

# TRAITEMENT PAR LA METHODE DE FLOTTATION SUR COLONNE DES EFFLUENTS DE TEINTURERIE ARTISANALE A BAMAKO

MAMOU RACHEL NIAKATE<sup>1</sup>, KALIFA KEITA<sup>1</sup>, DRISSA SAMAKE<sup>1</sup>,  
ABDOULAYE S CISSE<sup>1</sup>, FABIEN THOMAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement (LSTE), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako

<sup>2</sup>Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux (LIEC), Université de Lorraine (France)

Auteur correspondant : Mamou Rachel Niakaté, <sup>1</sup>Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement (LSTE), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Email : [mamourachelniakate@yahoo.fr](mailto:mamourachelniakate@yahoo.fr)

## Résumé

Au cours des différentes étapes du procédé de teinture, des quantités plus ou moins importantes de colorants sont perdues par manque d'affinité entre le colorant et les surfaces à teindre. Les rejets chargés en polluants altèrent beaucoup la qualité des ressources en eau et des sols. Face à cette forte dégradation de l'environnement, le traitement est donc devenu une nécessité au Mali. Ainsi la méthode de flottation sur colonne qui est l'une des plus importantes applications de la chimie physique des surfaces a été utilisée. Dans ce travail, des échantillons de teinture ont été prélevés dans le centre de teinture de Dianéguéla à Bamako. L'effluent brut prélevé a été dilué au dixième. La quantité de tensioactif (tétradécyltriméthylammonium bromide) a été optimisée, puis l'effluent traité a été analysé après une heure de décantation. Les résultats obtenus montrent que la dose de 1,4 g/L de tensioactif entraîne une diminution considérable de la concentration des paramètres physicochimiques analysés. La turbidité a diminué de 71%, la DCO de 64%, la DBO<sub>5</sub> de 50%. Les éléments traces métalliques (Cu, Pb, Zn, Ca, Mg) ont presque disparu après traitement sauf le fer et le Manganèse dont les teneurs ont diminué de 34% et 5 %.

**Mots clés** : Traitement, teinture artisanale, flottation, effluent, Bamako.

## Abstract

During the various stages of the dyeing process, more or less significant amounts of dyes are lost due to a lack of affinity between the dye and the surfaces to be dyed. The rejects, containing pollutants, significantly alter the quality of water resources and soil. Faced with this degradation of the environment, treatment has therefore become a necessity in Mali. Thus the column flotation method which is one of the most important applications of physical surface chemistry was used. In this work, dye samples were taken from the Dianéguéla dyeing center in Bamako. The raw effluent collected was diluted to tenth. The amount of surfactant (tetradecyltrimethylammonium bromide), then the treated effluent was analyzed after one hour decantation. The results show that the dose of 1.4g/L of surfactant causes a considerable decrease of the concentration of the physicochemical parameters analyzed. Turbidity decreased 71%, COD by 64%, BOD<sub>5</sub> by 50%. The metallic trace elements (Cu, Pb, Zn, Ca, Mg) almost disappeared after treatment except iron and the manganese the content of which has decreased only by 34% and 5%.

**Keywords**: Processing, artisanal dyeing, flotation, effluent, Bamako

## 1. Introduction

La teinturerie artisanale utilise une quantité excessive d'eau et de produits chimiques (colorants synthétiques, l'hydroxyde de sodium, l'hydrosulfite de sodium, ...) dans la teinture du tissu (Lepinay, 2008). La plupart des teinturières (car l'activité est menée en général par les femmes) évacuent leurs effluents chargés en polluants dans les cours d'eau proches ou dans la rue sans aucun traitement. La présence de matières colorantes dans les rejets de teinture cause des dégâts à la vie aquatique et à l'environnement en général (Ali et al., 2009).

Cette altération de nos ressources en eau constitue une menace sérieuse atteignant l'homme à travers la chaîne alimentaire (Hemsas, 2008). D'où la nécessité de lutter contre cette pollution.

