



Valorisation d'un rejet de l'industrie d'acier riche en FeCl_3 pour le traitement du lixiviat de décharge intermédiaire par coagulation (Valorization of a rejection rich in FeCl_3 from steel industry for the treatment of landfill leachate by coagulation)

H. Bakraouy^{1*}, S. Souabi¹, K. Digua¹

¹ *Laboratoire du Génie des Procédés et d'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia, Hassan II University of Casablanca, BP 146- Mohammedia, Maroc*

Received 29 Jan 2016, Revised 08 Jul 2016, Accepted 13 Jul 2016

**Corresponding author. E-mail: h.bakraouy@gmail.com; Tel: (+212672860697)*

Résumé

A l'instar des pays du monde entier, le Maroc fourni des efforts multiples pour la protection de l'environnement. L'adoption de la Charte Nationale de l'Environnement et du Développement Durable ainsi que l'organisation de la COP22 en sont de véritables preuves. Ce pays fait face à la pénurie des eaux et de l'énergie fossile, ainsi qu'aux changements climatiques par l'inauguration de plusieurs projets écologiques. Parmi ces projets, nous citons la réhabilitation et la création des décharges contrôlées dans différentes régions du territoire marocain. Dans ces décharges, deux types de pollutions majeurs sont à traiter : Les déchets solides, mais aussi les rejets liquides nommés lixiviats, qui sont très chargés en matière organique et minérale et nécessitent un traitement avant leur rejet dans le milieu récepteur. Dans ce travail, nous avons étudié le traitement du lixiviat de la décharge de la ville de Kénitra (Maroc), par coagulation en utilisant un rejet riche en chlorure ferrique comme coagulant comparé à son effet combiné au polychlorure d'Aluminium (PAC), ainsi qu'avec le PAC seul. L'application du nouveau coagulant seul nous a permis de réduire 77% en termes de couleur, 78% en DCO et 97% en détergents. L'étude du mélange du coagulant riche en chlorure ferrique avec le PAC a permis d'éliminer 89%, 87% et 91% respectivement pour la couleur, la DCO et les détergents. Tandis que l'utilisation du PAC seul a permis d'aboutir à 98%, 96% et 95% respectivement pour la couleur, la DCO et les détergents.

Mots clés: Coagulation, Rejet de l'industrie métallurgique, Polychlorure d'Aluminium, optimisation, couleur, DCO, détergents.

Abstract

Like many countries around the world, Morocco provided multiple efforts to protect the environment. The adoption of the National Charter for Environment and Sustainable Development and the organization of COP22 are real evidence. This country faces a lack of water and fossil energy, in addition to climate change with the inauguration of several ecological projects. Among these projects, we include rehabilitation and the creation of landfill sites in different regions of Morocco. In these landfills, two major types of pollution are to be treated: Solid waste, but also liquid rejections named leachate, which are loaded with organic and inorganic material and require treatment prior to discharge into the receiving environment. In this work, we studied the treatment of leachate from the landfill of Kenitra city (Morocco), by coagulation using an industrial rejection rich in ferric chloride as a coagulant compared to his combination with Aluminum Polychloride (PAC), as well as PAC alone. The use of the novel coagulant alone leads to reduction of 77% in terms of color, 78% of COD and 97% of detergents. The study of the mixture of coagulant rich in ferric chloride with the PAC has eliminated 89%, 87% and 91% for color, COD and detergents respectively. While the use of the PAC alone allowed to reach 98%, 96% and 95% respectively for color, COD and detergents.

Keywords: Coagulation, Rejection of the metallurgical industry, Aluminum Polychloride, optimization, color, COD, detergents

Introduction

Le Maroc, comme beaucoup d'autres pays en voie de développement, devient de plus en plus soucieux vis-à-vis de son patrimoine environnemental, à cause de la pénurie des ressources naturelles et de l'impact du changement climatique. Il doit cependant faire face à tout ce qui altère le bon état de son environnement.

En effet, l'un des problèmes majeurs auxquels est confronté ce pays est la gestion des déchets ménagers. Selon le Ministère d'Environnement marocain, la production actuelle des déchets ménagers au Maroc est estimée à 6,77 millions de tonnes par an, parmi lesquels 5,3 millions de tonnes par an en milieu urbain avec une production moyenne de 0,76Kg/hab/jour; et 1,47 millions de tonnes par an en milieu rural, soit en moyenne 0,28 kg/hab/jour [1].

