

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la technologie*

*Département de Génie de l'environnement*

## **Mémoire**

*Présenté pour obtenir*

**LE DIPLOME DE MASTER**

**FILIERE : génie des procédés**

**Spécialité : génie des procédés de l'environnement**

Par

- **Benkerri Badis**
- **Saichi sofiane**

*Intitulé*

### **Extraction liquide-liquide d'un polluant organique par plusieurs types de solvants**

*Soutenu le : 29/06/2022*

*Devant le Jury composé de :*

<i>Nom &amp; Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>M. Assassi. M</i>	<i>MCA</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M. Bahah. S</i>	<i>MCB</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M. Dilmi. A</i>	<i>MCB</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

*Année Universitaire 2021/2022*



# *dedicace*

Je dédie ce travail à :

À mes chers parents qui ont consacré toute leur vie à me soutenir et à m'encourager durant toutes mes études, que Dieu les bénisse.

A ma soeur adorée  
à mes frères

A ma belle-mère,  
À mon ami ; Et le compagnon des difficultés



# *Remerciements*

Nous louons beaucoup Dieu et nous le remercions beaucoup pour sa bonté , son don et sa générosité .

Nous le louons pour avoir rendu notre objectif facile , facilité nos difficultés et atténué nos ennuis .



Il nous a aidés à terminer ce travail , auquel nous demandons qu'il être purement pour un visage généreux . En reconnaissance de la gratitude et de l'appréciation au bienfaiteur , après avoir terminé la préparation de ce mémorandum , nous ne pouvons qu'exprimer nos sincères remerciements et notre

gratitude à : Professeur

" bahah salah "

pour ses précieux conseils et ses bons conseils , et il a été crédité d'avoir terminé ce travail. Que Dieu fasse cela dans la balance de ses bonnes actions

jusqu'au Jour du Jugement . Nous adressons également nos plus profonds remerciements et notre reconnaissance à : Faculté des sciences et de la technologie



## Table des matières

Introduction .....	01
<b>CHAPITRE I : Extraction liquide-liquide</b>	
I- Extraction liquide-liquide .....	03
I.1- Introduction.....	03
1.2. Définition.....	03
1.3 Conditions d'extraction .....	03
1.4. Principe de l'Extraction Liquide-Liquide.....	04
1.5. Classificaion des systèmes d'extraction.....	04
1.5.1. Extraction par solvatation .....	04
1.5.1.1 Extraction par échange de cations.....	04
1.5.1.2. Extraction par échange d'anions .....	04
1.5.1.3. Extraction par chélation .....	04
II- Solvant .....	05
II.1- Définition.....	05
II.2. Classification des solvants .....	05
II.2.1-Solvants protiques et polaires .....	05
II.2.2-Solvants aprotiques et dipolaires .....	05
II.2.3-Solvants aprotiques et apolaires .....	05
II.2.4-Solvants aprotiques et peu polaires .....	05
III - Type Des Solvants.....	06
III.1 Toluène.....	06
III.1.2 Caractérisation et propriétés physico-chimiques.....	06
III.2 Xylene.....	06
III.3 Huile de feuilles de Pistacia lentiscus.....	07
III.3.1 Propriétés physico-chimiques d'huile de Pistacia Lentiscus.....	07
IV. L'acide benzoïque.....	08
<b>Chapitre II . Métaux lourds</b>	
I..Les métaux lourds.....	11
I.1 Définition .....	11
I-2 Classification des métaux lourds.....	11
I.2.1 Les métaux essentiels .....	11

I.2.2 Les métaux toxiques .....	11
I.3 Répartition et devenir des métaux lourds dans l'environnement .....	11
I.3.1. Contamination des sols.....	11
I.3.2 Contamination de l'air.....	12
I.3.3 Contamination de l'eau.....	12
I.4 Les effets sur la santé.....	13
II.Le cadmium.....	13
II.1 Définition.....	13
II.2 . Propriétés physico-chimiques.....	14
II.3 . Principaux composés du Cadmium.....	14
II.4. Effets de cadmium sur la santé humaine.....	15
II.5 Effets Environnementaux.....	15

### **Chapitre III. Matériels et Méthodes**

I Généralité sur la spectrométrie d'absorption atomique.....	17
I.1. Principe.....	17
II .Matériels utilisé .....	17
III. Produits utilisé.....	18
IV .Protocoles de l'extraction liquide-liquide.....	18
V . Calcul de coefficient de diffusion de cadmium Cd.....	19
VI .Calcul de pourcentage d'extraction de cadmium.....	19

### **Chapitre IV. Résultats et discussions**

I -Paramètres influençant sur le coefficient et l'extraction de cadmium.....	21
I.1 . Effet de pH sur la diffusion et le rendement d'extraction de cadmium.....	21
II . Effet de type de solvant sur la diffusion et le rendement d'extraction de cadmium .....	25
II.1 Rendement d'extraction pour différents types de solvants.....	25
III. Effet de volume de solvant sur la diffusion et le rendement d'extraction de cadmium entre les phases .....	27
IV . Effet de temps de contact sur le coefficient de diffusion et le rendement d'extraction de cadmium.....	31
V. Effet de la force ionique (NaNO <sub>3</sub> ) sur le coefficient de diffusion et le rendement d'extraction de cadmium.....	31

## Table des matières

---

VI . Effet de la concentration de l'acide benzoïque sur le coefficient de diffusion et le rendement d'extraction de cadmium.....	35
CONCLUSION .....	38
Référence.....	42

## Chapitre IV

<b>Figure (01)</b> : Effet de pH sur le coefficient division de cadmium pour toluène.....	22
<b>Figure (02)</b> : Effet de pH sur le coefficient diffusion de cadmium pour Xylène .....	23
<b>Figure (03)</b> : Effet de pH sur le coefficient diffusion de cadmium pour huile de lentisque.....	23
<b>Figure (04)</b> : Effet de pH sur le rendement d'extraction de cadmium .....	24
<b>Figure (05)</b> : Effet de pH sur le rendement d'extraction de cadmium pour xylène .....	24
<b>Figure (06)</b> : Effet de pH sur le rendement d'extraction de cadmium pour huile de lentisque .....	25
<b>Figure (07)</b> : Rendement d'extraction à différents types de solvants à pH5.....	26
<b>Figure (08)</b> : Rendement d'extraction à différents types de solvants à Ph7.....	26
<b>Figure (09)</b> : Rendement d'extraction à différents types de solvants à pH9.....	27
<b>Figure (10)</b> : Effet de volume de solvant sur le coefficient de diffusion.....	28
<b>Figure (11)</b> : Effet de volume de solvant sur le coefficient de diffusion de cadmium.....	28
<b>Figure (12)</b> : Effet de volume de solvant sur le coefficient de diffusion de cadmium .....	29
<b>Figure (13)</b> : Effet de volume de solvant sur le rendement d'extraction de cadmium .....	29
<b>Figure (14)</b> : Effet de volume de solvant sur le rendement d'extraction de cadmium.....	30
<b>Figure (15)</b> : Effet de volume de solvant sur le rendement d'extraction de cadmium.....	30
<b>Figure (16)</b> : Effet de temps de contact sur le coefficient de diffusion de cadmium.....	31
<b>Figure (17)</b> : Effet de la concentration de nitrate de sodium sur le coefficient de diffusion de cadmium .....	32
<b>Figure (18)</b> : Effet de la concentration de nitrate de sodium sur le coefficient de diffusion. 33	
<b>Figure (19)</b> : Effet de concentration de nitrate de sodium sur le rendement d'extraction de cadmium pour le toluène.....	34

## LISTE DES FIGURE

---

- Figure ( 20 )** : Effet de la concentration de nitrate de sodium sur le rendement d'extraction de cadmium pour le xylène.....35
- Figure ( 21 )** : Effet de la concentration d'acide benzoïque sur la diffusion de cadmium.....36
- Figure (22)** : effet de la concentration de l'acide benzoïque sur le rendement d'extraction.. 36



## LISTE DES tableau

---

### chapitre 01

<b>Tableau 1</b> : Propriétés physico-chimiques de xylène.....	07
<b>Tableau 2</b> : Les propriétés physico-chimiques de l'huile de feuilles de Pistacia lentiscus .....	08
<b>Tableau 3</b> : Propriétés physique et chimiques de l'acide benzoïque.....	09

### chapitre 02

<b>Tableau 01</b> Les principales propriétés Chimique du cadmium.....	14
<b>Tableau 02</b> Les principales propriétés Physiques du cadmium.....	14

A graphic of a scroll with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled, showing the word "INTRODUCTION" in a bold, black, serif font. The scroll has a rounded top edge and a rounded bottom edge. The word "INTRODUCTION" is centered on the scroll.