L'objectif de ce travail est de traiter les effluents de teinturerie artisanale par la méthode de flottation sur colonne qui est l'une des méthodes les plus efficaces et les plus employées dans le processus de séparation solide-liquide (Revue science de matériaux. 2015). Le procédé a d'abord été développé dans l'industrie minière pour la récupération sélective des particules de différents minerais métalliques avant de gagner les domaines du traitement de l'eau et du recyclage (Erasmio, 2013).

De nombreuses études ont été menées sur le traitement des eaux de teinturerie artisanale au Mali et ailleurs, notamment sur colonne de sable (DiarraM, 2006). Le même auteur a fait le traitement avec la chaux (Diarra, 2006). Lepinay Gary en 2008 a aussi fait des essais de coagulation-floculation avec du sulfate et du charbon. Larson Hanna en 2009 a fait une étude sur la possibilité de traiter des effluents de teinture artisanale à Bamako avec des produits chimiques (sulfate d'aluminium, chlorure ferrique (III)) et locaux moins chers (le son de riz, la balle de riz ...). Le traitement par coagulation-floculation-décantation a été effectué par Niakaté Mamou Rachel en 2018 avec des sels de métaux trivalents ( $Al_2(SO_4)_3$ ,  $AlCl_3$ ,  $FeCl_3$ ) et le *moringaoleifera*. Perkowski Jean et Lech Kos ont travaillé sur le traitement des eaux usées de teinturerie à l'aide du peroxyde d'hydrogène et d'ions ferreux. En 2010 Halimoon Net al ont fait le traitement avec la zéolite associée à l'alun. Le traitement avec les bactéries a été effectué par Singh en 2017. AshaLata Singh et al ont étudié la décoloration, la dégradation et l'enlèvement des métaux lourds dans les effluents textiles à l'aide d'un consortium de bactéries. Ce traitement permet une bonne décoloration de l'effluent mais à bas pH (1,6). Ces méthodes ont montré leur limite ainsi que la complexité de traitement de ces effluents, car produisant une grande quantité de boue dont la gestion est plus compliquée.

La méthode de traitement par flottation permet l'élimination quasi totale des éléments trace métallique. Elle ne produit pas assez de boue et permet la récupération de colorant et leur éventuelle réutilisation.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. L'échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué au centre de teinture de Dianéguela, en Commune VI de Bamako avec les coordonnées géographiques (12°6'19.24"N, 07°9'51.55"W, altitude 344). Il est situé à environ 1 km à vol d'oiseau du fleuve. En aval de la confluence entre celui-ci et le marigot traversant le quartier se trouve une station compacte de pompage d'eau potable.

Les effluents de teinture ont été prélevés dans le bassin de collecte du centre de teinturerie où toutes

les eaux usées (bain de teinture et les eaux de rinçage) sont déversées.

A l'aide d'une pissette, les flacons d'un litre sont rincés 3 fois avec l'échantillon avant d'être remplis jusqu'au bord.