Face à la production élevée des déchets au Maroc, une gestion efficace mais aussi efficiente de ces rejets s'avère d'une grande importance. Dans cette optique, de nombreuses actions ont été adoptées par le Maroc, telles que ; La promulgation de la loi 28-00 sur la gestion des déchets solides, et l'élaboration du Programme National des Déchets Ménagers et Assimilés (PNDM) [1].

La mise en décharge est la méthode la plus utilisée pour le traitement des déchets solides. Néanmoins, elle génère un autre type de pollution qui est le lixiviat. Ces résidus liquides sont obtenus suite à la percolation des eaux pluviales à travers les couches de déchet, à laquelle s'ajoute le phénomène de fermentation des déchets ainsi que l'eau contenue dans les déchets.

Il existe trois types de lixiviats qui diffèrent par le stage d'évolution biologique des déchets. Le tableau 1 regroupe les principales caractéristiques des 3 types de lixiviats : Jeune, intermédiaire et stabilisé [2].

Tableau 1: Caractéristiques des différents types de lixiviats.

	Lixiviat Jeune	Lixiviat Intermédiaire	Lixiviat Stabilisé
Age de la décharge	< 5 ans	5 à 10 ans	> 10 ans
pH	< 6,5	6,5 à 7,5	> 7,5
DCO	> 10 000	4000-10000	< 4000
DBO5/DCO	> 0,3	0,1 à 0,3	< 0,1

Le choix d'une technique de traitement du lixiviat dépend fortement de la composition du lixiviat. On peut distinguer les traitements biologiques, physicochimiques ainsi que les procédés membranaires [2-5]. Parmi les procédés les plus utilisés, on cite l'opération de coagulation-floculation. Elle est utilisée en pré ou en post traitement [3, 4, 6, 7].

Plusieurs études ont mis le point sur la nécessité d'optimiser les paramètres opératoires de la coagulation floculation, à savoir : le type du coagulant utilisé, sa dose, le pH, les vitesses d'agitation, le temps de décantation... Liu et al. [7] ont réalisé une étude comparative de différents coagulants : le sulfate polyferrique (PFS), le chlorure ferrique $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ et le sulfate ferrique $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Les paramètres ayant fait l'objet de l'optimisation par la méthodologie des surfaces de réponses sont les taux d'élimination en : DCO, turbidité, couleur et la concentration en acides humiques. Cette étude a démontré que le chlorure ferrique a donné les meilleurs taux d'abattement.

Le même résultat a été obtenu par Aziz et al. [6], qui ont montré l'efficacité du chlorure ferrique pour l'élimination de la couleur. Un taux d'abattement de 94% a été atteint sous un pH de 4 et une dose de coagulant de 800mg/L.

Par ailleurs, d'autres études ont testé la combinaison de coagulants classiques (chlorure ferrique, sulfate d'alumine, sulfate de fer...) pour le traitement des eaux de source ou encore des eaux usées.

Lou et al. [8] ont testé l'effet du chlorure ferrique (FeCl_3), du PAC ainsi que de leur combinaison sur le traitement d'une eau de source d'une alcalinité et d'une concentration algale très élevées. Les meilleurs résultats en termes d'élimination de la turbidité, de l'absorbance à 254 nm et du contenu algal ont été obtenus par la combinaison des deux coagulants (Ratio massique de 1/2 en PAC/ FeCl_3), avec l'ajout du PAC suivi par le FeCl_3 . La dose optimale a été de 30 à 35 mg/L.

Une comparaison entre deux combinaisons de coagulants a été réalisée par El Karamany [9] : Mélange du chlorure ferrique avec le Sulfate d'Alumine, et le mélange du Sulfate d'Alumine avec le sulfate de fer (FeSO_4). L'élimination de la turbidité a atteint un maximum de 100% à des doses de 200 et 250 ppm pour le premier mélange (50% FeCl_3 + 50% Sulfate d'Alumine), et un maximum de 84% pour une dose de 150 ppm pour le deuxième mélange.

Dans cette étude, nous avons utilisé un nouveau coagulant riche en chlorure ferrique (noté SIWW) et qui représente un rejet de l'industrie métallurgique. Nous avons utilisé le SIWW, le PAC ainsi qu'une combinaison des deux coagulants pour le traitement d'un lixiviat intermédiaire d'une décharge publique.