# **INTRODUCTION**

## I.1. Introduction

La pollution de l'environnement constitue depuis les années 60 une préoccupation majeure de nos sociétés modernes. La pollution est une modification défavorable du milieu naturel, en modifie les composantes physiques, chimiques ou biologiques. Elle représente un sérieux problème pour l'environnement à cause des rejets de nombreux produits chimiques dont des éléments métalliques rejetés par les industries, l'agriculture et les communautés urbaines.

Parmi les différents types de pollution (organique /ou minéral) le problème due aux métaux lourds qui ont une importance de plus en plus grande sur les plans environnemental, sanitaire et économique. Cette pollution peut avoir un impact soit direct ou indirect, sur la santé humaine et l'équilibre des écosystèmes aussi bien marins que continentaux [1].

Les métaux lourds, ou éléments en traces (Cd , Zn, Cr, Hg, Cu, Ni, As, Se...), sont des éléments naturels, présents dans tous les compartiments de notre environnement : l'air, l'eau et les sols , malheureusement, l'activité de l'homme a changé leur répartition, leur concentration...etc par le biais de nouveaux modes de dispersion (fumées d'incinérateur d'ordures ménagers ou de déchets industriels, voitures...), les rendant ainsi potentiellement dangereux [2].

Ce travail a donc pour objectif d'étudier l'extraction du cadmium comme polluant très dangereux sur la santé et sur l'environnement par la technique d'extraction liquide-liquide en utilisant l'acide benzoïque dans différentes solvants. Ainsi que l'étude de quelques paramètres liés à l'opération de l'extraction liquide-liquide pour optimiser l'opération.

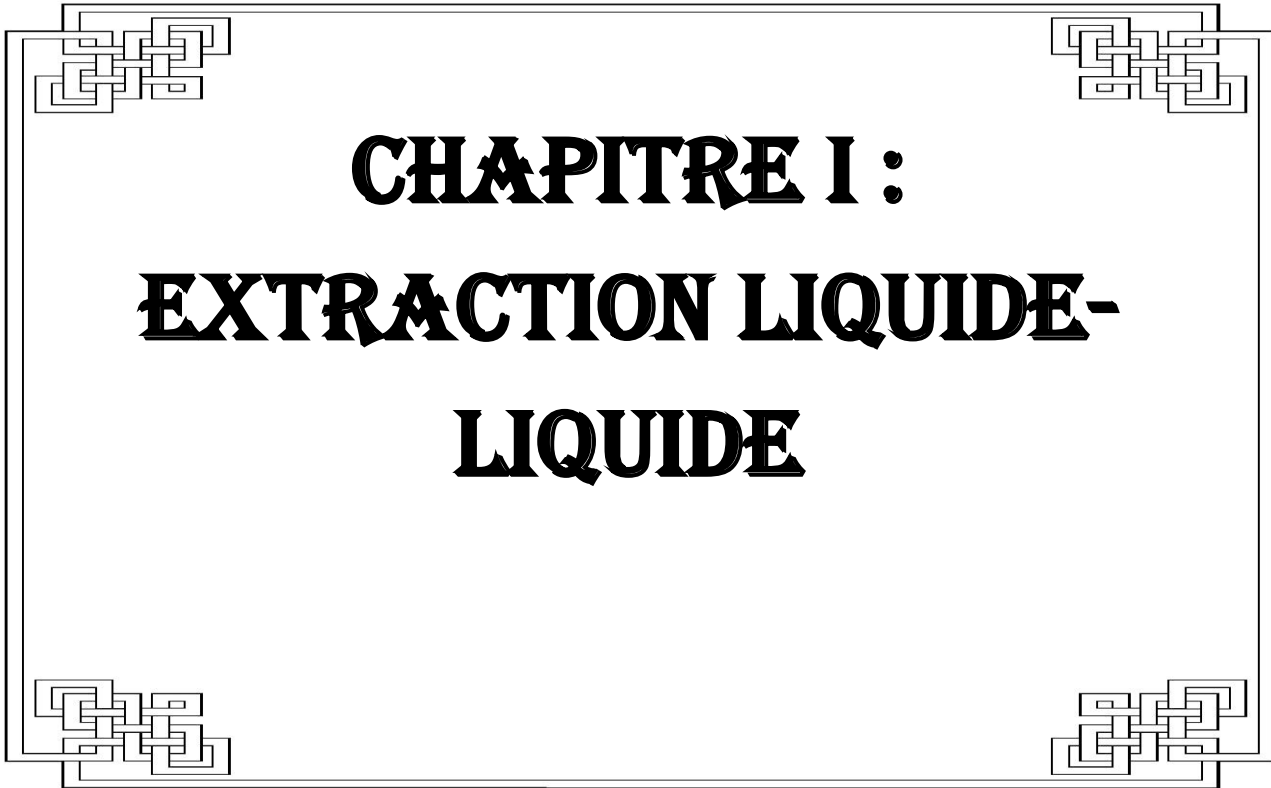
Ce travail est divisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre présente un aperçu bibliographie sur le principe de l'extraction liquide-liquide, classification des systèmes d'extraction et les propriétés physico-chimiques des solvants utilisés.

Le deuxième chapitre est destiné aussi à l'étude bibliographique des métaux lourds, il comprend la classification des métaux lourds, répartition et devenir des métaux lourds dans l'environnement et leurs effets sur la santé et l'environnement...

La troisième partie est consacrée au matériel et méthodes utilisés. Elle comprend le mode opératoire et la méthode d'analyse.

Le quatrième chapitre est consacré à la présentation et la discussion des résultats obtenus.



**CHAPITRE I :**  
**EXTRACTION LIQUIDE-**  
**LIQUIDE**

## I - GENERALITES SUR L'EXTRACTION LIQUIDE-LIQUIDE

### I-Extraction liquide-liquide :

#### 1.1. Introduction :

L'extraction liquide-liquide est un procédé physique permettant la récupération ou la purification d'un composé en utilisant les différences de solubilités mutuelles de certains liquides. Soit un composé, appelé soluté, dissout dans un liquide, diluant, l'ensemble formant un brut, et un tiers produit le solvant. Le solvant dissout le soluté mais non diluant, avec ce dernier il forme deux phases liquides non miscibles (comme l'huile et l'eau). En mélangeant au brut du solvant, on obtient un système instable qui se sépare en deux phases, dans lesquelles le soluté se répartit en fonction de son affinité propre pour l'une ou pour l'autre (phénomène du partage) [3].

Après équilibration de l'ensemble, on peut, par une décantation, séparer les deux phases: l'extrait (riche en solvant) et le raffinat (riche en éluant). Si le solvant a judicieusement été choisi, on peut le séparer facilement du soluté, et obtenir ce dernier pur. Généralement il reste dans le raffinat une quantité notable de soluté, c'est pourquoi on recommence plusieurs fois l'opération [3].

#### I.2.Définition :

L'extraction liquide-liquide est une opération qui permet la séparation d'un ou plusieurs constituants par l'utilisation de leur distribution inégale dans deux liquides pratiquement non-miscibles.

L'extraction liquide-liquide consiste à faire passer une substance d'un solvant dont elle est difficilement séparable à un autre dont elle sera isolable[4].

#### I.3. Conditions d'extraction:

- Les deux solvants doivent être non miscibles
- La substance à extraire doit être beaucoup plus soluble dans le solvant d'extraction que dans le solvant original.

La durée de l'agitation est régie par la cinétique de transfert du soluté pour atteindre une concentration d'équilibre, tandis que la durée de décantation est conditionnée par le temps de

séparation des deux phases non miscibles. A l'équilibre, la phase aqueuse est dite « raffinat » et la phase organique « extrait ». [4]

#### **I.4. Principe de l'Extraction Liquide-Liquide :**

Le principe de l'extraction liquide –liquide est basé sur la distribution de soluté métallique M entre les deux phases aqueuse et organique immiscibles.

Durant ce transport, le potentiel chimique du soluté en phase organique augmente tandis que celui de la phase aqueuse diminue. A l'équilibre, les potentiels chimiques du soluté M sont égaux dans les deux phases; on peut donc écrire :  $\mu_{\text{aq}} = \mu_{\text{org}}$  avec  $\mu$  est le potentiel chimique org : désigne les espèces chimiques dans la phase organique.

