

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE

N° : .....



DOMAINE : SM

FILIERE : CHIMIE

OPTION : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

*Mémoire présenté pour l'obtention  
Du Diplôme De Master Académique*

Par:

**GHARBI FATIMA**

**KARA Wafa**

Intitulé

**Dégradation Des Polluants Organiques  
Persistants**

Soutenu devant le jury composé de:

<b>Dr. Smail TERCHI</b>	<b>Université de M'Sila</b>	<b>Président</b>
<b>Dr. Mokhtar DJEHICHE</b>	<b>Université de M'Sila</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>Dr. Azzedine BENYAHIA</b>	<b>Université de M'Sila</b>	<b>Examineur</b>

**Année universitaire : 2019/2020**

---



## *REMERCIEMENTS*

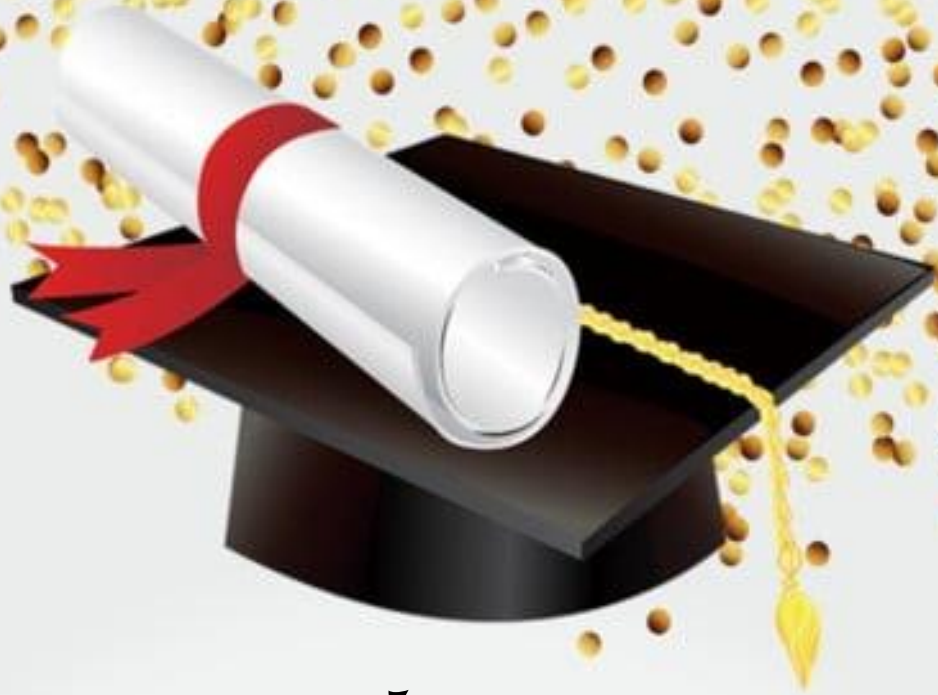
*La première chose on remercie le dieu pour le succès qu'il nous a donné, la volonte et la patience tout au long de la période d'étude.*

*En second lieu nous remercions aussi notre*

*Encadreur « DJEHICHE MOKHTAR » pour l'orientation, la confiance et la patience tout long de ce travail.*

*Nos remerciements vont aussi le chef de département du CHIMIE « Mr. DAKHOUCHE » qui nous encourage et a tous les enseignants de département, par ailleurs, nos remerciements à tous les membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.*

**FATIMA et Wafa**



## *Dédicace*

*Je dédie premièrement mon travail à mes très chers  
parents:*

*« SAID » et « CHAFIA ».*

*Et ma grande famille: « GHARBI ».*

*Je dédie à mes frères: « ABDELHAK, SALIM,  
ABDRAHMANE et ABDELLAH » et à mes  
sœurs « NASSIMA et FAIZA ».*

*À mes amis et à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

*Je remercie DR.DJEHICHE MOKHTAR, qui a fait de gros  
efforts pour mener à bien ce travail.*

**GHARBI FATIMA**





## *Dédicace*

*Je dédie premièrement mon travail à mes très chers  
parents:*

*« MILOUD » et « MESOUDA ».*

*Et ma grande famille: «KARA ».*

*Je dédie à mes frères: « SAAD, ELDJAMAI,*

*FARID et HAMZA » et à mes sœurs «*

*NABILA, SIHAM et LATIFA ».*

*À mes amis et à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

*Je remercie DR. DJEHICHE MOKHTAR, qui a fait de gros  
efforts pour mener à bien ce travail.*

KARA WAFA



# Sommaire

---

## Remerciements

## Dédicace

## Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

## Introduction Générale

Introduction ..... 1

### Chapitre I : Les Polluants Organiques Persistants

I.1. Introduction ..... 4

I.2. Types des (POPs)..... 4

I.2.1. Aldrine ..... 4

I.2.2. Chlordane..... 4

I.2.3. Trichloro-2,2-Bis (4chlorophényl) éthane(DDT)..... 4

I.2.4. Dieldrine..... 5

I.2.5. Dioxines ..... 5

I.2.6. Endrine ..... 5

I.2.7. Furannes..... 5

I.2.8. Heptachlore ..... 5

I.2.9. Hexachlorobenzène (HCB) ..... 5

I.2.10. Mirex..... 5

I.2.11. Biphényles polychlorés(PCB)..... 6

I.2.12. Toxaphène..... 6

I.3. Présence dans L'environnement ..... 6

A. De Manière intentionnelle, industriellement ..... 6

B. De Manière non intentionnelle ..... 6

I.4. Les Propriétés des Polluants organiques persistants ..... 6

---

# Sommaire

---

I.4.1.Toxicité .....	6
I.4.2.Persistance .....	7
I.4.3.Bioaccumulation .....	7
I.4.4.Transport langue distance .....	8
I.5.Propriétés physico-chimique des POPs .....	8
I.5.1.La solubilité dans l'eau.....	8
I.5.2.Coefficient de partition ( $K_d$ ) solide/eau .....	8
I.5.3.Temps de demi-vie ( $t_{1/2}$ ) .....	8

## **Chapitre II : Les Colorants Et Les Méthodes De Traitements**

<b>A. Les colorants.....</b>	<b>10</b>
II.1.Introduction.....	10
II.2.Définition des colorants.....	10
II.3.Classification des colorants .....	11
II.3.1.Classification chimique.....	11
II.4.Le colorant étudié.....	12
II.4.1.L'Eosine.....	12
II.4.2.Utilisation de l'Eosine .....	12
<b>B. Les Méthodes de traitements.....</b>	<b>14</b>
II.5.Les méthodes physiques .....	14
II.5.1.Adsorption par charbon actif.....	14
II.5.2.Filtration sur membrane.....	14
II.5.3.Coagulation-floculation .....	14
II.6.Le traitement biologique.....	15
II.7.Les méthodes chimiques .....	15
II.7.1.Les procédés d'oxydation avancée(POAs).....	16