2. Matériels et méthodes

2.1. Méthodes d'analyses

Le lixiviat choisi pour cette étude provient de la décharge contrôlée d'Ouled Berjal située à la ville de Kénitra (Maroc). Elle couvre une superficie de 20 hectares. La production annuelle des déchets ménagers et assimilés a été estimée à 120 000 tonnes en 2011.

L'échantillon du lixiviat prélevé de la décharge de Kénitra a fait l'objet de plusieurs analyses, notamment : DCO, MES, DBO5, Phénol, détergent, phosphore total, nitrates, selon la méthode standard [10].

La turbidité a été mesurée par le biais d'un turbidimètre Model 2100N HACH, la couleur par un spectrophotomètre UV/Visible Modèle 9200 et le pH par un pH-mètre modèle 6209. En outre, les tensioactifs anioniques forment avec le méthyle violet un complexe soluble dans le toluène et qui peut faire l'objet d'un dosage colorimétrique. Le résidu récupéré après extraction fait l'objet d'une lecture spectrophotométrique à une longueur d'onde de 615 nm.

2.2. Coagulants utilisés

Afin de réaliser les essais de coagulation, nous avons utilisé deux coagulants :

- Un rejet valorisable de l'industrie métallurgique riche en chlorure ferrique. Ce rejet est prélevé à partir d'une unité de galvanisation des tubes de fer.
- Le polychlorure d'aluminium commercial noté PAC.

Les caractéristiques des deux coagulants sont illustrées dans le tableau 2.

Tableau 2: Coagulants utilisés pour l'étude

	Paramètre	Valeur
Rejet (SIWW)	pH	<1
	Fe (g/L)	101,3
Polychlorure d'Aluminium (PAC)	pH	0,9
	Al (%)	9
	Al ₂ O ₃ (%)	17,1%
	Fe (%)	<0,01

Les deux coagulants utilisés sont très acides vu que leur pH est inférieur à 1. Le Rejet (SIWW) est riche en Fer avec une teneur de 10,1%, tandis que pour le Polychlorure d'Aluminium cette teneur est inférieure à 0,01%.

2.3. Procédure expérimentale

La coagulation a été réalisée dans un appareil jar-test muni de six béciers d'un litre. Dans le premier essai, nous avons ajouté différentes concentrations du coagulant SIWW, variant de 0,4 à 3,2 g Fe/L. Pour le deuxième essai, le PAC a été ajouté à des concentrations allant de 0,9 à 1,9 g Al/L, tandis que dans le troisième, nous avons préparé un mélange de coagulants (constitué de 50% du coagulant SIWW et 50% du PAC), et nous avons varié le volume ajouté pour chaque échantillon, avec des concentrations variant de 0,2 Fe +0,18 Al g/L à 0,91 Fe +0,81 Al g/L. Le pH initial du lixiviat est de 8,45.

Les échantillons ont fait l'objet d'une agitation rapide à 150 trs/min pendant 10min, suivie d'une agitation lente à 30 trs/min pendant 20min. Après une phase de décantation de 5 heures, nous avons récupéré les surnageants et analysé les taux d'élimination en couleur, en DCO et en détergents.

2.4. Calcul

Les taux d'élimination en couleur et en DCO ont été calculés via la formule suivante :

$$\text{Efficacité d'élimination}(\%) = \frac{C_0 - C_F}{C_0} \quad (1)$$

Où: C_0 et C_F sont respectivement les concentrations initiales et finales en couleur et en DCO.

3. Résultats et Discussion

3.1. Caractérisation du lixiviat

Les paramètres physicochimiques du lixiviat sont rapportés dans le tableau 3.

Tableau 3: Caractéristiques physicochimiques du lixiviat étudié.

Paramètres		Valeurs
pH		8,45
Conductivité (ms/cm)		14,12
Turbidité (NTU)		76,3
Couleur	436 nm (FD=20)	0,165
	540 nm (FD=20)	0,076
	660 nm (FD=20)	0,041
MES (g/L)		0,21
DCO (mg/L)		4416
DBO ₅ (mg/L)		1100
Phénol (mg/L)		975,2
Détergent (mg/L)		77,58
Phosphore total (mg/L)		11,95
NO ₃ ⁻ (mg/L)		212
DCO/DBO ₅		3,5
DCO/P _t		462,6

FD : Facteur de dilution.

Le lixiviat étudié est d'un pH basique. Sa charge organique est assez faible comme en témoignent les valeurs de la DCO estimée à 4512mg/L et de la DBO₅ estimée à 1100 mg/L.