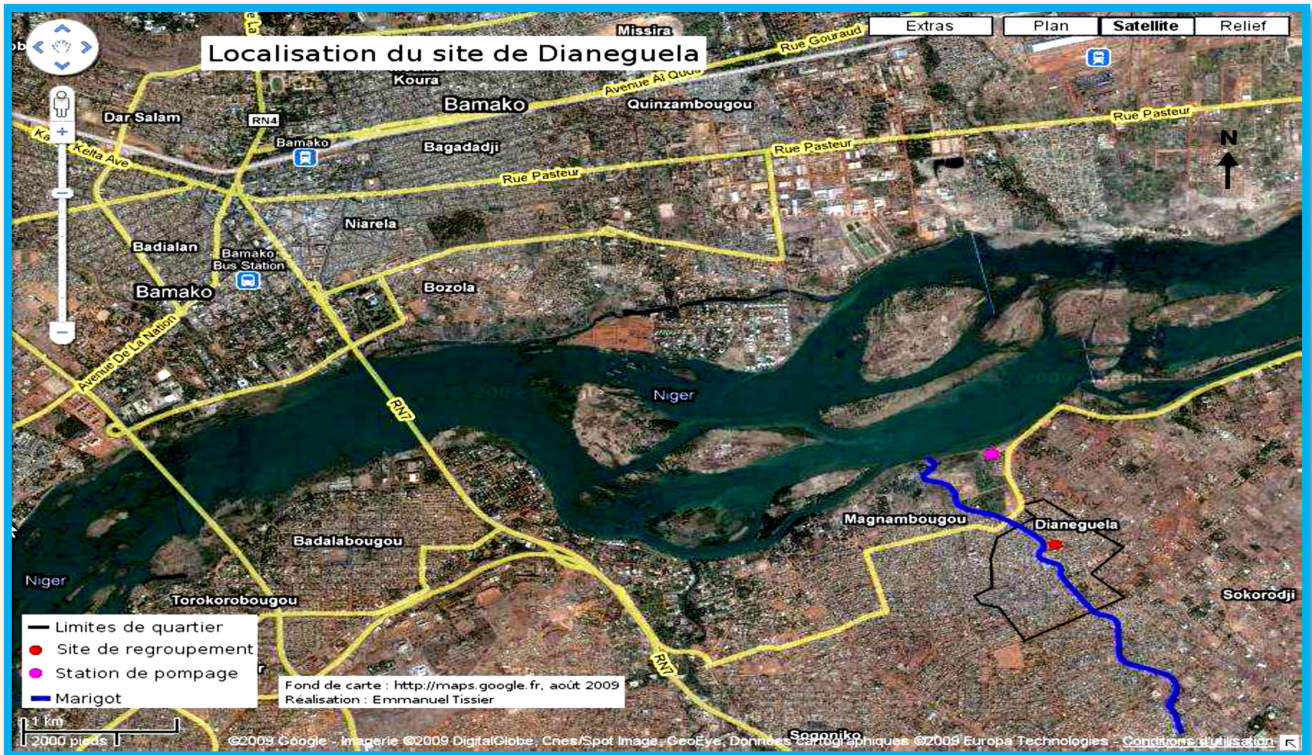


Figure 1 : Cartographie de Bamako



Figure 2 : Bassin de collecte du centre de teinturerie

## .2 Méthode expérimentale

Des doses croissantes du tensioactif (tétradécyltriméthylammoniumbromide  $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{N}(\text{Br})(\text{CH}_3)_3)$ ) ont été ajoutées à 250 mL d'échantillon dilué au 1/10 contenu dans des béchers de 500 mL.

L'ensemble a été agité à 150 tours/mn pendant 15 mn dans le but de rendre hydrophobe la surface de certains solides de manière à ce qu'elle ait une plus grande affinité pour l'air que pour l'eau (Abbal, 2011) ;

L'échantillon a ensuite été transvasé dans la cellule de flottation ;

Le débit d'air dans le compresseur a été réglé à l'aide d'un débitmètre à  $1\text{cm}^3/\text{mn}$  ;

Dans ce processus, les matières en suspension hydrophobes viennent se réfugier à l'intérieur des bulles. Les collecteurs transportent les corps piégés jusqu'à la surface de la cellule ;

Dans la partie supérieure, les agglomérats formés sont retenus dans la mousse. La mousse chargée est ensuite évacuée par déversement ;

Des analyses ont été effectuées sur l'effluent clarifié à l'aide de :

- pH mètre de marque pH M 210 pour la détermination du pH ;
- turbidimètre de laboratoire modèle HACH 2100N pour la détermination de la turbidité ;
- balance analytique (METTLER TALEDO AE 200) pour la pesée ;
- oxitop pour la détermination de la DBO ;
- minéralisateur de DCO (RECOD/19 Test pour la minéralisation des échantillons ;
- spectrophotomètre d'absorption moléculaire (spectromètre UV-2501PC) pour la détermination ;
- spectrophotomètre d'absorption atomique (Perkin Elmer A Analyst 200) pour la quantification des éléments traces métalliques.