Aq : désigne les espèces chimiques dans la phase aqueuse [5]

#### **I.5. Classification des systèmes d'extraction [6]:**

##### **I.5.1. Extraction par solvatation :**

Un composé organique est dit solvant s'il possède un atome d'oxygène, de soufre, de phosphore ou d'azote susceptible d'engager un doublet électronique dans une liaison. Les composés solvants les plus utilisés sont les éthers, les cétones, les alcools et les composés phosphorylés.

##### **I.5.2. Extraction par échange de cations :**

L'extraction se produit par simple réaction de l'acide organique avec les cations métalliques de la phase aqueuse, en échangeant ces derniers avec les propres protons de l'acide.

##### **I.5.3. Extraction par échange d'anions :**

Certains milieux aqueux complexent les cations métalliques en formant des espèces anioniques.

##### **I.5.4. Extraction par chélation :**

Dans ce cas, la molécule d'extractant fonctionne comme échangeur de cations et comme solvant. Il s'agit d'un composé comportant un groupement fonctionnel acide d'une part et un atome donneur de doublets électroniques d'autre part.

L'hydrogène acide est échangé avec le cation métallique ce qui neutralise ses charges; le groupement donneur solvate le cation et sature ses sites de coordination .

## **II- Solvant :**

### **II.1 Définition :**

C'est un composé organique capable de donner des combinaisons avec le soluté métallique soluble dans la phase organique. Il présente des propriétés physico-chimiques lui permettant de former une phase organique continue, non miscible à la phase aqueuse [7].

Il n'existe pas de classement officiel des solvants. Ceux-ci peuvent être classés selon leurs similitudes de groupement chimiques : hydrocarbures aromatiques, alcools, esters, cétones, éthers etc. Mais la classification selon les propriétés chimiques vues précédemment semble plus intéressante concernant l'ELL [7].

### **II.2 Classification des solvants [8] :**

#### **II.2.1-Solvants protiques et polaires :**

Ces solvants peuvent former des liaisons H, possèdent un fort moment dipolaire ( $\mu$  élevé) et un fort pouvoir ionisant. Ils sont souvent miscibles à l'eau. Citons comme exemple l'acide formique ou les autres acides carboxyliques. Ce sont des solvants utilisés lors de back-extraction.

#### **II.2.2-Solvants aprotiques et dipolaires :**

Ce sont des solvants miscibles à l'eau le plus souvent, qui ne donnent et n'acceptent pas de liaisons H, et qui ont un fort pouvoir ionisant et un caractère dissociant. Ce sont par exemple l'acétonitrile, l'acétone ou le diméthylsulfoxyde (DMSO).

#### **II.2.3-Solvants aprotiques et apolaires :**

Ces derniers ne forment pas de liaison H, présentent un moment dipolaire très faible et sont souvent non miscibles dans l'eau : hexane, benzène, toluène ou tétrachlorure de carbone.

#### **II.2.4-Solvants aprotiques et peu polaires :**

Ce sont des solvants intermédiaires. Ils possèdent un moment dipolaire faible et ne peuvent pas former de liaisons H. On retrouve dans cette famille l'éther, le thioéther ou le tétrahydrofurane.

Ces deux dernières familles de solvants seront préférentiellement utilisées en ELL.

D'autres classifications sont disponibles, comme celle de Rohrschneider et Snyder qui proposent une classification selon la polarité et la sélectivité, ou celle de Hildebrand selon les solubilités.

### III - Type Des Solvants :

#### III.1 Toluène :

Le toluène est un liquide, faiblement soluble dans l'eau, utilisé dans l'essence, la fabrication du benzène, comme intermédiaire de synthèse, solvant (peinture, encre, produits pharmaceutiques) ou additif (produits cosmétiques). Il est retrouvé dans l'air à des concentrations proches de  $0,2 \mu\text{g.m}^{-3}$  [9].

##### III.1.2 Caractérisation et propriétés physico-chimiques:

Le toluène est un liquide transparent, incolore et qui dégage une odeur sucrée et piquante. Il s'agit d'un composé aromatique monocyclique dont un hydrogène du cycle benzénique a été remplacé par un groupe méthyle (formule moléculaire  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ ). Le toluène est un liquide volatil qui est inflammable, explosif et qui présente une tension de vapeur relativement élevée (3,7 kPa à 25 °C). Le toluène est modérément soluble dans l'eau (535 mg/L à 25 °C) et il est miscible avec la plupart des solvants organiques. Le log du coefficient de partage octanol/eau du toluène est modérément faible (2,69). Le toluène est formé à partir du pétrole par déshydrogénation catalytique de fractions renfermant du méthylcyclohexane. Le toluène de qualité industrielle est pur à 98 % et il peut contenir jusqu'à 2 % de xylènes et de benzène [10].

#### III.2 Xylène :

Les xylènes sont des hydrocarbures aromatiques extraits du pétrole. Il existe trois isomères du xylène qui se différencient par la place de leur seconde ramification. Le xylène commercial est un mélange des trois isomères et de l'éthylbenzène contenus dans des proportions différentes. Le composé prédominant est toujours le m-xylène. La forme simple de ces molécules en font des substances de base de la pétrochimie, et de la plasturgie. Ils font tous partie de la famille des composés organiques volatils (COV) et possèdent des solubilités faibles dans l'eau [11] :

- o-xylène :  $175 \text{ mg.L}^{-1}$  à 20°C
- m-xylène :  $151 \text{ mg.L}^{-1}$  à 20°C
- p-xylène :  $177 \text{ mg.L}^{-1}$  à 20°C



**Tableau 1** : Propriétés physico-chimiques de xylène [12].

<b>m- xylène</b>	
<b>Propriétés chimiques</b>	
Nom	<i>m</i> -xylène
Nom complet	1,3-diméthylbenzène
Autre nom	<i>m</i> -xylol
Formule chimique	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
Masse molaire	106,16 g/mol
Apparence	liquide incolore
<b>Propriétés physiques</b>	
Densité	0,86, liquide
Solubilité dans l'eau	quasiment insoluble Soluble dans les solvants non polaires comme les hydrocarbures aromatiques
Température de fusion	-48 °C (225 K)
Température d'ébullition	139,1 °C
Température d'auto-inflammation	527 °C (800 K)

### III.3 Huile de feuilles de *Pistacia lentiscus* (huile de lentisque.) :

Les huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* des différentes parties aériennes de la plante sont obtenues par hydrodistillation . Les échantillons d'huiles sont conservés dans des tubes en verre puis stockés dans le réfrigérateur à 4 ° C jusqu'à utilisation.

L'huile obtenue présente un aspect liquide et limpide, elle est de couleur jaune dégageant une odeur aromatique, très puissante et pénétrante [13].

**III.3.1 Propriétés physico-chimiques d'huile de Pistacia Lentiscus : [13].**

L'huile de pistachier est caractérisée par une consistance huileuse à aspect allant de liquide à limpide. Son odeur aromatique est très puissante. Ainsi elle est insoluble dans l'eau (Tableau2).

**Tableau 2 :** Les propriétés physico-chimiques de l'huile de feuilles de Pistacia lentiscus

<b>Paramètres</b>	<b>Résultats</b>
<b>Aspect</b>	<b>Liquide, liquide, mobile</b>
<b>Couleur</b>	<b>Incolore à jaune</b>
<b>odeur</b>	<b>Intense, herbacée</b>
<b>hydrosolubilité</b>	<b>Insoluble</b>
<b>Consistance</b>	<b>Huileuse</b>
<b>Densité à 20 °C</b>	<b>0.850 à 0.875</b>
<b>Point éclair</b>	<b>39 °C</b>
<b>Indice de réfraction à 20 °C</b>	<b>1.475 – 1.485</b>
<b>Rotation optique à 20 °C</b>	<b>-11° à +4°</b>

**IV L'acide benzoïque :**

L'acide benzoïque est un acide carboxylique aromatique dérivé du benzène. Il est présent naturellement dans certaines plantes et est utilisé comme conservateur alimentaire (il est référencé en Europe en tant que l'additif alimentaire E210) ou comme précurseurs de colorants et de parfums. Il est donc produit industriellement à de très importants tonnages (plus de 140 000 tonnes par an pour les Etats Unis). C'est un solide blanc à odeur désagréable de formule  $C_6H_5COOH$ . Sa température de fusion est d'environ 122 °C. C'est un acide faible de  $pK_a = 4,2$  (couple  $C_6H_5COOH$  acide benzoïque/  $C_6H_5COO^-$  ion benzoate) [14].