---

# Sommaire

---

II.7.1.1.Procédé fenton ( $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ ).....	17
II.7.1.2.Procédé photo catalytique .....	17
II.7.1.3.Procédé de la photolyse(UV).....	18
II.7.1.4Procédé de pèroxonation ( $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ ).....	18
II.7.2.Les procédés d'oxydation chimiques in-situ(ISCO).....	18
II.7.2.1.Oxydation en utilisant l'ion permanganate .....	19
II.7.2.2.Oxydation par persulfate .....	20
II.7.2.2.a. Activation du persulfate et génération des radicaux.....	21
II.7.2.2.b. Activation thermique du persulfate.....	22
II.8.dégradation de l'éosine par persulfate activé thermiquement .....	22

## Conclusion

Conclusion.....	25
Références .....	26

---

# Sommaire

---

## Liste Des Tableaux

<b>Tableau II.1.</b> Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par croissante .....	<b>11</b>
<b>Tableau II.2.</b> Les propriétés de l'Eosine. ....	<b>13</b>
<b>Tableau II.3.</b> Les avantages et les inconvénients de chaque POAs. ....	<b>17</b>



# Sommaire

---

## Liste Des Figures

<b>Figure II.1.</b> L'éosine Y.....	<b>12</b>
<b>Figure II.2.</b> L'éosine B.....	<b>12</b>
<b>Figure II.3.</b> Structure moléculaire de persulfate.....	<b>21</b>



## Liste Des Abréviations

- (POPs)** Les polluants organiques persistants.
- (DDT)** Trichloro-2,2-bis (4 chlorophényl) éthane.
- (HCB)** Hexa chlorobenzène.
- (PCB)** Biphényles polychlorés.
- (HAP)** les hydrocarbures aromatiques polycycliques.
- (K<sub>d</sub>)** Coefficient de partition.
- (t<sub>1/2</sub>)** Temps de demi-vie.
- (POAs)** Les procédés d'oxydation avancée.
- (pH)** Potentiel d'hydrogène.
- (ISCO)** Les procédés d'oxydation chimique in situ.
- (PS)** Le persulfate.
- (PDS)** le sel de sodium.
- (OH•)** Le radical hydroxyle.
- (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>•)** Le radical sulfate.
-

# **Introduction Générale**

## Introduction

La protection de l'environnement et la problématique de la dépollution des eaux et des sols contaminés nécessitent une réaction rapide du monde entier. La pollution est bien souvent d'origine industrielle (rejet des effluents industriels non traités dans le milieu naturel) ou agricole, c'est-à-dire due au manque de précautions nécessaires pour éviter les fuites de déchets toxiques comme les engrais et les pesticides.

Les polluants organiques persistants (POPs) sont des substances toxiques ayant la capacité de se bio accumuler le long de la chaîne alimentaire. Une fois émis dans l'atmosphère, ils sont dispersés par le vent puis se déposent au sol. Du fait de leur persistance, ils peuvent être réémis depuis le sol vers l'atmosphère et parcourir ainsi de longues distances. Les Polluants organiques persistants (POPs) sont une catégorie de polluants chimiques très dangereux qui sont reconnus comme une grave menace mondiale pour la santé humaine et les écosystèmes. Certains POPs sont des pesticides, certains sont des produits chimiques industriels et d'autres sont des colorants industriels.

Les colorants parmi les polluants les plus dangereux. Ils sont utilisés dans des nombreux secteurs industriels tels que les produits alimentaires, cosmétiques et cliniques, en particulier dans les industries textiles. Les molécules de ces colorants, sont difficilement biodégradables. Ils sont traités par des plusieurs méthodes physiques, biologiques et chimique.

Les techniques d'oxydation chimique sont basées sur l'oxydation directe ou indirecte des polluants organiques par des espèces fortement oxydante. Ces espèces chimiques sont capable de dégrader jusqu'au stade de la minéralisation les composés organiques Ces procédés d'oxydation se sont révélés être très efficaces.

# Introduction Générale

---

L'objectif de notre travail est d'étudier la dégradation de L'Eosine par le persulfate de potassium, cette dernière est une technique récente et efficace à travers les radicaux qui génère.

Après une introduction générale, Ce mémoire est structuré en deux chapitres :

Le premier chapitre présente une généralité sur les polluants organiques persistantes, ainsi que les propriétés des POPs.

Dans Le deuxième chapitre on présente un aperçu bibliographique sur les colorants et les méthodes de traitements.

Une conclusion générale résume l'essentiel dans ce travail.

**Chapitre I :**  
**Les polluants organiques**  
**persistants**

## I. Les polluants organiques persistants

### I.1. Introduction

Les polluants organiques persistants (POPs) sont une catégorie de polluants chimiques très dangereux qui sont reconnus comme une grave menace mondiale pour la santé humaine et les écosystèmes. Certains POPs sont des pesticides, certains sont des produits chimiques industriels et d'autres sont des sous-produits produits de manière non intentionnelle suite à certaines combustions et procédés de l'industrie chimique. Les POPs sont largement présents dans l'environnement dans toutes les régions du monde.

Selon la convention de Stockholm (Mai 2001) [1] et le journal officiel de la République Algérienne N°39 [2] : « les Polluants Organiques Persistants (POPs) possèdent des propriétés toxiques, résistant à la dégradation, s'accumulent dans les organismes vivants et sont propagés par l'air, l'eau et les espèces migratrices par-delà les frontières internationales et déposés loin de leur site d'origine, où ils s'accumulent dans les écosystèmes terrestres et aquatiques. Ces POPs s'accumulent dans les tissus des organismes vivants à travers la chaîne alimentaire, et présentent le risque d'entraîner des effets nuisibles pour la santé humaine et l'environnement. »

### I.2. Types des (POPs)

Selon la convention de Stockholm (Mai 2001), initialement on distingue douze (12) types de POPs [1, 3, 4] :

#### I.2.1. Aldrine

Un pesticide utilisé sur les sols pour y détruire les termites, les sauterelles, les chrysomèles des racines du maïs et autres nuisibles.

#### I.2.2. Chlordane

Couramment utilisé pour lutter contre les termites et comme insecticide sur toutes sortes de cultures.

#### I.2.3. Trichloro-2,2-bis (4 chlorophényl) éthane (DDT)

C'est probablement le mieux connu des POPs. Le DDT a beaucoup servi pendant la Deuxième Guerre mondiale pour protéger soldats et civils du paludisme, du typhus et d'autres maladies transmises par des insectes. On s'en sert encore pour lutter contre les moustiques dans plusieurs pays afin de combattre le paludisme.

## **I.2.4. Dieldrine**

Utilisée pour combattre les termites et les ravageurs des textiles, la dieldrine sert aussi à lutter contre les maladies dont des insectes sont les vecteurs et contre les insectes dans les sols agricoles.

## **I.2.5. Dioxines**

Ce sont des substances chimiques produites involontairement en cas de combustion incomplète et aussi lors de la manufacture de certains pesticides et autres produits chimiques. Par ailleurs, le recyclage de certains métaux et le traitement de la pâte à papier peuvent aussi libérer des dioxines. On a aussi trouvé des dioxines dans les gaz d'échappement des voitures et les fumées émanant du tabac, du bois et du charbon.

## **I.2.6. Endrine**

Cet insecticide est vaporisé sur les feuilles de coton et de céréales et sert aussi d'acaricide et de rodenticide notamment contre les souris et les campagnols.