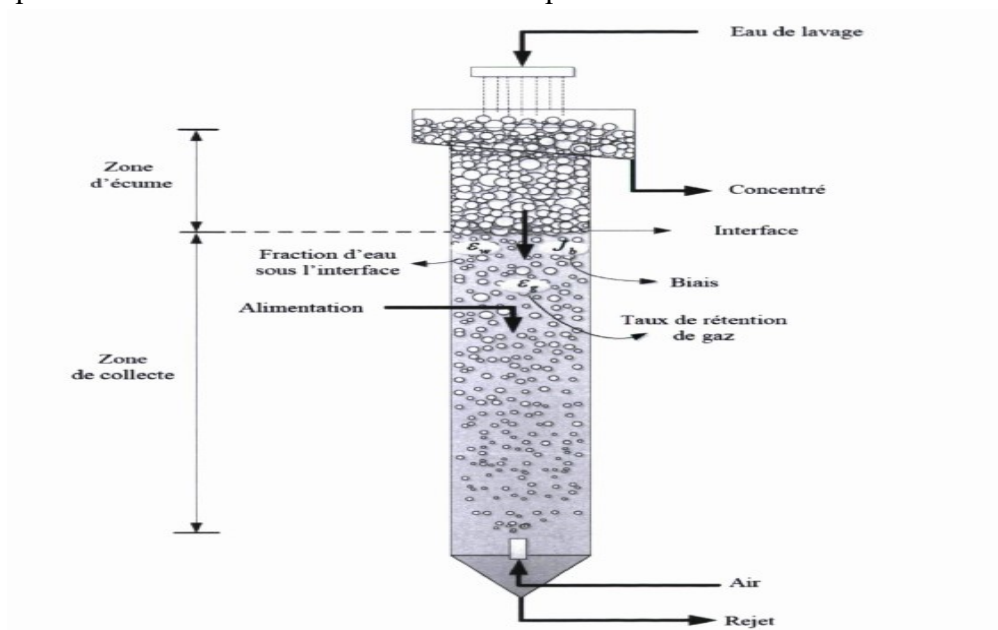


Figure 3 : Schéma d'une colonne de flottation

Les analyses physicochimiques et éléments traces métalliques ont porté sur les paramètres cités ci-dessus. Le calcul du taux d'abattement d'un paramètre X, exprimé en pourcentage, est basé sur la formule suivante

$$\% \text{ Abatement (X)} = \frac{(C_i(X) - C_f(X))}{C_i(X)} \times 100$$

C<sub>i</sub> : Concentration initiale de X dans l'effluent brut

C<sub>f</sub> : Concentration finale de X dans l'effluent traité.

### 3. Résultats

#### 3.1. Optimisation de la dose du tensioactif (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>13</sub>N(Br) (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)

Pour optimiser, nous avons varié la dose du tensioactif dans 250 mL d'effluent dilué au 1/10. La turbidité a été suivie en fonction de la dose du tensioactif pour tous les essais juste après traitement.