Ce lixiviat peut être classé comme étant intermédiaire, puisque la valeur de la DCO est comprise entre 4000 et 10000 mg/L [2]. Il est non biodégradable du fait que le rapport DCO/DBO₅ est supérieur à 3.

Les concentrations en phénol et en détergents étant respectivement de 975,2 mg/L et 77,58 mg/L, sont assez élevées. Les phénols et les détergents sont inhibiteurs pour le développement de la biomasse susceptible de promouvoir la biodégradabilité de l'effluent.

La concentration en nitrates marque une valeur assez élevée variant autour de 212 mg/L. Ce lixiviat est d'une couleur noirâtre due essentiellement à la présence des matières en suspension et de la matière organique [6].

3.3. Effet du coagulant SIWW

Les variations des taux d'abattement en Couleur, en DCO et en détergents suite à l'ajout du coagulant SIWW sont rapportées sur la figure 1.

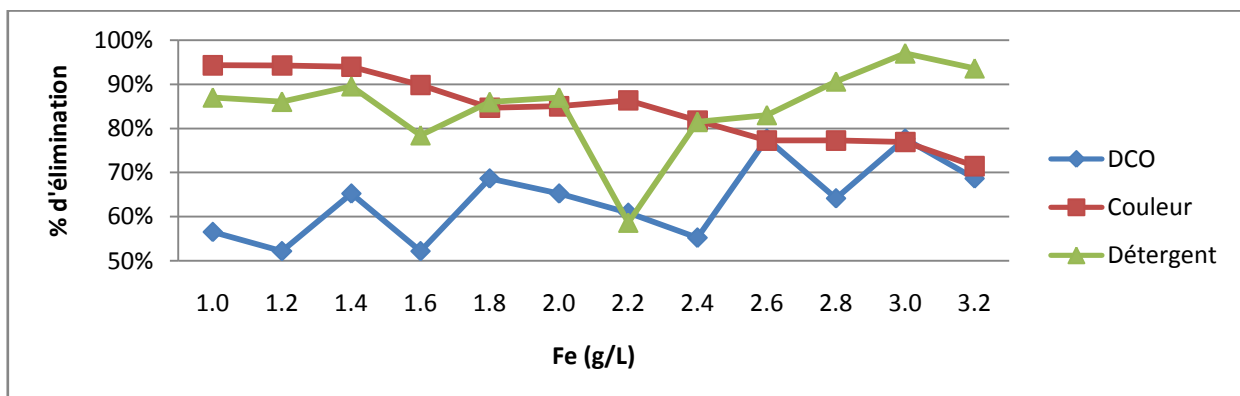


Figure 1: Variations des taux d'élimination de la couleur, de la DCO et des détergents en fonction de la concentration du coagulant SIWW.

3.3.1. Elimination de la couleur

Le taux maximal a atteint 94% pour des concentrations allant de 1 à 1,4 g/L en Fe. Nous remarquons que le taux d'élimination de la couleur atteint ses valeurs maximales pour de faibles doses en coagulant. Ceci est principalement dû à l'excès en chlorure ferrique qui devient lui-même une source de coloration jaunâtre [6, 11]. Ceci concorde avec les résultats obtenus par Aziz et al. [6], qui ont obtenu un taux d'abattement en couleur de 94% à un pH de 4 et une concentration de l'ordre de 800 mg/L en chlorure ferrique, ainsi qu'avec les résultats obtenus par Liu et al. [7], étant de 93% d'élimination en couleur à un pH égal à 8.

3.3.2. Elimination de la DCO

Contrairement à la couleur, la DCO diminue en augmentant la concentration en coagulant. En effet, le taux d'élimination de la DCO augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale de 78% pour une concentration de 3 g/L en Fe. En utilisant la méthodologie des surfaces de réponses, Liu et al. [7] ont pu démontrer un taux d'élimination de 68% en DCO par l'ajout de 10 g/L de chlorure ferrique à un pH de 8.

Maranon et al. [3] ont pu éliminer 28% de la DCO en ajoutant du chlorure ferrique. Les conditions optimales déterminées sont : Une concentration de 0.4 g/L en Fe et un pH de 4.

3.3.3. Elimination des détergents

Dans la littérature, il existe peu de recherches sur l'élimination des détergents contenus dans les lixiviats de décharge. Dans notre étude, nous avons examiné l'effet de la coagulation sur l'élimination des détergents. L'utilisation de ce nouveau coagulant a montré une grande efficacité, les taux ont varié de 59% à 97%. La concentration optimale déterminée est de 3 g/L de Fe.