## **I.2.7. Furannes**

Ces composés sont des sous-produits involontaires des mêmes procédés de fabrication que ceux qui libèrent des dioxines et que l'on trouve aussi dans les PCB produits pour le commerce.

## **I.2.8. Heptachlore**

C'est un produit qui sert surtout à tuer les insectes et termites des sols, mais dont on se sert aussi couramment pour combattre les insectes infectant le coton, les sauterelles et autres nuisibles des cultures ainsi que les moustiques vecteurs du paludisme.

## **I.2.9. Hexa chlorobenzène (HCB)**

L'hexa chlorobenzène est utilisé comme fongicide pour les cultures alimentaires. C'est aussi un sous-produit de la manufacture de certaines substances chimiques et des mêmes procédés qui libèrent des dioxines et des furannes.

## **I.2.10. Mirex**

Cet insecticide est surtout utilisé pour combattre les fourmis rouges, d'autres types de fourmis et les termites. On s'en est aussi servi d'ignifuge dans la production de plastiques, de caoutchouc et d'équipements électriques.

## I.2.11. Biphénylespolychlorés (PCB)

Ces composés servent de fluides thermo-vecteurs dans l'industrie et sont utilisés dans les transformateurs et condensateurs électriques, ainsi que comme adjuvants pour les peintures, les papiers autocopiants, les enduits et les plastiques.

## I.2.12. Toxaphène

Cet insecticide, également appelé camphechlore, est utilisé sur le coton, les céréales, les fruits, les noix et les légumes. On s'en sert aussi pour combattre les tiques et acariens du bétail.

Autres substances ont été classifiées ultérieurement dans les POPs, comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et de nouvelles substances produites.

## I.3. Présence dans l'environnement

Les POPs peuvent être produits dans l'environnement par deux voies : intentionnelle et non intentionnelle [5].

- 1. De manière intentionnelle, industriellement** : comme les pesticides, produits pour usages industriels...
- 2. De manière non intentionnelle** : durant la combustion à l'air libre ou l'incinération des déchets et durant la combustion de la biomasse (feux de forêts, feux domestiques) ; durant certains processus industriels, comme la production de substances chimiques, de métaux, de textiles, de céramique ainsi que la production artisanale de briques.

## I.4. Les propriétés des polluants organiques persistants

### I.4.1. Toxicité

De nombreuses études ont montré l'effet néfaste des POPs sur l'environnement. L'homme peut quant à lui être exposé aux POPs par inhalation ou ingestion d'aliments. Il est généralement difficile de mettre en évidence la relation entre l'exposition à des polluants et les maladies sur l'homme ou la faune. Cette difficulté est accentuée pour les POPs qui s'accumulent dans les tissus adipeux jusqu'à atteindre des concentrations toxiques en plus, les POPs sont rarement trouvés seuls et il n'est alors pas évident de déterminer lequel des POPs a un effet sur la santé [6].

# Chapitre I : Les Polluants Organiques Persistants

---

Dans certains lieux de travail, l'exposition aiguë à certains POPs est préoccupante pour les travailleurs et peut causer la mort. On peut citer par exemple, une étude aux Philippines a montré qu'en 1990, l'endosulfan a été la première cause d'intoxication aiguë liée aux pesticides chez les producteurs de riz de subsistance et les applicateurs de pesticides sur les mangues. L'exposition chronique aux POPs à de moindres concentrations peut aussi affecter la santé humaine. On peut ainsi mentionner une épidémie de 4000 cas de porphyrie cutanée survenue en Turquie entre 1955 et 1959 suite à la contamination de céréales traitées avec de l'hexa chlorobenzène, les symptômes s'étant manifestés après une longue période d'exposition [6]. Des recherches ont associé les POPs à la perturbation du système endocrinien, au dérèglement de la fonction de reproduction et du système immunitaire, à des troubles neurocomportementaux et au cancer. Plus récemment, certains POPs ont également été liés à une baisse de l'immunité chez les enfants et à une augmentation concomitante des infections, à des anomalies du développement, à des troubles neurocomportementaux, ainsi qu'au cancer et à l'induction ou à la promotion de tumeurs [6].

## I.4.2. Persistance

Les polluants peuvent être dégradés dans l'environnement sous l'action de divers processus (biotransformation, oxydation abiotique, hydrolyse et photolyse), les transformant en des substances potentiellement moins dangereuses. Les POPs sont très résistants à ces différentes transformations du fait de leurs propriétés chimiques. La persistance d'un polluant dans un milieu est décrite par son temps de demi-vie dans ce milieu, ce qui correspond au temps nécessaire pour que la moitié du polluant disparaisse. Selon la Convention de Stockholm, une condition nécessaire pour qu'un polluant soit considéré comme un POPs est que son temps de demi-vie dans l'eau soit supérieur à deux mois dans l'eau ou que son temps de demi-vie dans le sol ou les sédiments soit supérieur à six mois.

La persistance dans l'environnement est une propriété importante des POPs car elle aggrave leur bioaccumulation et augmente le rayon d'exposition bien au-delà du lieu d'émission [6].

## I.4.3. Bioaccumulation

Les POPs sont des composés lipophiles : ils ont tendance à se fixer sur les tissus adipeux et s'accumulent dans les organismes vivants. Ainsi, la concentration augmente le long de la chaîne alimentaire [6].

## I.4.4. Transport longue distance

Les POPs sont des polluants multiphasiques : ils peuvent être présents dans les différents milieux sous forme liquide, gazeuse ou particulaire. Ils ont des comportements de transport très différents : certains sont très volatils, tandis que d'autres ont plus d'affinité avec l'eau [6]. Une fois émis dans l'atmosphère, les POPs sont transportés par le vent puis se déposent au sol (ou dans l'eau) par lessivage ou dépôt sec (gazeux et particulaire). Du fait de leur persistance dans le sol, ils peuvent être réémis vers l'atmosphère par un procédé de volatilisation. Les POPs peuvent ainsi être transportés sur de longues distances par une série de phases successives de dépôt-rémissions-transport. Ce processus est appelé « effet saut de sauterelle » [6].

## I.5. Propriétés physico-chimiques des POPs

Les propriétés physico-chimiques les plus importantes sont [7, 8] :

### I.5.1. La solubilité dans l'eau

Donne une idée de la capacité d'une molécule organique à se dissoudre dans l'eau (Caractère Polaire).

De l'ordre du  $\mu\text{g/l}$  : solubilité faible.

De l'ordre du  $\text{mg/l}$  : solubilité moyenne.

De l'ordre du  $\text{g/l}$  : solubilité importante.

### I.5.2. Coefficient de partition ( $K_d$ ) solide/eau

Indique la capacité d'adsorption des molécules organiques sur une phase solide à

l'équilibre :  $K_d = \frac{C_{\text{solide}}}{C_{\text{eau}}}$

$C_{\text{solide}}$ : concentration sur les particules ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ).

$C_{\text{eau}}$ : concentration dans l'eau ( $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ).

### I.5.3. Temps de demi-vie ( $t_{1/2}$ )

C'est le temps nécessaire pour que la moitié de la dose initiale d'une substance organique soit dégradée. Il dépend du milieu considéré.