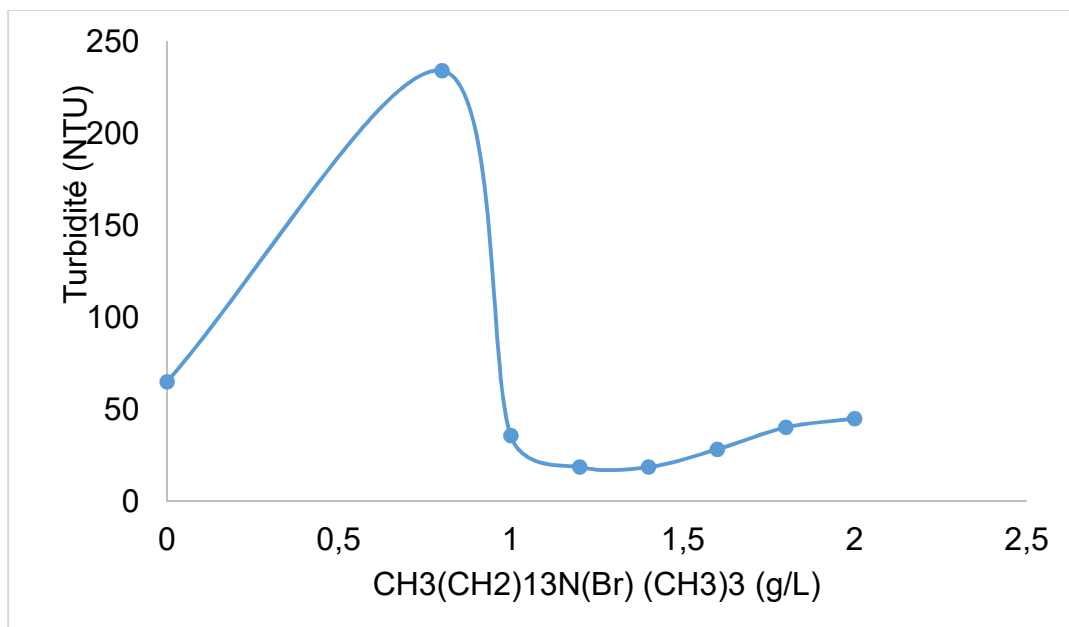


Figure 4 : Variation de la turbidité en fonction de la dose du tensioactif

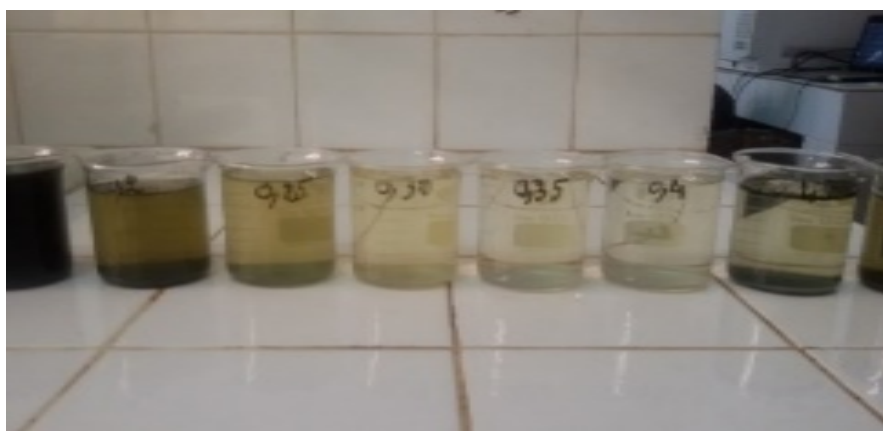


Figure 5 : Essais de traitement de l'effluent de teinture dilué au 1/10 par la méthode de flottation

L'observation visuelle indique que le traitement par flottation réduit aussi bien la couleur que les particules en suspension. Cela s'explique par le fait que le tensioactif rend hydrophobe les matières en suspension (Kouachi, 2008).

Sur la figure 4 la turbidité a été prise comme indicateur de performance du tensioactif. Elle correspond à la propriété optique de l'eau qui fait que la lumière incidente est diffusée et absorbée plutôt que transmise en ligne droite à travers un échantillon (Groupe scientifique sur l'eau, 2003).

L'ajout de 0,8 g/L de tensioactif a fait augmenter la turbidité de 63 à 234 NTU. Avec la dose de 1,4 g/L, sa valeur a largement diminué de 223 à 18,6 NTU. A partir de là, la turbidité a commencé à croître, jusqu'à 45 NTU. Ainsi la dose de 1,4 g/L a été considérée comme dose optimale.

### 3.2. Résultats des analyses des paramètres physicochimique et éléments traces métalliques

Pour mieux voir l'efficacité du système à travers l'attachement entre particules et bulle d'air, l'analyse a concerné des effluents brut et traité correspondant à la dose optimale.

Quelques paramètres physicochimiques et éléments traces métalliques ont fait l'objet d'analyse dont les résultats sont consignés dans les tableaux 1 et 2.