Ceci rejoint ce qui a été obtenu lors d'une étude menée par notre groupe de recherche, visant à traiter le lixiviat de la décharge d'Oum AZZA située dans la ville de Rabat (Maroc). En effet, nous avons utilisé la méthodologie des plans d'expériences pour déterminer les doses optimales en chlorure ferrique et en floculant cationique (Hymoloc DR3000). Ainsi, le taux d'élimination des détergents a atteint 95% par l'ajout de 14 g/L de coagulant et de 62 mL/L de floculant [24].

Aboulhassan et al. [12] ont prouvé l'efficacité et l'efficience du procédé de coagulation-floculation dans le traitement des eaux usées industrielles. Les conditions optimales déterminées sont : une dose de 900 mg/L de $FeCl_3$ et un pH=8, et les taux d'élimination est de 88% en DCO et de 99% en détergents.

3.4. Effet du coagulant PAC

La Figure 2 représente la variation des trois paramètres étudiés en fonction de la concentration en Aluminium.

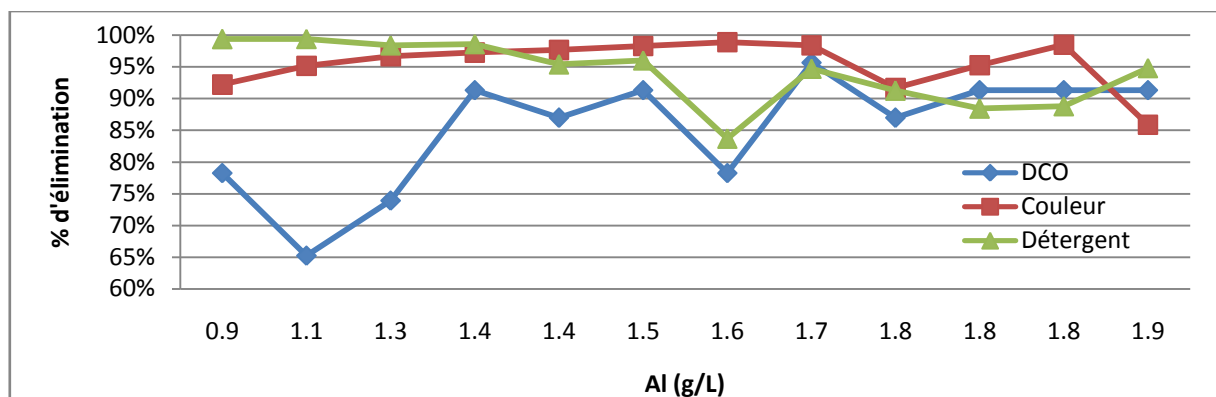


Figure 2: Variations des taux d'élimination de la couleur et la DCO en fonction de la concentration du coagulant PAC.

3.4.1. Elimination de la couleur

Nous remarquons que le taux d'élimination en couleur augmente linéairement en ajoutant le PAC, jusqu'à l'atteinte d'une valeur maximale de 99% puis diminue jusqu'à une valeur minimale de 86%. Ceci peut être dû à un excès du coagulant qui entraîne une restabilisation de la matière colloïdale [6].

Ce résultat dépasse le taux d'élimination obtenu par Castrillon et al. [4], qui ont étudié l'effet de l'ajout du PAC sur le traitement des lixiviats jeunes. Une dose optimale de 4 g/L à un pH optimal de 8,3, ont conduit à l'élimination de 91,2% en couleur, 97,7% en turbidité et 26,4% en DCO.

Dans le même contexte, Maranon et *al.* [3] ont étudié le traitement du lixiviat jeune par différents coagulants. Ils ont pu atteindre une efficacité d'élimination de 91 % en couleur en ajoutant 4 g/L de polychlorure d'Aluminium à un pH de 8,3.

3.4.2. *Elimination de la DCO*

Le taux moyen d'élimination en DCO est de 85%. En effet la DCO admet une élimination minimale 65% de et une élimination maximale de 96%. Nous pouvons souligner que les taux d'élimination élevés sont enregistrés pour les doses élevées en PAC.

L'effet du PAC, seul ou mélangé avec différents flocculants, a fait l'objet de plusieurs études. Ghafari et *al.* [13] ont mené une étude sur le traitement du lixiviat de décharge stabilisé par coagulation flocculation en ajoutant le PAC comme coagulant. Les taux optimaux d'élimination ont été de 43,1% en DCO et 90,7% en couleur, et ce pour une dose de 2g/L du PAC à un pH de 7,5.