**Chapitre II :**  
**Les colorants et les**  
**méthodes de traitements**

## II. Les colorants et les méthodes de traitements

### A. Les colorants

#### II.1. Introduction

Les Polluants organiques persistants (POPs) sont une catégorie de polluants chimiques très dangereux qui sont reconnus comme une grave menace mondiale pour la santé humaine et les écosystèmes. Certains POPs sont des pesticides, certains sont des produits chimiques industriels et d'autres sont des colorants industriels.

Les colorants rejetés par les industries peu ou pas biodégradables et résistent bien aux traitements classiques d'épuration. Ils créent surtout une nuisance visuelle dans les eaux contaminées bien qu'un certain nombre d'entre eux est mutagène et cancérigène [9].

#### II.2. Définition des colorants

Un colorant est une matière colorée par elle-même, capable de se fixer sur un support. La coloration plus ou moins intense des différentes substances est liée à leur constitution chimique. Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, par transmission ou diffusion, résulte de l'absorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés chromophore. La molécule colorante étant le chromogène (l'arrangement complet d'atomes qui donne naissance à la couleur observée). Plus la facilité du groupe chromophore à donner un électron est grande et plus la couleur sera intense.

## Chapitre II : Les Colorants Et Les Méthodes De Traitements

D'autres groupes d'atomes du chromogène peuvent intensifier ou changer la couleur due au chromophore : ce sont les groupes auxochromes [10].

**Tableau II.1.** Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par croissante.

Groupes chromophores	Groupes auxochromes
Azo ( $-N=N-$ )	Amino ( $-NH_2$ )
Nitroso ( $-NO$ ou $-N-OH$ )	Méthylamino ( $-NHCH_3$ )
Carbonyl ( $=C=O$ )	Diméthylamino ( $-N(CH_3)_2$ )
Vinyl ( $-C=C-$ )	Hydroxyl ( $-HO$ )
Nitro ( $-NO_2$ ou $=NO-OH$ )	Alkoxy ( $-OR$ )
Sulfure ( $>C=S$ )	Groupes donneurs

### II.3. Classification des colorants

Les classifications les plus couramment rencontrées dans les industries textiles, sont basées sur les structures chimiques des colorants synthétiques et sur les méthodes d'application aux différents substrats (textiles, papiers, cuir, matières plastiques,.....etc.)[11].

#### II.3.1. Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupe chromophore:

- Les colorants azoïques.
- Les colorants triphénylméthanes.
- Les colorants indigoïdes.
- Les colorants xanthènes.
- Les colorants anthraquinoniques.
- Les phtalocyanines.
- Les colorants nitrés et nitrosés.

### II.4. Le colorant étudié

#### II.4.1. L'Eosine

L'Eosine, le composé modèle de cette étude, est un colorant acide de la classe des Xanthène.

L'Eosine est un colorant de couleur orange-rosé aux propriétés asséchantes et antiseptiques. Il existe deux composés :

- l'éosine Y ou tétra-bromo-fluorescéine, dérivé tétra-bromé de la fluorescéine.

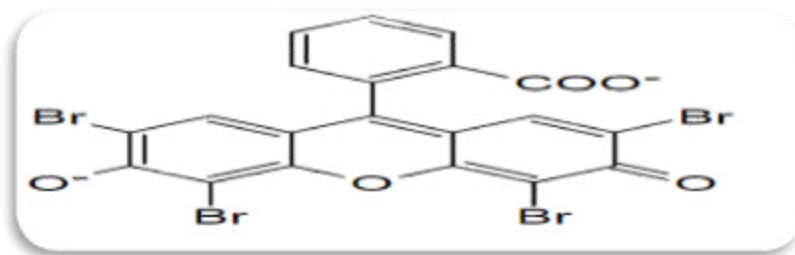


Figure II.1. L'éosine Y.

- l'éosine B en est un dérivé di-bromo-di-nitro.

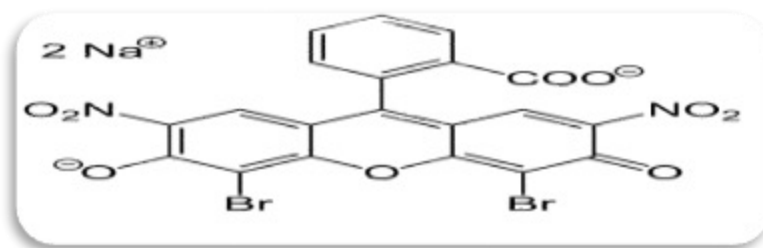


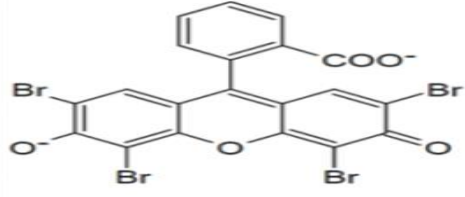
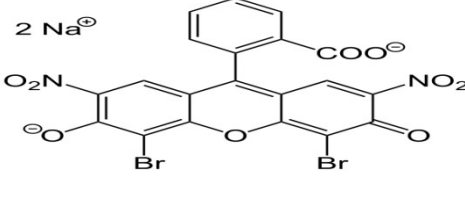
Figure II.2. L'éosine B.

#### II.4.2. Utilisation de l'Eosine

L'éosine est très utilisée comme colorant pour la microscopie en laboratoire, pour teindre le cytoplasme des cellules, le collagène, les fibres musculaires, les lymphocytes et les bactéries. Il peut être également utilisé pour colorer le bois brut d'un rouge bordeaux avant application de vernis.

## Chapitre II : Les Colorants Et Les Méthodes De Traitements

Tableau II.2. Les propriétés de l'Eosine.

	Eosine Y	Eosine B
<b>structure</b>		
<b>Formule brute</b>	$C_{20}H_6Br_4O_5$	$C_{20}H_8Br_2N_2O_9$
<b>Masse molaire (g.mol<sup>-1</sup>)</b>	647.89052	580.09352
<b>Nomenclature</b>	Benzoate de 2- (2, 4, 5,7-tétrabromo-6-oxido-3-oxo-3 H - xanthène-9-yle)	4', 5'-dibromo-3', 6'-dihydroxy-2', 7'-dinitro-1-spiro [isobenzofuran-3,9'-xanthene] one
<b>Masse volumique (g/ml)</b>	1.0	
<b>Point de fusion</b>	300°C (se décompose)	

### B. Les méthodes de traitements

#### II.5. Les méthodes physiques

Les méthodes physiques de traitement des eaux usées éliminent les substances en utilisant des forces naturelles telles que la gravité, l'attraction électrique, et les forces de van der Waals, ainsi que par l'utilisation de barrières physiques. En général, les mécanismes impliqués dans le traitement physique n'entraînent pas de modifications de la structure chimique des substances cibles. Dans certains cas, l'état physique est modifié, comme lors de la vaporisation, et souvent, les substances dispersées sont amenées à s'agglomérer, comme cela se produit pendant la filtration. Les méthodes physiques de traitement des eaux usées comprennent la sédimentation, la flottation et l'adsorption, ainsi que l'utilisation de barrières physiques telles que des supports à barres, des tamis, des filtres à lit profond et membranes [12].