**Tableau 1** : Résultats de l'analyse des paramètres physicochimiques.

Paramètres	Effluent Brut	Effluent traité	Taux d'abattement (%)
Turbidité (NTU)	65	18,6	71
pH	11,23	10,07	10
DCO (mg/L)	3225,80	1171,8	64
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	120	60	50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	0,04	0	100
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,09	0,02	78

**Tableau 2** : Résultats de l'analyse des éléments traces métalliques en mg/L

Paramètres	Effluent brut	Effluent traité	Taux d'abattement (%)
Fe	5,347	3,539	34
Ca	19,53	0	100
Mn	14,48	13,72	5
Mg	4,26	0	100
Zn	5,87	0	100
Cu	0,38	0	100
Pb	1,14	0	100

Au regard des résultats, les valeurs des paramètres physicochimiques et des éléments traces métalliques de l'effluent brut sont élevées. En effet, les effluents de teinture sont très basiques (pH=11,2).

De même, les effluents de teinture sont turbides ce qui est dû non seulement aux colorants, aux fibres mais aussi aux sels (hydroxyde de sodium et l'hydrosulfite) utilisés. Ces mêmes effluents que l'on déverse dans le fleuve Niger contiennent une pollution organique et minérale non négligeable avec une DBO<sub>5</sub> de 120 mg/L et une DCO de 3225,80 mg/L (tableau 1).

Après traitement par flottation avec la dose optimale du tensioactif, les valeurs des différents paramètres mesurés ont baissé.

Nous observons une large baisse de la turbidité de 65 à 18,6 NTU, soit un taux d'abattement de 71%.

La valeur de la DBO<sub>5</sub> a réduit de moitié et un peu plus de la moitié celle de la DCO. Les taux correspondants à ces valeurs sont respectivement 50% et 64%.

L'analyse de la teneur en éléments traces métalliques dans l'effluent brut et traité a montré que le taux d'abattement est d'environ 100% exceptés pour le Fe et le Mn où il est respectivement 34% et 5% (tableau 2).

### 3.3 Variation de la turbidité en fonction de la dose du tensioactif et du temps de décantation

Afin d'examiner l'influence du temps de décantation sur les résultats de la flottation, les turbidités de l'effluent traité avec la dose optimale du tensioactif ont été mesurées juste après traitement, en 1 heure et 24 heures de décantations.