**Tableau 3** : Propriétés physique et chimiques de l'acide benzoïque [15]

<i>acide benzoïque</i>	
<b>Propriétés chimiques</b>	
<i>Nom complet</i>	<i>acide benzoïque</i>
<i>Synonymes</i>	<i>Acide benzènegarboxylique</i>
<i>Formule chimique</i>	$C_7H_6O_2$
<i>Masse molaire</i>	122,121 g/mol
<b>Propriétés physiques</b>	
<i>Densité</i>	1,3,
<i>Solubilité dans l'eau</i>	2,9 g·L <sup>-1</sup> à 20 °C ; <i>Soluble dans l'éthanol et l'acétone.</i>
<i>Température de fusion</i>	122 °C



# CHAPITRE II :

# MÉTALUX LOURDS

## **I. Les métaux lourds :**

### **I.1 Définition :**

Les métaux lourds sont définis comme étant les éléments métalliques ayant une densité supérieure à  $5 \text{ g/cm}^3$ . Les métaux lourds que l'on retrouve le plus souvent dans le sol sont: le cadmium, le manganèse, le cobalt, le chrome, le cuivre, le plomb, le mercure, le nickel et le zinc. Certains comme Cu, Fe, Zn, Mn peuvent jouer un rôle essentiel pour les plantes et/ou les animaux, d'autres tels que Cd, As, Pb et Hg sont non essentiels et peuvent entraîner des effets néfastes pour la santé, même en quantités infinies [16].

### **I-2 Classification des métaux lourds [17]:**

#### **I.2.1 Les métaux essentiels :**

Les métaux essentiels sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques. Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du fer (Fe). Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du milli molaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase) et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides.

#### **I.2.2 Les métaux toxiques :**

ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd)

### **I.3 Répartition et devenir des métaux lourds dans l'environnement [18]:**

#### **I.3.1. Contamination des sols :**

Tous les sols contiennent naturellement des éléments traces métalliques. On parle de contamination d'un sol lorsque sa teneur en élément trace est supérieure à la concentration naturelle, mais sans influence sur la qualité du sol. La concentration naturelle de l'élément trace dans le sol résulte de son évolution à partir de la roche initiale. On parle de pollution des sols par un élément trace lorsque l'élément trace est présent à une dose constituant une menace pour l'activité biologique ou les fonctions du sol

Les contaminations diffuses, qui affectent les niveaux superficiels des sols, résultent de phénomènes naturels tels que les retombées atmosphériques d'aérosols d'origine volcanique, ou d'actions anthropiques intentionnelles ou non : poussières et dépôts atmosphériques, fertilisants minéraux (cuivre contenu dans les phosphates), pesticides, lisiers et fumiers, boues de stations d'épuration, activités minières, déchets industriels (bâtiments) ou urbains, transports, etc.

### **I.3.2 Contamination de l'air :**

Les métaux lourds se dispersent dans les hautes couches de l'atmosphère et retombent ailleurs, après un transport sur de très longues distances. On estime qu'une particule de mercure dans l'atmosphère reste un an dans celui-ci, avant de retomber.

Les métaux lourds dans l'air peuvent se trouver principalement sous deux formes :

- soit sous forme gazeuse pour certains composés métalliques volatiles ou dont la pression de vapeur saturante est élevée;
- soit sous forme de composés métalliques solides, déposés sur les très fines particules ou poussières formées lors des phénomènes de combustion.

Les principales sources de métaux dans l'air sont des sources fixes.

Les métaux lourds sont transportés par des particules atmosphériques provenant de combustions à haute température, de fusions métallurgiques, véhicules

Les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules sont fonction de la taille des particules, de leur concentration et de leur composition, le paramètre le plus effectif sur l'environnement étant la taille de ces particules.

Dans l'air ambiant, on trouve de nombreux éléments, comme le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre, etc., dont la concentration est d'autant plus élevée que les particules sont fines.

### **I.3.3 Contamination de l'eau :**

Les métaux présents dans l'eau peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions.

Les principaux processus qui gouvernent la distribution et la répartition des métaux lourds sont la dilution, la dispersion, la sédimentation et l'adsorption/désorption.

Certains processus chimiques peuvent néanmoins intervenir également. C'est ainsi que la spéciation selon les diverses formes solubles est régie par les constantes d'instabilité des

différents complexes, et par les propriétés physico-chimiques de l'eau (pH, ions dissous, et température).

Les métaux lourds subissent de nombreuses transformations: réduction par processus biochimique, méthylation, déméthylation et oxydation d'espèces de métaux isolées.

Des réactions redox peuvent aussi faciliter certaines transformations. Les processus biochimiques sont effectués par des micro-organismes et par des algues.

Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes:

- Les eaux usées domestiques et industrielles,
- La production agricole,
- Les polluants atmosphériques,
- Les anciennes décharges,

#### **I.4 Les effets sur la santé :**

Pour l'homme, la problématique des métaux lourds est majeure car elle affecte toutes les caractéristiques de la vie. En effet, la cellule est l'unité biologique fondamentale la plus petite or les métaux lourds peuvent entraîner sa dégénérescence. Certains d'entre eux sont cancérigènes, il peut donc y avoir atteinte de l'entité élémentaire de la vie.

Les métaux lourds peuvent entraîner chez l'homme des pathologies touchant à son intégrité physique et mentale. Il n'est alors plus capable de réagir et de s'adapter aux diverses situations.

Les métaux lourds peuvent s'accumuler au sein de l'organisme et donc perturber son organisation interne. Certains d'entre eux ont des effets tératogènes et d'autres peuvent entraîner des troubles de la fécondité. Comme nous le voyons donc, chaque fonction fondamentale et vitale de l'homme est mise en danger par la présence des métaux lourds dans son environnement [19].

## **II.Le cadmium :**

### **II.1 Définition :**

Le cadmium est un métal blanc argenté avec des teintes de bleu appartenant à la famille des métaux de transition. Le cadmium élémentaire a un numéro atomique de 48 et une masse atomique de 112,4 g/mol.

Le cadmium se trouve souvent associé dans les roches aux éléments du même groupe, comme le zinc et le mercure. La valence  $Cd^{2+}$  est la valence la plus souvent rencontrée dans l'environnement et est vraisemblablement la seule valence du cadmium dans les systèmes aqueux.

Le cadmium n'est pas essentiel au développement des organismes animaux ou végétaux. En revanche, ses propriétés physiques et chimiques, proches de celles du zinc et du calcium, lui permettent de traverser les barrières biologiques et de s'accumuler dans les tissus [20].

## II.2 . Propriétés physico-chimiques :

**Tableau 01** Les principales propriétés Chimique du cadmium [21] .

<b>Propriétés Chimique</b>	
<b>Nom</b>	<b>Cadmium</b>
<b>Symbole</b>	<b>Cd</b>
<b>Masse Atomique</b>	<b>112 ,4 G/Mol <sup>-1</sup></b>
<b><u>Couleur</u></b>	<b>Gris Argenté Métallique</b>

**Tableau 02** Les principales propriétés Physiques du cadmium [21] .

<b>Propriétés Physiques</b>	
<b>Nom</b>	<b>Cadmium</b>
<b>Température De Fusion</b>	<b>321°C</b>
<b>Température D'ébullition</b>	<b>767°C</b>
<b>Solubilité Dans L'eau</b>	<b>Non Soluble À 20 °C</b>

## II.3 . Principaux composés du Cadmium [22] :

- L'oxyde de cadmium  $CdO$ .
- L'hydroxyde de cadmium  $Cd(OH)_2$ .
- Le chlorure de cadmium  $CdCl_2$ .



- Le sulfure de cadmium CdS.

#### **II.4. Effets de cadmium sur la santé humaine :**

Le cadmium est un métal lourd toxique très puissant et aussi un contaminant environnemental répandu. Les principales voies d'exposition au Cd chez l'homme sont les voies digestives et respiratoires. Les expositions environnementales et non professionnelles proviennent de divers aliments, de l'eau contaminée, de la poussière contaminée et de la fumée du tabac et divers dommages biologiques sont causés par la toxicité du Cd. Il est considéré et classé comme un cancérigène humain de classe 1 par le centre international de recherche sur le cancer, mais il n'est que faiblement génotoxique [23].