##### II.5.1. Adsorption par charbon actif

L'adsorption est un procédé d'élimination des polluants organiques ou minéraux présents dans des effluents aussi bien liquide que gazeux. Plusieurs modèles théoriques ont été élaborés pour décrire les mécanismes de ces phénomènes. Nous y reviendrons par la suite. Par ce procédé, le polluant est transféré de la phase fluide vers la surface du solide. Même avec le charbon actif considéré comme l'adsorbant le plus efficace, ce mode de traitement reste très limité pour l'élimination de tous les colorants. Seuls les cationiques, colorant à mordant, dispersés ou dits de cuve et réactifs sont éliminés par cette technique [13].

##### II.5.2. Filtration sur membrane

La filtration sur membrane pilotée par pression hydraulique se décline en microfiltration, ultrafiltration, nano filtration [14] et osmose inverse [15, 16,17]. L'effluent passe à travers une membrane semi-perméable qui retient en amont les contaminants de taille supérieure au diamètre des pores, pour produire un perméat purifié et un concentré qui reçoit les impuretés organiques.

##### II.5.3. Coagulation-floculation

Une méthode physico- chimique par lesquels des particules colloïdales ou des solides en fine suspension sont transformés par des flocculant chimique en espèces plus visibles et séparables (les flocs).

## Chapitre II : Les Colorants Et Les Méthodes De Traitements

---

Les floes formés sont ensuite séparés par décantation et filtration puis évacués. Les coagulants inorganiques les plus utilisés sont l'alun et chaux [18]. Une quantité importante de boue est formée avec ce procédé : leur régénération ou réutilisation reste la seule issue mais demande des investissements supplémentaires.

### II.6. Le traitement biologique

Le traitement biologique des eaux usées est un processus par lequel des substances organiques sont utilisées comme nourriture par des bactéries et d'autres micro-organismes. Presque toutes les substances organiques peuvent être utilisées comme nourriture par une ou plusieurs espèces de bactéries, champignons, ciliates, rotifères ou autres microorganismes.

En étant ainsi utilisées, les molécules organiques complexes sont systématiquement décomposées, ou «désassemblées», puis réassemblées en tant que nouveau protoplasme cellulaire. L'oxygène est nécessaire soit sous forme moléculaire dissoute, soit sous forme d'anions tels que le sulfate et le nitrate. Le résultat final est une diminution de la quantité de polluants organiques et une augmentation de la quantité de micro-organismes, de dioxyde de carbone, d'eau et d'autres sous-produits du métabolisme microbien [12].

### II.7. Les méthodes chimiques

Les méthodes chimiques de traitement des eaux usées bénéficient de deux types de propriétés:

1. Les caractéristiques chimiques des polluants, concernant leur tendance à réagir ou à interagir avec les produits chimiques de traitement.
2. Les caractéristiques chimiques des produits de réaction entre les polluants et les produits chimiques de traitement, concernant leurs solubilités, volatilités ou autres propriété liée à l'incapacité du produit à rester en solution ou en suspension aqueuse.

En général, six processus chimiques peuvent être utilisés pour éliminer les substances des eaux usées [12]:

1. Réaction pour produire un solide insoluble.
2. Réaction pour produire un gaz insoluble.
3. Réduction de la charge de surface pour produire la coagulation d'une suspension colloïdale.
4. Réaction pour produire une substance biologiquement dégradable à partir d'une substance non biodégradable.

5. Réaction pour détruire ou désactiver d'une autre manière un agent chélatant.
6. Oxydation ou réduction pour produire une substance non opposable ou une substance qui peut être éliminée plus facilement par l'une des méthodes précédentes.

Les techniques d'oxydation chimique sont généralement appliquées quand les procédés biologiques sont inefficaces. Elles peuvent être ainsi utilisées en étape de prétraitement pour les procédés biologiques. En effet, ces techniques sont basées sur l'oxydation directe ou indirecte des polluants organiques par des espèces fortement oxydante comme l' $O_3$ ,  $H_2O_2$ ,  $O_2$ ,  $OH^\circ$ ... Ces espèces chimiques sont capable de dégrader jusqu'au stade de la minéralisation les composés organiques Ces procédés d'oxydation se sont révélés être très efficaces. De nouvelles techniques sont inventées pour générer les espèces oxydantes, on cite :

- Les procédés d'oxydation avancée(POAs).
- Les procédés d'oxydation chimique in situ(ISCO).

### II.7.1. Les procédés d'oxydation avancée(POAs)

C'est dans l'intention de développer des techniques de traitement rapides, moins onéreuses et plus adaptées aux composés organiques réfractaires ou toxiques que les procédés d'oxydation avancée (POAs) ont vus le jour. Les POAs sont des techniques de traitement faisant appel à des intermédiaires radicalaires très réactifs, particulièrement les radicaux hydroxyles ( $OH^\circ$ ), à température ambiante. Le développement des POAs pour le traitement des eaux contaminées par les matières organiques, est une tentative de tirer avantage de la non sélectivité et de la rapidité de réaction des OH [19]. On peut distinguer cinq types de procédés d'oxydations avancées :

- POA basés sur la réaction de Fenton ( $Fe^{2+}/H_2O_2$ ,  $Fe^{2+}/H_2O_2/UV$ ,  $Fe^{3+}/H_2O_2/UV$ , électro Fenton).
- POA basés sur l'utilisation de semi-conducteurs ( $TiO_2/UV$ ).
- POA basés sur la photolyse (UV, UV/ $H_2O_2$ ).
- POA basés sur la péroxonation ( $O_3/H_2O_2$ ).

## Chapitre II : Les Colorants Et Les Méthodes De Traitements

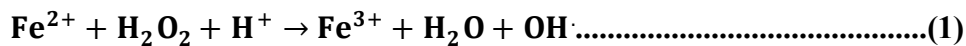
Chaque procédé a des avantages, et des inconvénients [20-22].

**Tableau II.3.** Les avantages et les inconvénients de chaque POAs.

Les avantages :	Les inconvénients :
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Simple à réaliser.</li><li>➤ Élimination rapide des polluants.</li><li>➤ Production in-situ des radicaux réactifs.</li><li>➤ Ne produisent pas de déchets secondaires.</li><li>➤ Efficaces pour le traitement des composés récalcitrants, toxiques et non biodégradables.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ La consommation relativement importante de réactifs nécessaire à leur mise en œuvre, qui les rend très coûteuse, pour traiter des polluants très concentrés.</li><li>➤ ils ne sont pas favorisés pour le traitement de grands volumes.</li><li>➤ ce sont des procédés émergents.</li></ul>

### II.7.1.1. Procédé Fenton ( $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ )

Il s'agit d'une combinaison entre le peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  et le fer ferreux  $\text{Fe}^{2+}$ . Le radical hydroxyle  $\text{HO}\cdot$  est l'espèce oxydante de la réaction ci-dessous, appelée réaction de Fenton (1):



Le rendement optimal de la réaction de Fenton est obtenu à pH acide (pH = 3). L'activité de fer décroît à pH élevé en raison de la présence des oxo hydroxydes de Fer partiellement inactifs et la formation de précipité hydroxyde ferrique et par conséquent moins de radicaux hydroxyles sont générés [23].