Par ailleurs, Martin et *al.* [14] ont réalisé un taux d'abattement de 82% en DCO, en mélangeant 0,4 mL/L de PAC et 7 mL/L de flocculant Actipol A-401.

3.4.3. *Elimination des détergents*

Le PAC s'est avéré d'une grande efficacité quant à l'élimination des détergents, avec un taux moyen de 94%. Contrairement à la DCO, plus la concentration en PAC est faible, plus la concentration en détergents diminue.

La plupart des détergents moussent beaucoup et persistent dans l'eau à traiter avant d'être décomposés. Ils sont de ce fait des inhibiteurs des microorganismes qui dégradent la matière organique, limitant ainsi la possibilité de procéder à des traitements biologiques. Ils sont aussi toxiques pour les espèces marines. Leurs propriétés tensioactives affectent l'aération de l'eau, et perturbent les échanges au niveau des branchies [15].

Une étude menée par Borghi et *al.* [16], a mis le point sur l'efficacité de l'adsorption sur la magnétite comme voie de réduction des concentrations des détergents dans une eau usée urbaine. Les taux d'élimination ont atteint, 90% pour les détergents cationiques, 20% pour les anioniques, et 40% pour les non-anioniques.

3.5. *Effet du mélange de coagulants SIWW et PAC*

Plusieurs études [17-19] ont démontré que la combinaison des coagulants à base d'Aluminium et de Fer représente plusieurs avantages, comparés aux coagulants usuels (FeCl_3 , FeSO_4 , Polychlorure d'Aluminium, Al_2SO_4 ...) utilisés seuls. Cette combinaison permet de réduire la concentration d'Aluminium résiduel contenue dans l'eau traitée, l'élimination efficace de la couleur.... Ainsi que la promotion d'une décantation rapide des floccs par la formation d'une structure d'aluminium-ferrique réticulaire plus compact [8]. La Figure 3 représente les taux d'abattement en couleur, en DCO et en détergents obtenus pour différentes concentrations du mélange des coagulants SIWW et PAC.

3.5.1. *Elimination de la couleur*

Nous remarquons que le taux d'élimination de la couleur augmente linéairement avec l'augmentation de la concentration du coagulant. Le taux maximal atteint est de 89% pour un mélange de 0,91 Fe + 0,81 Al g/L.

Islam et *al.* [20] ont pu atteindre une efficacité d'élimination de 87% en couleur, par l'ajout d'une dose de 70 mg/L d'un mélange de Sulfate d'Alumine et de chlorure ferrique.

Cheng et *al.* [19] ont comparé l'effet de plusieurs coagulants sur le traitement par coagulation d'une eau de réservoir. Les meilleurs résultats en termes d'élimination en turbidité, couleur et en pollution bactérienne ont été obtenus par une combinaison de Polysulfate de Fer (PFS) et de sulfate d'alumine (Al_2SO_4).

3.5.2. *Elimination de la DCO*

Comme pour la couleur, la DCO diminue en augmentant la concentration du coagulant ajouté. Nous avons pu atteindre grâce à ce mélange un taux d'élimination maximal de 87% pour la DCO, ce qui dépasse le taux d'élimination réalisé par Tatsi et *al.* [21].

En effet, l'une des études les plus intéressantes est celle menée par Tatsi et *al.* [21], qui ont testé le mélange du chlorure ferrique et du PAC pour le traitement par coagulation des lixiviats jeunes et partiellement stabilisés. Ils ont pu démontrer que le taux d'élimination en DCO augmente sous le fait de l'augmentation du volume de ce mélange, atteignant ainsi un taux d'élimination de 70% pour une concentration de 1,0 Fe + 0,5 Al g/L.

Dans une étude menée par Islam et *al.* [20], différentes combinaisons de coagulants ont été testées pour le traitement des effluents de tannerie : Sulfate d'Alumine+chlorure ferrique, Sulfate d'Alumine+la chaux, le chlorure ferrique+la chaux, Sulfate d'Alumine +chlorure ferrique+la chaux. La combinaison du Sulfate

d'Alumine et du chlorure ferrique s'est montrée très efficace à une dose optimale de 70 mg/L (Ratio massique de 1/1), et a permis d'éliminer 81% de la DCO initiale.