#### **II.5 Effets Environnementaux :**

La pollution environnementale au cadmium diminue depuis les années 1980, en raison de l'abandon du cadmium dans les pigments pour peinture et également du remplacement des batteries au cadmium par des batteries au lithium. Mais cette pollution est toujours préoccupante, notamment dans les coquillages et organismes du haut de la chaîne alimentaire. Les origines de la pollution au cadmium sont multiples:

- Agriculture : engrais, boues d'épandage
- Pollution atmosphérique : combustion de produits pétroliers, incinération des ordures ménagères, combustion du charbon, industries sidérurgiques, batteries
- Pollution aquatique : industries, fabrication des engrais phosphatés,

Le cadmium est toxique à faible dose pour de nombreuses espèces animales et végétales. Les troubles squelettiques décrits ci-dessus peuvent d'ailleurs toucher de nombreuses espèces, comme le vairon, à des taux retrouvés actuellement dans l'environnement. Il existe par ailleurs une mortalité aiguë de très nombreuses espèces de poissons due à la pollution au cadmium. L'élément se retrouve également dans les filières alimentaires, notamment le riz. Les huîtres peuvent contenir dans les eaux les moins polluées une quantité de cadmium de l'ordre de 0,05mg/kg, et parfois 5mg/kg dans les eaux les plus polluées[24] .



**CHAPITRE III :  
MATÉRIELS ET  
MÉTHODES**

## I. Généralité sur la spectrométrie d'absorption atomique

### I.1. Principe

L'absorption atomique est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique. Le spectre d'absorption atomique d'un élément est constitué d'une série de raies de résonance, tous originaires de l'état électronique fondamentale et finissent dans différents états excités. En général, la raie de la transition entre l'état fondamental et le premier état excité définit la plus forte capacité d'absorption, et c'est la raie habituellement utilisée. Les transitions entre l'état fondamental et l'état excité se produisent uniquement lorsque le rayonnement incident, provenant d'une source lumineuse, est exactement égale à la fréquence d'une transition spécifique. Une partie de l'énergie de la radiation incidente  $I_0$  est absorbée. Le rayonnement émis est donné par  $I$

$$I = I_0 e^{-\epsilon l}$$

Où  $\epsilon$  est le coefficient d'absorption de l'élément à analyser et  $l$  est la longueur du trajet horizontal du rayonnement à travers la chambre d'absorption.

L'absorption atomique est déterminée par la variation de la puissance rayonnante du faisceau incident en présence et en absence d'atomes analytes dans l'atomiseur. La largeur de la raie émise par la source lumineuse doit être plus petite que la largeur de la raie absorbée de l'analyte. La quantité d'énergie absorbée, à partir d'un faisceau de rayonnement pour la longueur d'onde d'une raie de résonance, augmentera avec l'augmentation du nombre d'atomes de l'élément sélectionné dans la chambre d'absorption. La relation entre la quantité de lumière absorbée et la concentration de l'analyte présent dans les standards peut être déterminée. On peut déterminer les concentrations des échantillons en comparant les quantités de rayonnement absorbé par ces derniers avec la quantité de radiation absorbée par les standards. La lecture de l'instrument peut être calibrée de façon à afficher les concentrations de l'échantillon directement [25].

La spectroscopie d'absorption atomique que nous avons utilisée pour mesurer la concentration de cadmium est de type Perkin Elmer

## II. Matériels utilisés :

- Agitateur magnétique.

- Ampoule à décanter.
- Balance électronique.
- Bécher.
- Burette graduée.
- Entonnoir.
- Erlenmeyer.
- Eprouvette.
- Fiole jaugée.
- Micropipette.
- Pissette.
- pH mètre.

### III. Produits utilisé :

- Acide benzoïque.
- Acide chlorhydrique (HCl).
- Hydroxyde de sodium (NaOH).
- Huile de lentisque.
- Nitrate de cadmium.
- Nitrate de sodium (NaNO<sub>3</sub>).
- Toluène.
- Xylène.

### IV .Protocoles de l'extraction liquide-liquide :

Tout d'abord, l'extraction liquide- liquide du cadmium (II), se fait à partir d'un milieu nitrate par l'acide benzoïque (AB), en utilisant différents solvants non polaires tels que le toluène, le xylène et une huile végétale (lentisque).

Tout d'abord on prépare une solution mère de cadmium de concentration 1 (g/l). Les solutions filles utilisées pour l'étude des différents paramètres sont préparées à partir de la solution mère par dilution.

Pour le paramètre de pH, on utilise 20 ml d'une solution aqueuse de force ionique unitaire ([NaNO<sub>3</sub>] = 0.1 M) contenant le cadmium de concentration 25 (mg/l) a agité avec 20 ml de solvant organique contenant 0,2 M de l'acide benzoïque.

L'agitation des phases est assurée par un agitateur magnétique de vitesse constante (250 tr/min) à température ambiante. La variation du pH de la phase aqueuse se fait par ajout de soude 0,1 M de même force ionique dans le système. Au bout de 15 minutes, l'équilibre d'extraction étant largement atteint, on fait des prélèvements de la phase aqueuse pour le dosage et la détermination du coefficient de distribution du cuivre(II) au pH considéré. La concentration du cadmium (II) dans la phase organique a été calculée à partir de la différence entre les concentrations du cadmium (II) dans la phase aqueuse avant et après l'extraction.

Après la mise en contact entre les phases dans le bicher au bout du temps considéré :

On introduit la solution à extraire et le solvant d'extraction dans l'ampoule à l'aide d'un entonnoir à liquide.

Pour extraire le soluté de façon optimale, il faut atteindre l'équilibre de partage précédent. Il faut déboucher l'ampoule lorsqu'on la repose sur son support, toujours pour éviter une surpression. On doit ensuite laisser décanter les phases. En fin on récupère ensuite les deux phases.

La même procédure a été utilisée pour les paramètres de temps de contact, de concentration de l'acide benzoïque, celle de  $\text{NaNO}_3$  et le volume de solvant. L'étude de ces paramètres ce fait à température ambiante, à pH environ de 5 (pH de solution), la vitesse d'agitation est (250 tr/min) où on fait varier chaque fois le paramètre étudié.

### V . Calcul de coefficient de diffusion de cadmium Cd (II) :

Le coefficient de diffusion a été déterminé à l'aide de l'équation suivante :

$$D = \frac{C_{org}}{C_{aqu}} \dots \dots \dots (V. 1)$$

**D** : Coefficient de diffusion de cadmium ;

**C<sub>org</sub>** : Concentration de cadmium dans la phase organique (mg/l) ;

**C<sub>aqu</sub>** : Concentration de cadmium dans la phase aqueuse (mg/l)

### VI .Calcul de pourcentage d'extraction de cadmium :

L'équation utilisée pour calculer le rendement d'extraction est la suivante :

$$\% E : \frac{D}{D+1} * 100 \dots \dots \dots (VI. 1)$$



**CHAPITRE IV :**  
**RÉSULTATS**  
**ET DISCUSSIONS**

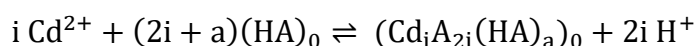
## IV- Paramètres influençant sur le coefficient et l'extraction de cadmium.

