats montrent qu'un ajout de 12 mL du jus de cactus a augmenté considérablement l'élimination de la turbidité, de 78.5 % à 88.5 %, soit 10 % de plus.

III.9. Etude d'un effluent réel – TINDAL

Le complexe TINDAL est un complexe de fabrication de toiles, il est implanté dans la zone industrielle de M'sila, situé à environ trois (03) Km du chef-lieu de la commune. Sa superficie totale est de 327422 m². Le complexe est composé de trois bâtiments qui sont : Filature, Tissage et Finissage. Afin de voir l'effet des paramètres optimisés précédemment, nous avons testé un effluent réel de ce complexe, qui n'a subi aucun traitement préalable.

L'évolution de l'abattement de la turbidité de cet effluent est représentée sur la figure (III.15).

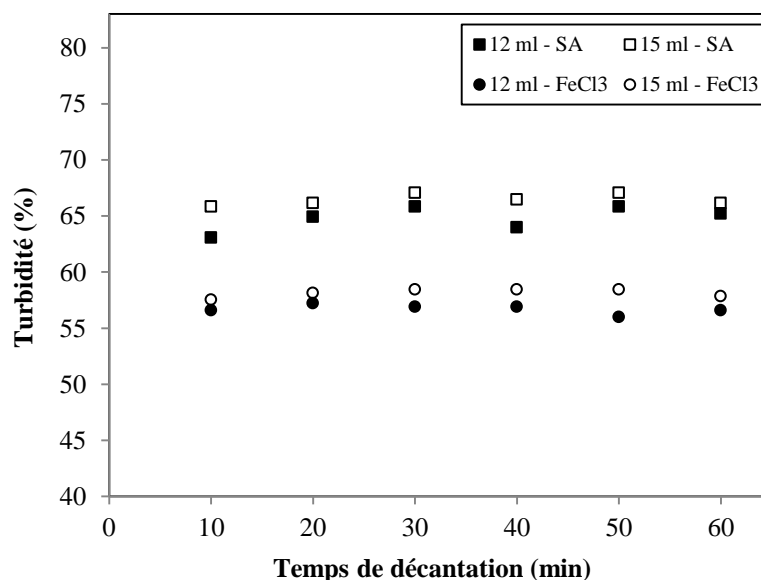


Fig. III.15. Evolution de l'abattement de la turbidité : $Turb_i = 325$ NTU, mg/L , $pH_i = 9.65$, conductivité $\kappa = 6.510$ mS/cm

D'après cette figure, et malgré que l'effluent est trop chargé et constitué de plusieurs composés, l'ajout de l'OFI en présence du sulfate d'alumine est meilleur par rapport au $FeCl_3$. Le taux maximum d'abattement de la turbidité est de **67 %** pour SA et **58.46 %** pour $FeCl_3$.

La **DCO** initiale de l'eau usée de textile utilisée est de **1702 mg/L**. Après 60 min de décantation, et sous les conditions opératoires optimisées auparavant, la **DCO** est de **88.2 mg/L** pour SA et **200 mg/L** pour $FeCl_3$, soit un abattement de **94.81 %** et **33.33 %**, respectivement. La **DBO₅** a été réduite à **17 %** pour SA et à **40.88 %** pour $FeCl_3$. Pour les MES, les aux étaient de **57.33 %** pour SA et **53.33 %** pour $FeCl_3$.

III.10. Conclusion partielle

Une série d'expériences a été réalisée afin de trouver les effets des paramètres influençant le procédé de coagulation-floculation, pour le traitement d'un effluent simulé constitué à base d'un colorant rouge nylosan utilisé dans l'industrie de textile. Les paramètres optimisés sont appliqués sur un effluent réel de l'industrie textile (Complexe TINDAL).

Nos résultats soulignent l'opportunité d'appliquer cette technique pour un abattement efficace de la turbidité même pour des concentrations élevées. Le coagulant $FeCl_3$ en absence d'un flocculant chimique a montré une efficacité supérieure par rapport au sulfate d'alumine (SA), mais les valeurs du pH final sont hors normes de rejet, ce qui requiert l'ajout des produits chimiques basiques engendrant ainsi des frais supplémentaires ; ce qui va rendre l'utilisation de ce coagulant un peu coûteuse.