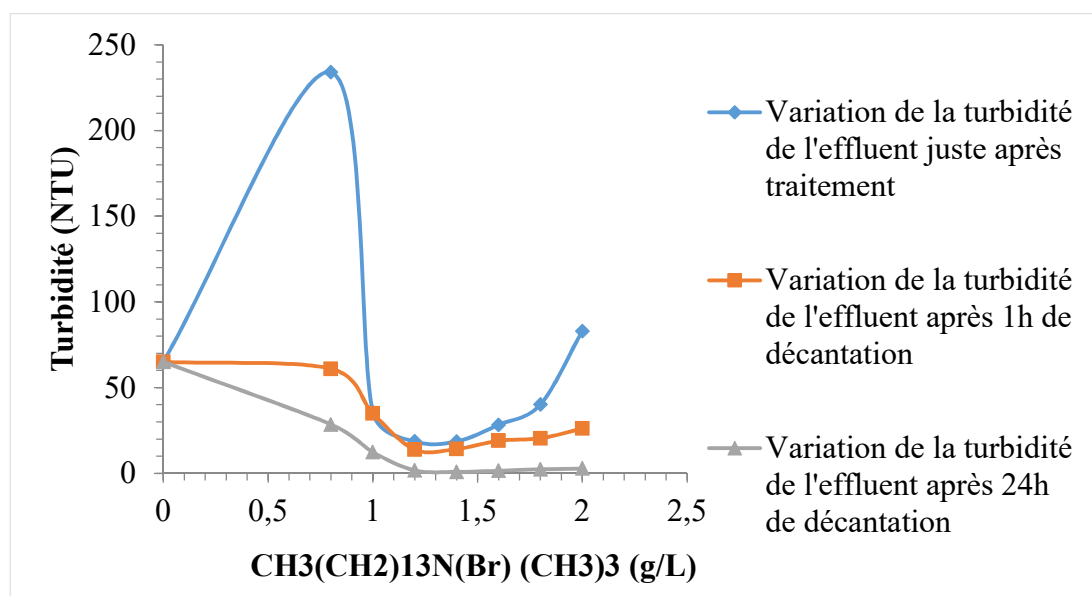


Figure 6 : Variation de la turbidité en fonction du temps de décantation

D'une manière générale une large baisse de la turbidité en fonction du temps est observée.

La turbidité de l'effluent traité avec 1,4 g/L de tensioactif a baissé de 65 à 18,6 NTU. Après 1 h de décantation elle est arrivée à 14,17 NTU. Elle passe à 0,85 NTU après 24 heures de décantation soit un taux d'abattement de 99%.

#### 4. Discussion

La forte basicité des effluents de teinture (pH = 11,2) est liée aux sels qui rentrent dans le processus de la teinture. La valeur de pH obtenue est supérieure à celle de Perkowsk en 2002 (pH variant entre 6,9 à 9,3).

Ces mêmes effluents ont une DBO<sub>5</sub> (120mg/L) supérieure à 10 mg/L contre une DCO (3225,80 mg/L) inférieure à 570 mg/L (Perkowsky, 2002).

Ces valeurs plus élevées montrent que nos teinturières utilisent de grandes quantités de colorant et de produits chimiques, dans le souci d'avoir une belle couleur de tissu.

Après traitement nous observons un taux d'abattement de la turbidité de 71% contre 47% après traitement sur charbon (Lepinay, 2008).

Le taux d'abattement de la DCO (64%) est inférieur à celui obtenu par Perkowsky en 2002 qui est de 78%, avec une composition initiale d'effluent plus faible. Contrairement à celui obtenu par Lepinay (31%) avec les mêmes types d'effluent après traitement avec le charbon. On peut dire que le taux d'abattement dépend de la composition de l'effluent et de la concentration des polluants qui y sont contenus.

L'analyse de la teneur en éléments traces métalliques traité a montré que le taux d'abattement est d'environ 100% exceptés pour le Fe et le Mn où il est respectivement 34 et 5 % (tableau 2). Comparé aux travaux de SINGH en 2017, ce taux est de 66% pour le Ca et de 98% pour le Mg. Par contre les taux d'abattement du Fe (40%) et du Mn (35%) sont supérieurs aux taux trouvés dans ce travail.

Quant aux taux d'abattement du Cu et Pd, ils sont inférieurs à ceux obtenus par Halimoon N. et al en 2010 soient 89% et 61%.

#### 5. Conclusion

L'eau étant un élément indispensable à la vie, elle doit être protégée. Avec l'apparition de nouvelles molécules dans nos habitudes, les technologies d'épuration doivent encore évoluer pour répondre à l'évolution des styles de vie. L'arrivée de nouveaux polluants entraîne de nouveaux dangers aussi bien pour l'homme que pour les écosystèmes aquatiques (Boukraa, 2015).

D'un point de vue physico-chimique, nous avons, à travers les résultats obtenus, contrôlé la qualité des effluents de teinture par rapport à certains paramètres. Il a été constaté que l'effluent brut contient tous les éléments analysés.

Après traitement nous avons observés une clarification presque totale du surnageant correspondant à la dose optimale surtout après 24h de décantation. Plus le temps de décantation de l'effluent traité augmente plus la turbidité diminue.

Cela montre que l'efficacité et la fiabilité du traitement restent étroitement dépendantes de la phase de décantation.

Les résultats des analyses nous révèlent une large baisse de la teneur de tous les paramètres avec des taux d'abattement variant entre 50% et 100% exceptés celle du pH, du Fe, du Ca et du Mn.