### IV-1. Effet de pH sur la diffusion et le rendement d'extraction de cadmium

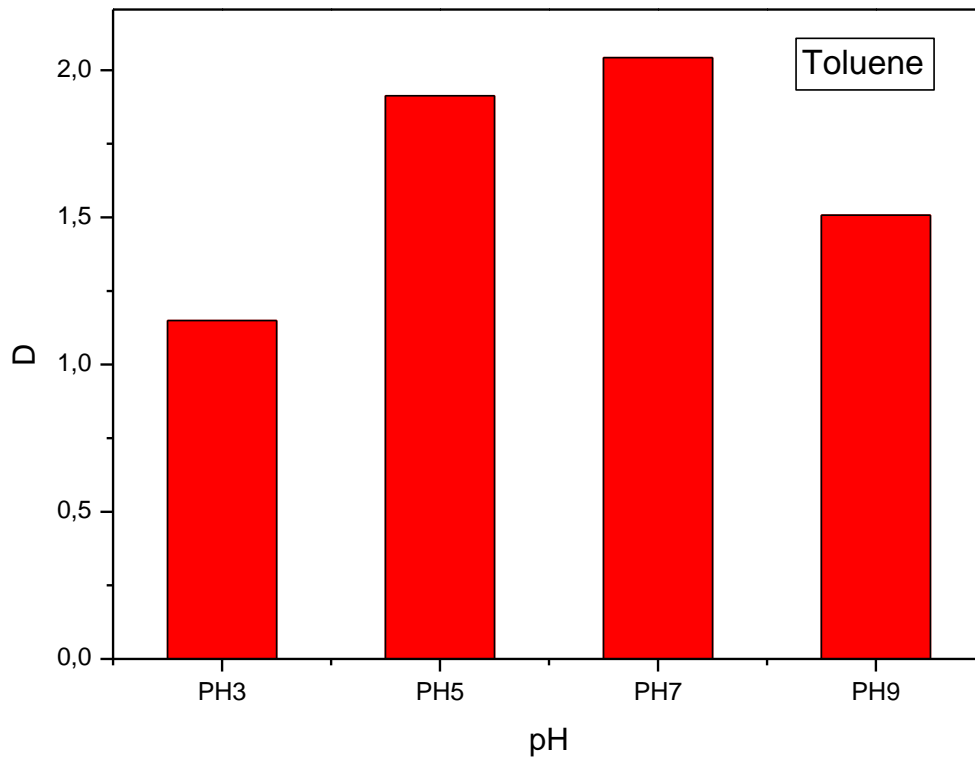
L'étude de l'influence du pH sur l'extraction du cadmium (II) à partir du milieu nitrate par l'acide benzoïque a été réalisée dans le toluène, xylène et huile de lentisque. La variation du pH de la phase aqueuse, permet de déterminer le pH optimal pour l'extraction de cadmium par l'acide benzoïque. Les résultats de l'effet de pH sont présentés sur les figures (IV-1 et IV-2).

Pour le toluène, nous remarquons que le coefficient de diffusion et le rendement d'extraction augmentent avec l'augmentation de pH de 3 à 7, puis diminue à pH 9. Le pH optimal pour avoir meilleur rendement est déterminé à pH 7 où le pourcentage d'élimination de cadmium atteint 67.13 %. Les figures (IV-3 - IV-6) qui caractérisent les données de l'huile végétale de lentisque montrent les mêmes résultats trouvées pour le toluène, et le pH optimale qui correspond au meilleur rendement est celui du pH 7 (rendement  $\approx 54\%$ ).

L'équilibre d'extraction de cadmium par l'acide benzoïque réalisée dans les trois types de solvant peut être exprimé comme suit :



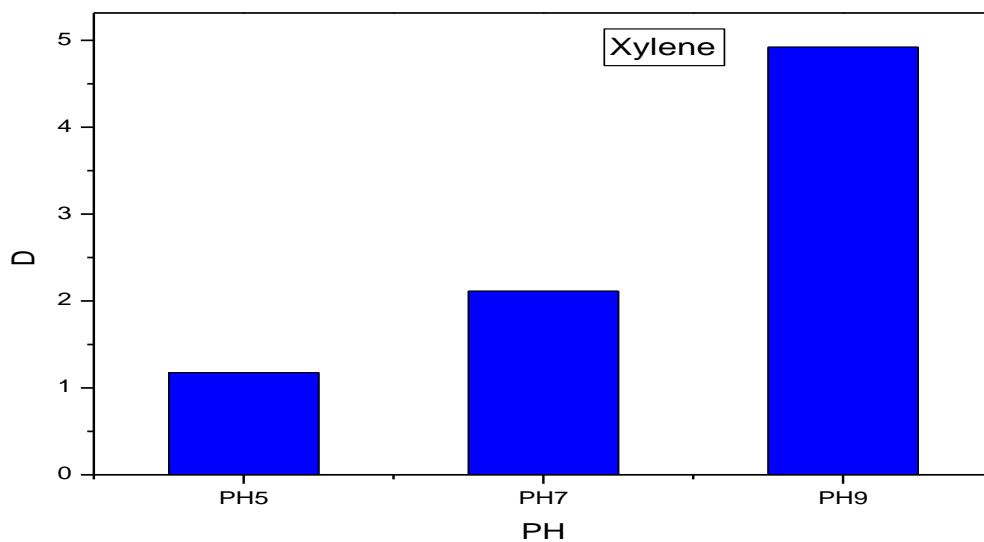
Chaque équilibre d'extraction sur l'extraction du cuivre(II) avec l'acide benzoïque pour les acides benzoïques monomères et dimères peut être exprimé comme suit :



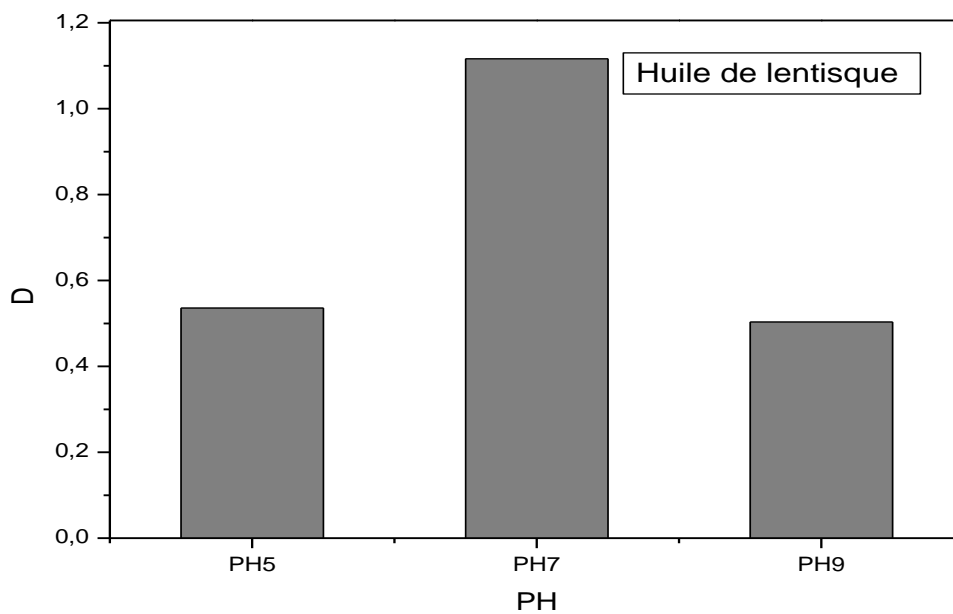
**Figure (IV-1) :** Effet de pH sur le coefficient diffusion de cadmium pour toluène.

Pour le xylène (figure IV-2 ), l'augmentation de pH de 5 à 9 est accompagnée par une augmentation du coefficient de diffusion et rendement d'extraction de cadmium. Le pH optimal qui correspond à un rendement maximal est obtenu à pH 9, où le rendement dépasse 80 %.





**Figure (IV-2) :** Effet de pH sur le coefficient diffusion de cadmium pour Xylène.



**Figure (IV-3) :** Effet de pH sur le coefficient diffusion de cadmium pour huile de lentisque.

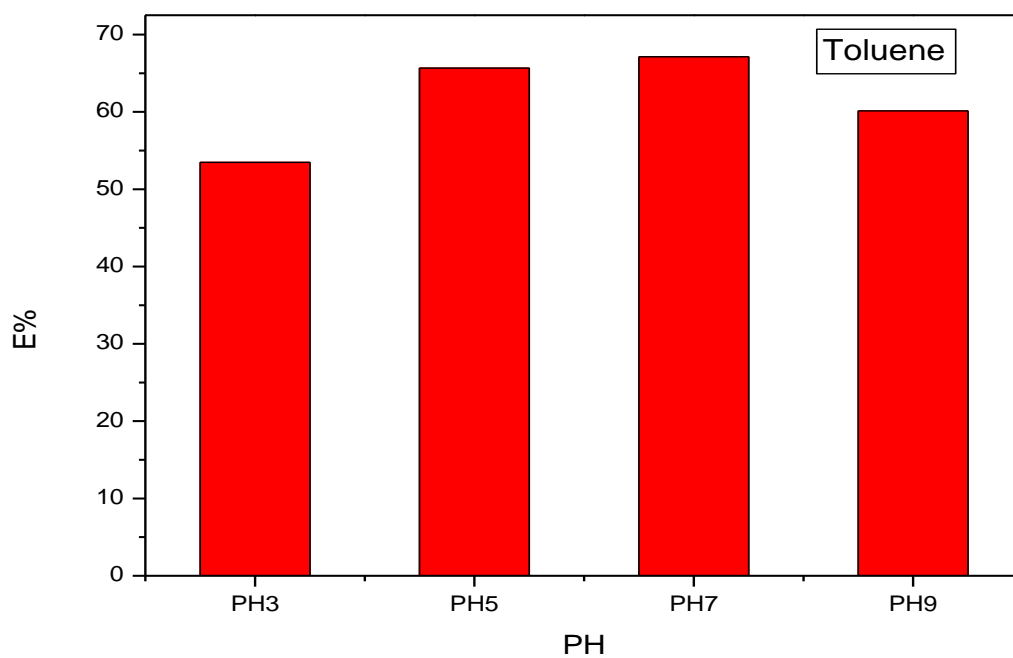


Figure (IV-4) : Effet de pH sur le rendement d'extraction de cadmium.