### II.7.1.2. Procédé Photo catalytique

Parmi les semi-conducteurs les plus utilisés dans la photo catalyse, on trouve le dioxyde de titane ( $\text{TiO}_2$ ) qui semble particulièrement bien adapté au traitement des eaux, car il est chimiquement et biologiquement inerte, facile à produire et à utiliser, peu coûteux, et actif d'un point de vue photo catalytique, qui peut être photo-excité pour former des sites électro-donneurs ou électro-accepteurs d'électrons et ainsi induire des réactions d'oxydoréductions[24].

### II.7.1.3. Procédé de la Photolyse (UV)

Les polluants organiques peuvent être dissociés par excitation UV directe. Pour ce faire, les polluants sont excités par la lumière, afin de réagir avec le dioxygène dissous dans l'eau avant d'être transformé en sous-produits comme il est montré dans les réactions suivantes :



Les coûts très élevés de fonctionnement, la faible fiabilité du matériel et les problèmes de maintenance sont les principales raisons pour lesquelles la photolyse directe est abandonnée [25].

### II.7.1.4. Procédé de peroxydation ( $O_3 / H_2O_2$ )

Dans ce système, les radicaux hydroxyles, principaux oxydants de la peroxydation, sont formés par réaction entre l'ozone et le peroxyde d'hydrogène [26]. Ce procédé est plus efficace que l'ozonation grâce aux radicaux hydroxyles. Ce système est affecté par les mêmes contraintes que l'ozonation à savoir la faible solubilité de  $O_3$  et dépend de nombreux paramètres tels que : le pH, la température, les réactions parasites consommant les  $HO\cdot$  et le type de polluant [27].

### II.7.2. Les procédés d'oxydation chimique in situ (ISCO)

L'ISCO est l'une des nombreuses technologies qui ont émergé avec un potentiel d'assainissement rentable des sols et des eaux souterraines contaminés. L'ISCO implique la livraison sous la surface d'un oxydant chimique pour détruire les contaminants organiques et réduire ainsi les risques potentiels pour la santé publique et la qualité de l'environnement.

Les oxydants chimiques actuellement utilisés pour la technique ISCO sont le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), le permanganate de potassium et de sodium ( $KMnO_4$ ,  $Na_2MnO_4$ ), le persulfate de sodium ( $Na_2S_2O_8$ ) et l'ozone ( $O_3$ ).

La technique ISCO a une longue histoire de développement et d'utilisation. Bien que la recherche et le développement se poursuivent, l'ISCO est une technologie relativement mature pour l'assainissement des eaux souterraines contaminées, y compris les zones sources et les panaches.

L'efficacité de l'ISCO varie et dépend fortement de la caractérisation appropriée du site et de la conception du système de distribution d'oxydant pour parvenir à la destruction par oxydation des contaminants préoccupants dans une zone de traitement cible.

En règle générale, les applications ISCO nécessitent un deuxième ou troisième événement de livraison d'oxydant ciblé.

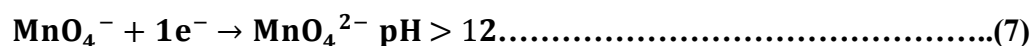
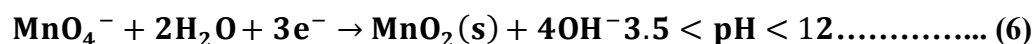
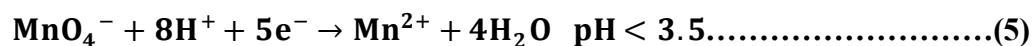
Le coût médian d'un projet ISCO semble être de l'ordre de 100 dollars par mètre cube traité. Cependant, les coûts peuvent varier considérablement selon les caractéristiques des contaminants, les conditions du site et l'oxydant utilisé [28].

### II.7.2.1. Oxydation en utilisant l'ion permanganate

L'ion permanganate est un oxydant chimique puissant qui donne aux solutions aqueuses une couleur distincte du rose au violet foncé en fonction de la concentration.

L'ion permanganate ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{MnO}_4$ ) est un oxydant de métal de transition avec un potentiel de réduction élevé de 1,68 volts (V) à pH acide et tire son pouvoir oxydant du manganèse sous forme heptavalente (Mn [VII]). Cet état de valence du manganèse n'est pas favorisé dans les conditions redox de la plupart des milieux aquatiques naturels; ainsi, le permanganate est un oxydant puissant qui acceptera les électrons de nombreux substrats organiques et inorganiques.

Le permanganate réagit principalement par des réactions de transfert direct d'électrons plutôt que par des intermédiaires radicalaires, comme avec d'autres oxydants ISCO. Le nombre d'électrons transférés, ainsi que les mécanismes de réaction qui dominent, dépendent de pH du système. En général, plus d'électrons sont transférés dans des conditions de pH acide comme le montrent les demi-réactions suivantes:



Il a été démontré que le permanganate réagit avec une variété de composés organiques différents. Avec les composés aliphatiques, la réactivité du permanganate est souvent fonction du type de liaison carbone au sein du composé, ainsi que des groupes fonctionnels sur la chaîne aliphatique. Le permanganate est bien connu pour être réactif avec les liaisons alcènes, qui sont des doubles liaisons carbon-carbonées et contiennent des électrons [28].

### II.7.2.2. Oxydation par persulfate

Le persulfate (PS) ou le peroxydisulfate se trouve sous trois formes de sel ; potassium, sodium et ammonium. Le PS de potassium a une très faible solubilité pour l'assainissement in situ, et l'application de PS d'ammonium peut causer une contamination secondaire par l'ammoniac résiduel. Par conséquent, le sel de sodium PDS ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) est le premier choix pour le traitement d'oxydation chimique in situ. Le PS est moins cher par rapport aux autres oxydants utilisés in situ, mais il est encore plus cher que le peroxyde d'hydrogène pour les applications à grande échelle. L'énergie de dissociation de liaison et la longueur de liaison de PS ont été respectivement déterminées comme étant de  $140 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  et de  $1,497 \text{ \AA}$  [29].

L'oxydation par le persulfate présente les avantages suivants :

- Le persulfate catalysé par la chaleur produit le radical sulfate ( $\text{SO}_4^-$ ) qui a un potentiel redox aussi élevé.
- le radical sulfate a une demi-vie plus longue, et est plus stable.
- Le persulfate non catalysé a une durée de vie souterraine significativement plus longue.
- La grande solubilité du persulfate ainsi que sa stabilité dans des conditions souterraines normales lui permet d'être amené plus efficacement.

Le persulfate se caractérise par les propriétés suivantes :

- **Propriétés chimiques :**
  - ✓ Formule brute :  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$
  - ✓ Masse molaire :  $270,322 \pm 0,013 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- **Propriétés physiques :**
  - ✓ Solubilité : modérément soluble ( $60 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$  à  $25^\circ\text{C}$ )
  - ✓ Densité : 2.48
  - ✓ Point de fusion : décomposition vers  $100^\circ\text{C}$
  - ✓ Aspect : incolore

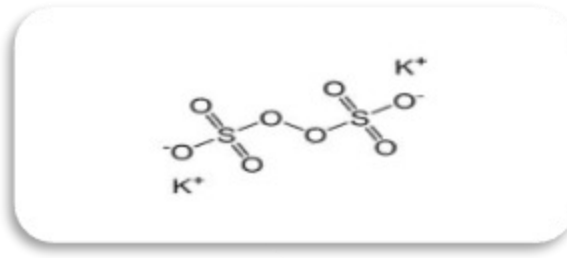


Figure II.3. Structure moléculaire de persulfate.