Priyanka et al. [22] ont réalisé des tests de coagulation par différentes combinaison de la chaux, le Sulfate d'Alumine, le chlorure ferrique avec le polyélectrolyte comme flocculant. Les résultats indiquent Qu'à un pH aux alentours de 8,5, et pour une combinaison de 250 ppm de la chaux, 150 ppm de chlorure ferrique et 0,5 ppm de polyélectrolyte, 43 % et 72% de la DCO et de la matière en suspension ont été éliminées respectivement.

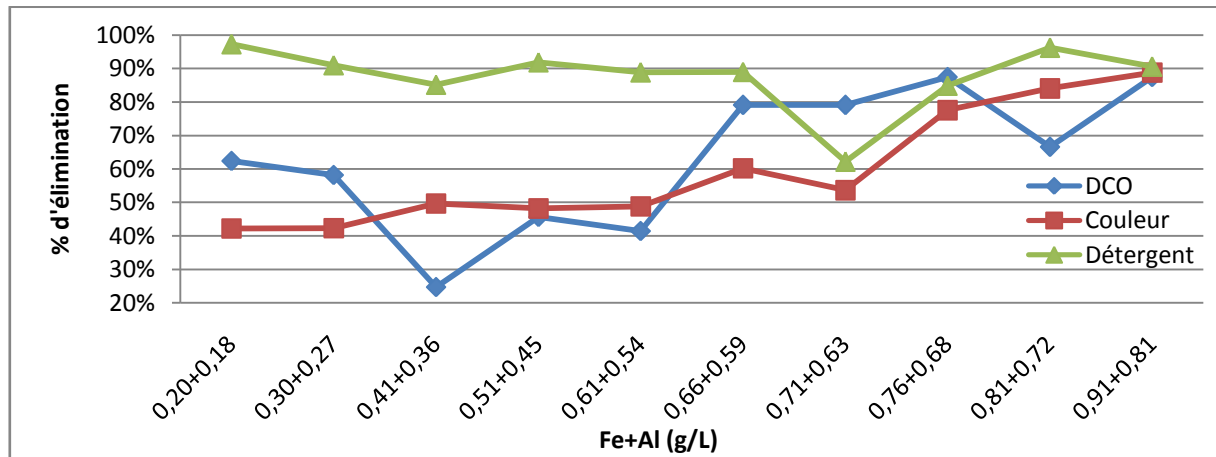


Figure 3 : Variations des taux d'élimination de la couleur et la DCO en fonction du volume du mélange des coagulants.

3.5.3. Elimination des détergents

La concentration en détergents diminue en augmentant la concentration du coagulant ajouté. Les taux d'élimination obtenus admettent 62% comme valeur minimale et 97% comme valeur maximale.

Terzic et al. [23] ont comparé l'efficacité de deux procédés pour l'élimination des détergents contenus dans une eau usée municipale, à savoir : Une unité classique de traitement mécanique/biologique des eaux usées, et un réacteur biologique à membrane. Ce dernier a pu atteindre l'efficacité maximale.

3.6. Optimisation des résultats

A travers la figure 1, nous constatons que la concentration optimale en coagulant SIWW, est de 3 g Fe/L. Il permet d'obtenir une efficacité maximale d'élimination de 77% en couleur, 78% en DCO et 97% en détergents. La dose optimale du deuxième coagulant (PAC) relevée de la figure 2 est de 1,71g Al/L. Par conséquent, 98% de la couleur, 96% de la DCO et 95% des détergents ont été éliminés.

Par la combinaison des deux coagulants, nous parvenons à réaliser des taux d'élimination supérieurs à ceux obtenus par le coagulant SIWW seul, d'où une amélioration de son rendement. La concentration optimale déterminée est de 0,91 Fe+ 0,81 Al g/L, obtenue par un mélange de 9 mL/L du coagulant SIWW auxquels on a rajouté 9 mL/L du coagulant PAC. Les taux d'élimination ont été de 89%, 87% et 91% en couleur, DCO et détergents respectivement.

Le tableau 4 regroupe les doses optimales des coagulants ainsi que les taux d'élimination optimaux obtenus.

Tableau 4: Paramètres optimaux des coagulants utilisés.

	SIWW	PAC	SIWW+PAC
Dose optimal (g/L)	3 Fe	1,71 Al	0,91 Fe + 0,81 Al
Taux d'élimination de la couleur (%)	78	98	89
Taux d'élimination de la DCO (%)	77	96	87
Taux d'élimination des détergents (%)	97	95	91

Conclusion

A travers cette étude, nous avons traité un lixiviat intermédiaire de la ville de Kénitra (Maroc) par coagulation. Nous avons valorisé un rejet de l'industrie métallurgique, comme un nouveau coagulant, nous avons alors pu démontrer son efficacité par rapport à l'élimination de la pollution organique contenue dans le lixiviat.