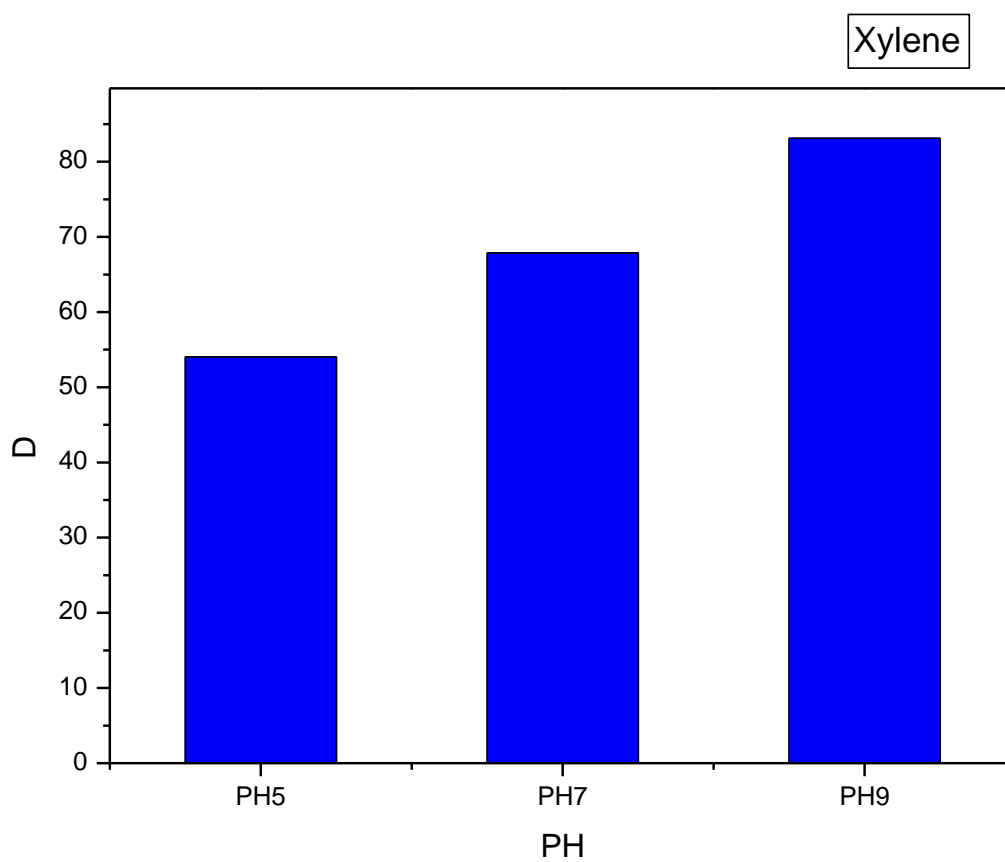
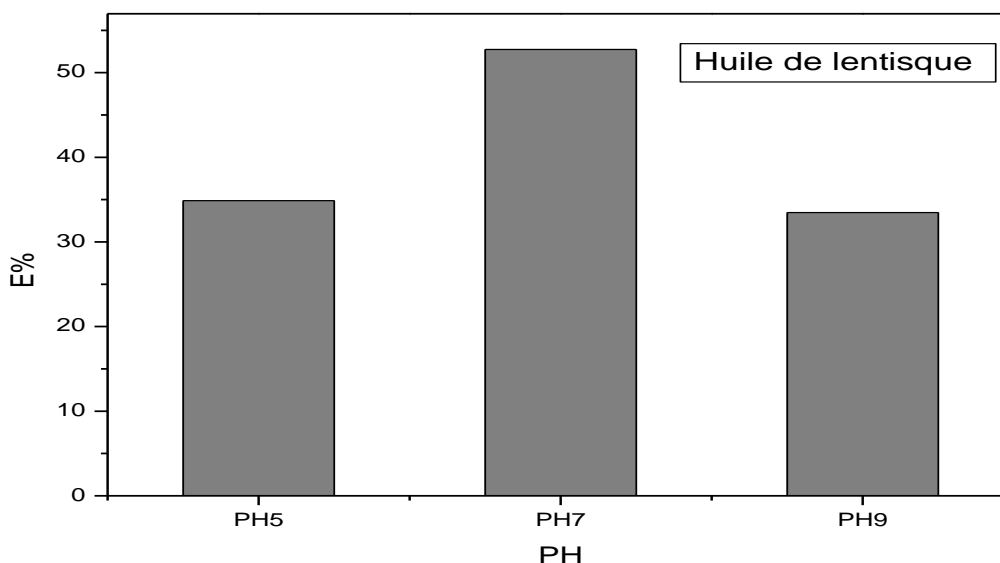


Figure (IV-5) : Effet de pH sur le rendement d'extraction de cadmium pour xylène.



**Figure (IV-6) :** Effet de pH sur le rendement d'extraction de cadmium pour huile de lentisque.

## IV-2. Effet de type de solvant sur la diffusion et le rendement d'extraction de cadmium

### IV.1. Rendement d'extraction pour différents types de solvants

Les figures ( IV-7 -IV-9) montrent que :

- A pH 5, le meilleur rendement d'extraction du cadmium (II) à partir du milieu nitrate par l'acide benzoïque c'est celui qui a été réalisée dans le toluène, où le pourcentage d'élimination de cadmium est égal à 65.67 % ;
- A pH 7 et pH 9, le meilleur rendement d'extraction du cadmium (II), c'est celui qui a été réalisée dans le xylène, où le rendement d'extraction de cadmium par l'acide benzoïque de cadmium est égal à 67.85 % et 83.11 % à pH 7 et pH 9, respectivement.

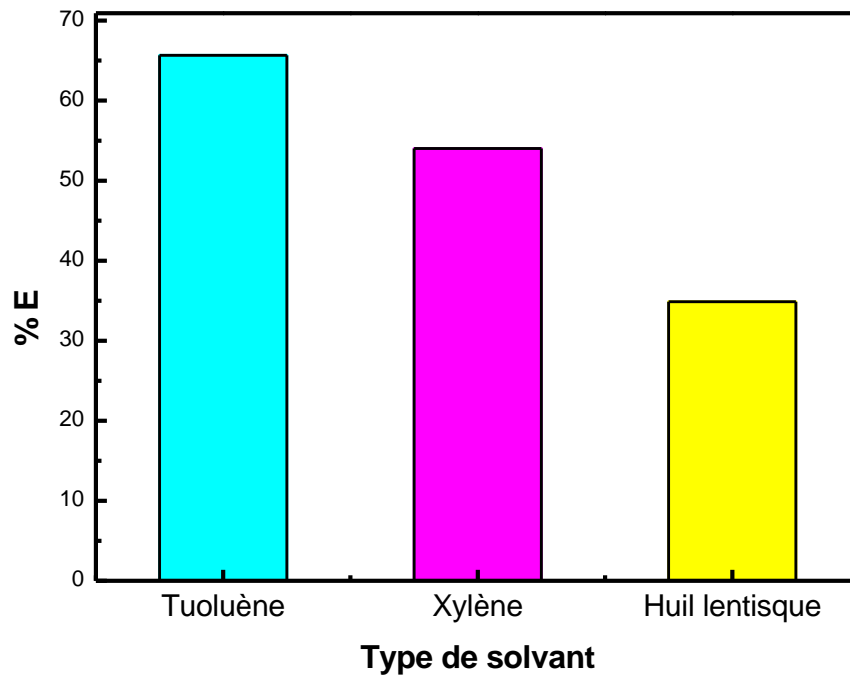


Figure ( IV-7 ) : Rendement d'extraction à différents types de solvants à pH5.