### II.7.2.2.a. Activation du persulfate et génération des radicaux

- Le radical hydroxyle (OH<sup>•</sup>) est un oxydant fort, relativement non spécifique qui réagit rapidement avec > 98% des polluants organiques, et est l'oxydant dominant dans les systèmes de persulfates activés. Le radical hydroxyle s'ajoute aux alcènes, aux cycles aromatiques et aux composés hétérocycliques. De plus, le radical hydroxyle oxyde les alcanes par abstraction d'hydrogène [30].
- Le radical sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-•</sup>) est un oxydant hautement réactif mais de courte durée de vie. Il oxyde des contaminants organiques similaires au radical hydroxyle, mais le mécanisme est différent. Le radical sulfate élimine les électrons du composé organique et génère un cation radical organique. De plus, le radical sulfate est un électrophile et réagit facilement avec les aromatiques avec des groupes donneurs d'électrons (c'est-à-dire hydroxyl -OH, amino NH<sub>2</sub> ou alcoxy -OR), mais il n'est pas réactif avec les aromatiques avec des groupes attracteurs d'électrons (c'est-à-dire chlore Cl, nitro NO<sub>2</sub>, ou carbonyle -C = O) [30].

Comme le radical hydroxyle, le radical sulfate peut réagir de trois façons [31] :

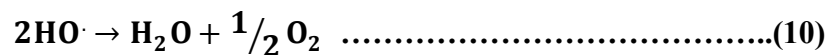
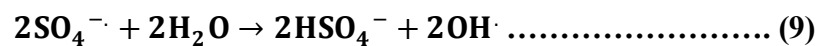
- ✓ Arrachement d'un atome d'hydrogène.
  - ✓ Addition sur double liaison.
  - ✓ Transfert d'électron.
- L'anion hydro peroxyde (HO<sup>2-</sup>) est un nucléophile puissant et le superoxyde (O<sub>2</sub><sup>•-</sup>) est un réducteur et nucléophile faible. L'anion hydroperoxyde et le superoxyde dégradent les contaminants organiques avec des fractions pauvres en électrons (c.-à-d. Carbonyle -C = O) ils peuvent dégrader les contaminants hautement oxydés (c.-à-d. Trichloréthylène ou tétrachlorure de carbone). Cependant, le superoxyde n'est pas réactif avec la plupart des composés organiques dans l'eau désionisée, mais sa réactivité devient significative dans les systèmes aqueux contenant des solutés tels que le peroxyde d'hydrogène et le persulfate [30].

## Chapitre II : Les Colorants Et Les Méthodes De Traitements

- En résumé, les espèces réactives de l'oxygène générées dans un système persulfate sont capables de dégrader une large gamme de contaminants. Des méthodes innovantes d'activation du persulfate et de dégradation accrue des contaminants nécessitent une étude plus approfondie [30].

### II.7.2.2.b. Activation thermique du persulfate

L'activation thermique du persulfate en solution aqueuse résulte en la coupure homolytique de la liaison O-O. [32] proposent le mécanisme complet de la décomposition du persulfate en Solution aqueuse suivant :

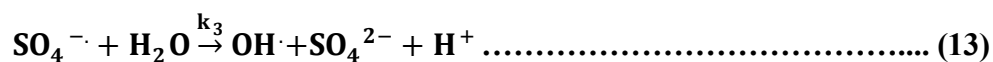
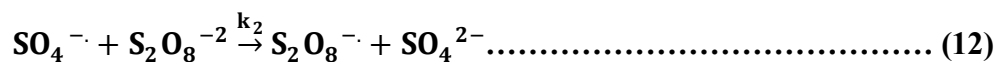


### II.8. Dégradation de l'éosine par persulfate activé thermiquement

Lorsque le persulfate est activé thermiquement, il se décompose pour produire des radicaux sulfate ( $SO_4^{\cdot-}$ ) ( $E_0 = 2,6$  V), qui réagissent rapidement avec la plupart des composés organiques avec des constantes de vitesse de réaction biomoléculaires dans la plage de  $10^7$ - $10^{10} M^{-1} s^{-1}$ .

De nombreuses études ont démontré l'efficacité de l'oxydation par persulfate activée thermiquement des contaminants organiques [33]. A différents pH le radical sulfate est le radical oxydant prédominant à pH <7, à pH naturel le radical sulfate et le radical hydroxyle sont prédominant et à pH basique le radical OH est prédominant.

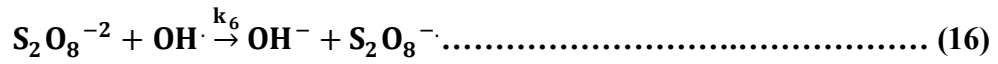
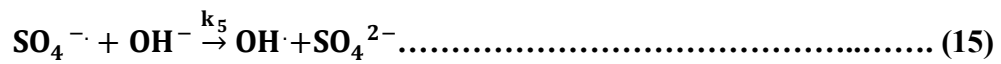
- A pH entre 3 et 7.



## Chapitre II : Les Colorants Et Les Méthodes De Traitements

---

➤ A pH entre 7 et 11.



A notre connaissance il n'existe pas une étude antérieure sur la dégradation de l'éosine par le persulfate.

# **Conclusion**

### Conclusion

Les polluants organiques persistants sont des composés dangereux et toxiques pour l'environnement, qui à des degrés divers, résistent à la dégradation physique, biologique et chimique.

Les colorants constituent un facteur majeur de la pollution qui engendre sa dégradation et la disparition de la vie des faunes et flore.

L'objectif de notre travail, consiste à réaliser la dégradation de l'Eosine, par persulfate de potassium  $K_2S_2O_8$  activé thermiquement.

## Références

---

### Référence

- [1] Convention de stockholm « les polluants organiques persistants » ; Mai (2001).
- [2] Journal officiel de la république algérienne N°39, 31 Juillet 2013.
- [3] Bard Pr. ; « fiche VII les polluant organiques persistant » ; Ecole nationale de la santé publique ; France ; (2004).
- [4] Ouramdane A. ; « La Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants, Plan National de Mise en œuvre ALGERIE » ; (2010).
- [5] Ministère de l'écologie, du Développement durable et de l'énergie ; « les polluants organiques persistants » ; France ; (2015).
- [6] Vincent L. ; « Prise en compte d'un modèle de sol multicouches pour la simulation multi-milieux a l'échelle européenne des polluants organiques persistants » ; Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est, (2014).
- [7] Ritter L., K. R. Solomon, J. Forget ; « Rapport d'évaluation sur les POP » ; Canada, (1996).
- [8] Munaron D. ; « les principaux contaminants organiques »; Séminaire sur la contamination chimique ; (2004).
- [9] T. Robinson, G. McMullan, R. Marchant, P. Nigam, Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative, *Bioresource Technology*, 77 (2001) 247-255.
- [10] Tapley, K. N. and Fan, Q. Chemical analysis of colorants. *Chemical Testing of Textiles*, Wood head Publishing: 2005: p. 270-315.
- [11] Chakraborty, J.N., 20 dyeing with natural dyes, in *Fundamentals and Practices in Coloration of Textiles*. 2014, Wood head publishing India: p. 233-261.
- [12] *Industrial Waste Treatment Handbook* Frank Woodard ISBN 0-7506-7317-6.
- [13] C. Raghavacharya, *Chem. Eng. World* 32 (1997) 53–54.