En utilisant le coagulant SIWW seul, nous avons atteint des taux d'élimination de 78% en couleur, de 77% en DCO et 97% en détergents. Par ailleurs, le PAC a fait preuve des meilleurs abattements atteignant 98% en couleur, de 96% en DCO et 95% en détergents. Dans le but d'améliorer le rendement de ce nouveau coagulant, nous l'avons mélangé avec le polychlorure d'Aluminium, ce qui nous a permis d'augmenter les rendements d'élimination et d'atteindre 89%, 87% et 91% en couleur, DCO et détergents respectivement. Nous avons aussi montré que la coagulation est une opération efficace pour le traitement des lixiviats intermédiaires.

References

1. 3ème rapport sur l'état de l'environnement du Maroc, Ministère Délégué Auprès du Ministre de l'Energie des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'environnement, (2015).
2. Renou S., Givaudan J.G., Poulain S., Dirassouyan F., Moulin P. *J. Hazard. Mater.* 150 (2008) 468–493.
3. Maranon E., Castrillon L., Fernandez-Nava Y., Fernandez-Mendez A., Fernandez Sanchez A. *J. Hazard. Mater.* 156 (2008) 538–544.
4. Castrillon L., Fernandez-Nava Y., Ulmanu M., Anger I., Maranon E. *Waste Manage.* 30 (2010) 228–235.
5. Souabi S., Touzare K., Digua K., Chtioui H., Khalil F. et Tahiri M. *Technologies de laboratoire.* 25 (2011) 121-130.
6. Aziz H A., Alias S., Adlan M N., Asaari F A H., Zahari M S. *Biores. Technol.* 98 (2007) 218-220.
7. Liu X., Li X M., Yang Q., Yue X., Shen T T., Zheng W., Luo K., Sun Y H., Zeng G M. *Chem. Eng. J.* 200-202 (2012) 39–51.
8. Lou I., Gong S., Huang X., Liu Y., Mok K M. *Desalin. Water Treat.* 51 (2013) 3361-3370.
9. El Karamany H. Fourteenth International Water Technology Conference, IWTC 14 (2010).
10. APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed American Public Health Association, Washington, D.C., USA (2005).
11. Adlan M N., Palaniandy P., Hamidi Abdul Aziz H A. *Desalination.* 277 (2011) 74–82.
12. Aboulhassan A., Souabi S., Yaacoubi A., Baudu M. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 3 (2006) 327-332.
13. Ghafari S., Aziz H A., Isa M H., Zinatizadeh A A. *J. Hazard. Mater.* 163 (2009) 650–656.
14. Martin M A., Gonzalez I., Berrios M., Siles J A., Martin A. *Chem. Eng. J.* 172 (2011) 771– 782.
15. Beauchamp J. La pollution littorale. D.E.S.S. en Qualité et Gestion de l'Eau à l'Université Picardie Jules Verne, (2003).
16. Borghi C., Fabbri M., Fiorini M., Mancini M., Ribani P L. *Sep. Purif. Technol.* 83 (2011) 180–188
17. Mamchenko A V., Gerasimenko N G., Deshko I I., Pakhar T A. *J. of Water Chem Techno.* 29 (2007) 238-245.
18. Lee S J., Lee Y J., Nam S H. *Korean J. Chem. Eng.* 25 (2008) 505-512.
19. Chen N., Zhang Z., Feng C., Zhu D., Yang Y., Sugiura N. *J. Hazard. Mater.* 186 (2011) 863-868.
20. Islam K M N., Misbahuzzaman K., Majumder A K., Milan Chakrabarty M. *Afr. J. Environ. Sci. Technol.* 5 (2011) 409-419.
21. Tatsi A A., Zouboulis A I., Matis K A., Samaras P. *Chemosphere.* 53 (2003) 737–744.
22. Priyanka Pai H., Nagaraja M., Ranjani C. *Int. J. Sci. Res. Pub.* 4 (2014) 2250-3153.
23. Terzic S., Matosic M., Ahel M., Mijatovic I. *Water Sci Technol.* 51 (2005) 447-53.
24. Bakraouy H, Souabi S, Digua K, Pala A. *Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food industry.* 16 (2015) 329-341.

(2016) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>