Même si certains éléments traces métalliques tels que : Zn, Cu, Mn, Fe sont indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants, y compris l'homme, mais à des niveaux de concentration supérieure, ils deviennent toxiques pour l'homme et le milieu aquatique. Le Pb et le Mg ne sont pas indispensables aux activités métaboliques, ils manifestent des propriétés toxiques.

La méthode de flottation est une méthode innovante de traitement des effluents de teinture. Elle permet d'avoir non seulement un taux d'abattement allant des fois à 100%, mais aussi permet la réutilisation des colorants récupérés sous forme de boues, réduisant ainsi le coût de la teinture du tissu. Son inconvénient est l'utilisation de l'air comprimé qui nécessite de l'énergie même si elle est faible et du tensioactif qui est un produit chimique.

## Références

Abbal K., 2011. Optimisation des performances de la station de prétraitement et réduction de la charge polluante de la laiterie, Mastère spécialisé en Eau potable et Assainissement, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, pp 24.

Ali, N, Hameed A, Ahmed S., 2009: Physicochemical characterization and bioremediation perspective of textile effluent, dyes and metals by ingenious bacteria, J. Hazard Mater, 164, pp 322-328.

Asha L., Singh, SnehaChaudhary, Akhilesh Y., 2017: Decoloration, degradation and removal of heavy metals of textile effluent with the help of mixed bacterial consortium Indian J. Biotechnol. Vol. 16, pp 258-264.

Boukraa A., Bouhenguel M., Messemmeche Z., 2015 : Etude des facteurs ayant influence sur l'adsorption de calcite : Etude comparative entre deux collecteurs anioniques dont l'un est synthétisé à partir de l'huile de paraffine. Science des matériaux (Laboratoire LARHYSS), v. 5, pp 29-40.

Diarra M S., 2006: Dispositif de traitement des eaux usées de teinturerie Chez Tantou Teinture, au Mali, info CREPA, N° 52.

Erasmio D., C., C., 2013 : commande d'une colonne de flottation : Applications en laboratoire et en industrie, Mémoire de maîtrise en Génie électrique, Faculté des Sciences et de Génie, Université de Laval, Québec, pp 10-22.

Halimoon, N., Rachel G., S. Y., 2010: Removal of heavy metals from textile wastewater using Zeolite, Faculty of environmental studies, University Putra Malaysia V 3 124-130 P.

Hemsas S., 2008 : Contribution à l'étude de la décoloration des eaux sur grignons d'olives valorisés. Etude dynamique, mémoire pour obtenir le diplôme de master, Université M'hamed Bougara Boumerdès en République Algérienne Démocratique et Populaire, pp 36-38.

Institut national de santé publique du Québec, Groupe scientifique de l'eau, 2003 : Turbidité dans fiches synthèse de l'eau potable et la santé humaine, p 1-5.

Kouachi S., 2008 : Etude et simulation par méthodes mathématiques des étapes élémentaires lors du contact particule- bulle en flottation, thèse de doctorat en sciences en génie des procédés, Université Mentouri Constantine, pp 15.

Larsson H., 2009: Textile dyeing in Mali possibilities for small scale effluent treatment, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

Lepinay G. 2008: Proposition d'un système de prétraitement des effluents de teinture à Bamako(Mali), Rapport de Licence Professionnelle, Institut de Biologie et d'Ecologie Appliquées et UNESCO Bamako, pp 12-32.

Niakaté M R. 2018 : Recherche de procédés de traitement des effluents de teinturerie artisanale, thèse de doctorat de l'Université des Sciences des Techniques et des Technologie de Bamako (Mali), pp 97-107.

Perkowsky J., Kos L. 2002: Traitment of textile dying wastewater by hydrogen peroxide an ferrous ions, fibers and textiles in Estern Europe, Poland. pp 78- 81.

Aissam Boukraa et al., 2015 : Etude des facteurs ayant influence sur l'adsorption de calcite : Etude comparative entre deux collecteurs anioniques dont l'un est synthétisé à partir de l'huile de paraffine, Revue science des matériaux, Vol. 5 (2015) Science des matériaux (Laboratoire LARHYSS) (juin), pp 29-40.