## Références

---

- [14] B. Van der Bruggen, B. Daems, D. Wilms, C. Vandecasteele, Mechanisms of retention and flux decline for the nanofiltration of dye baths from the textile industry, *Separation and Purification Technology*, 22–23 (2001) 519-528.
- [15] R. Rautenbach, K. Vossenkaul, T. Linn, T. Katz, Waste water treatment by membrane processes — New development in ultra filtration, nanofiltration and reverse osmosis, *Desalination*, 108 (1997) 247-253.
- [16] V. Calabro, G. Pantano, M. Kang, R. Molinari, E. Drioli, Experimental study on integrated membrane processes in the treatment of solutions simulating textile effluents. Energy and energy analysis, *Desalination*, 78 (1990) 257-277.
- [17] M. Liu, Z. Lü, Z. Chen, S. Yu, C. Gao, Comparison of reverse osmosis and nanofiltration membranes in the treatment of biologically treated textile effluent for water reuse, *Desalination*, 281 (2011) 372-378.
- [18] V. Golob, A. Ojstršek, Removal of vat and disperse dyes from residual pad liquors, *Dyes and Pigments*, 64 (2005) 57-61. P.C. Vandevivere, R. Bianchi, W. Verstraete, Review: Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: Review of emerging technologies, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 72 (1998) 289-302.
- [19] ZAKARIA REDOUAN SALAH. Élimination d'un polluant organique par photo inducteurs en phase homogène et hétérogène. Thèse magistère « Université Mentouri Constantine ».
- [20] Alounia Najete (2009) dégradation photo catalytique de polluant organique (méthyle orange, pentachlorophénol et acide benzoïque) en présence du dioxyde de titane nanocristallin élaboré par la méthode sol-gel. Thèse magister. « Université de badji mokhtari annaba».
- [21] BAGHRICHE O., (2005). Contribution de méthodes destructives (Photolyse et P.O.A) et non destructives à l'élimination de deux colorants (Bleu de méthylène et rouge Congo) en solution aqueuse, Thèse de Magister, « Université mentouri Constantine».
- [22] BEN AISSA AKILA. (2012). étude de dégradation photo catalytique d'un colorant synthétique et d'un tensioactif. « Université mentouri Constantine ».

## Références

---

- [23] Fida, H.; Zhang, G.; Guo, S.; Naeem, A., Heterogeneous Fenton degradation of organic dyes in batch and fixed bed using La-Fe montmorillonite as catalyst. *Journal of Colloid and Interface Science* 2017, 490, 859-868.
- [24] Mills, A., Le Hunt, S. an overview of semi conductor photo catalysis, *Journal of photochemistry and photobiology a: Chemistry* 1997, 108: p. 1-35.
- [25] Wong, C.C. and W. Chu, The direct photolysis and photo catalytic degradation of alachlor at different TiO<sub>2</sub> and UV sources. *Chemosphere*, 2003. 50(8): p. 981-987.
- [26] Staehelin J., Hoigné J., *Environ. Sci. and Technol.*, 16 (1982) 676-680.
- [27] Hernandez R., Zappi M., Colucci J., Jones R., *J. Hazard. Mat.*, 92 (2002) 33-50.
- [28] *In Situ Chemical Oxidation for Ground water Remediation*, Robert C. Borden Richard A. Brown Wilson S. Clayton Michelle Crimi James B. Cummings Jeffrey L. Heiderscheidt Scott G. Huling Tissa H. Illangasekare ISBN: 978-1-4419-7825-7.
- [29] *Chemistry of persulfate in water and waste water treatment*: Stanisław Waclawek, Holger V. Lutze, Klaudiusz Grübel, Vinod V.T. Padil, Miroslav Černík, Dionysios D. Dionysiou.
- [30] *Activated persulfate and catalyzed hydrogen peroxide propagation system reactivity and stability during in situ chemical oxidation elloy*, Farah Catherine a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy Washington state university December 2014.
- [31] Fassi S., Thèse de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle en chimie. Université Mentouri-Constantine, (2014).
- [32] Bartlett P.D and Cotman J.D. *Journal of the American Chemical Society*, 71 (1949) 1419- 1422.
- [33] Liang et al, 2012 Kinetic model for sulfate/hydroxyl radical oxidation of methylene blue in a thermally-activated persulfate system at various pH and temperatures Chen-Ju Liang\* and Shun-Chin Huang *Sustain. Environ. Res.*, 22(4), 199-208 (2012).

## Résumé :

Les Polluants organiques persistants (POPs) sont une catégorie de polluants chimiques très dangereux qui sont reconnus comme une grave menace mondiale pour la santé humaine et les écosystèmes.

La pollution de l'environnement est l'un des défis majeurs aux quels l'humanité est confrontée aujourd'hui. Les colorants constituent un facteur majeur de cette pollution qui engendre sa dégradation et la disparition de la vie des faunes et flore.

Cette étude est sur la dégradation par Les procédés d'oxydation chimique in situ (ISCO) d'un colorant appelé l'Eosine par le persulfate activé thermiquement.

**Mots clés :** Les Polluants organiques persistants (POPs), la dégradation, Les procédés d'oxydation chimique in situ (ISCO), l'Eosine, le persulfate.

## ملخص:

الملوّثات العضوية المتطايرة هي فئة من الملوثات الكيميائية شديدة الخطورة المعترف بها على أنها تهديد عالمي خطير لصحة الإنسان والنظم البيئية.

يعد التلوث البيئي أحد التحديات الرئيسية التي تواجه البشرية اليوم. وتشكل الأصباغ عاملاً رئيسياً في هذا التلوث الذي يتسبب في تدهورها واختفاء حياة الحيوانات والنباتات.

تتناول هذه الدراسة التحلل بواسطة عمليات الأكسدة الكيميائية في الموقع لصبغة تسمى إيوزين بواسطة البيروكسيدات المنشط حرارياً

الكلمات المفتاحية: الملوثات العضوية المتطايرة ، التحلل ، عمليات الأكسدة الكيميائية في الموقع ، إيوزين ، بيروكسيدات.

## Abstract:

Persistent Organic Pollutants (POPs) are a category of very dangerous chemical pollutants that are recognized as a serious global threat to human health and ecosystems.

Environmental pollution is one of the major challenges facing humanity today. The dyes constitute a major factor of this pollution which causes its degradation and the disappearance of the life of the fauna and flora.

This study is on the degradation by in situ chemical oxidation (ISCO) processes of a dye called Eosin by thermally activated persulfate.

**Keywords:** Persistent Organic Pollutants (POPs), degradation, in situ chemical oxidation (ISCO) processes, Eosin, persulfate.