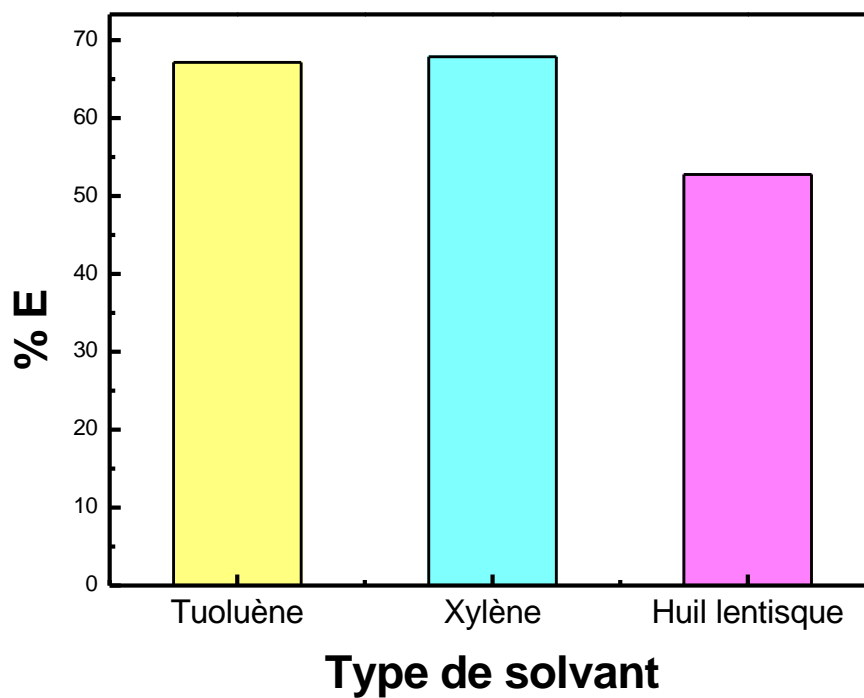
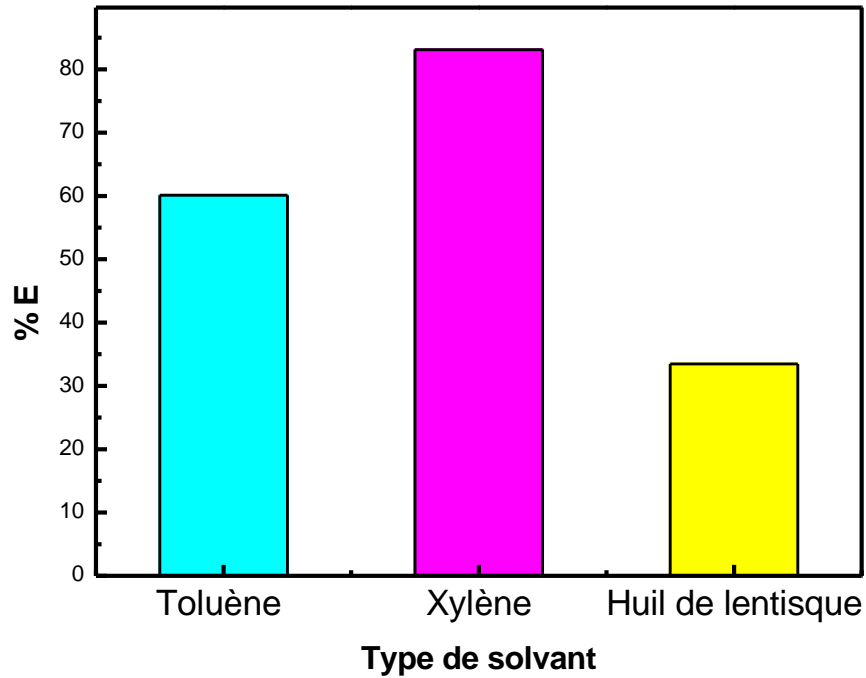


Figure (IV-8) : Rendement d'extraction à différents types de solvants à Ph7.



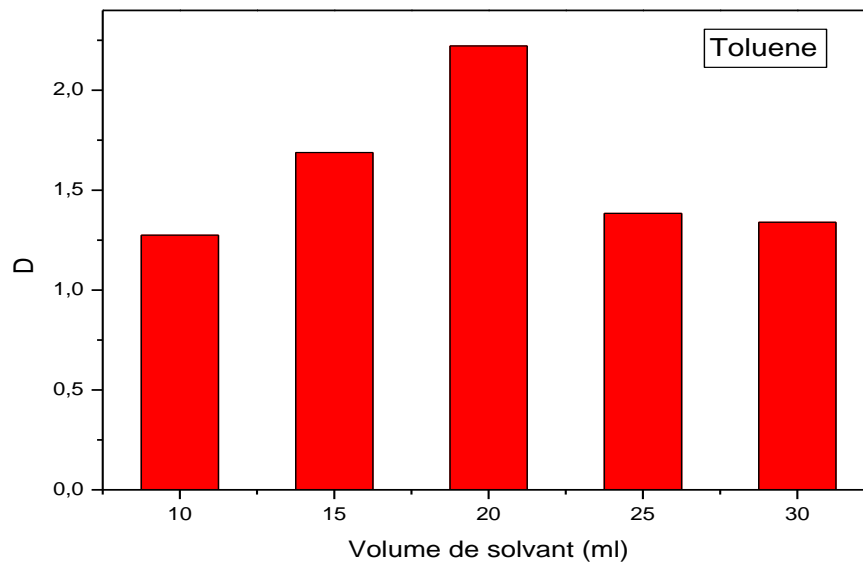
**Figure (IV-9) :** Rendement d'extraction à différents types de solvants à pH9.

### **I-3. Effet de volume de solvant sur la diffusion et le rendement d'extraction de cadmium entre les phases :**

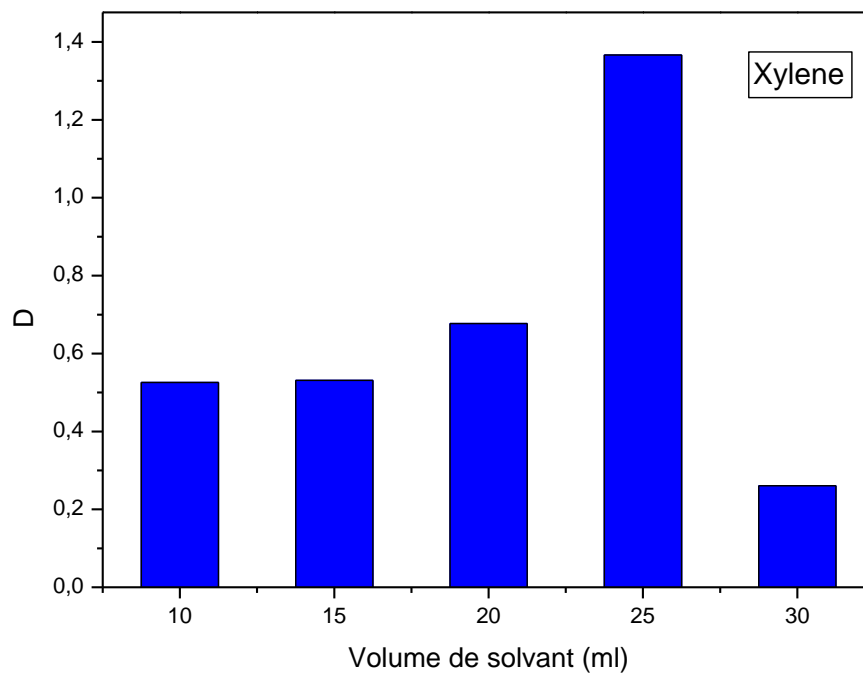
D'après les figure (IV-10 – IV-15) on peut noter que le coefficient de diffusion et le rendement d'extraction augmentent avec l'augmentation de volume de solvant de 10 ml à 20 ml pour le toluène et de 10 ml à 25 ml pour le xylène, puis diminuent à niveau pour les volumes supérieurs.

Pour l'huile de lentisque le coefficient D et le rendement diminue en fonction de l'augmentation de volume de solvant de 10 ml à 30 ml.

Les rendements d'extraction maximal sont 68.96 %, 57.74 % et 55.36 % pour Toluène, xylène et Huile de lentisque respectivement.



**Figure (IV-10) :** Effet de volume de solvant sur le coefficient de diffusion.



**Figure (IV-11) :** Effet de volume de solvant sur le coefficient de diffusion de cadmium.

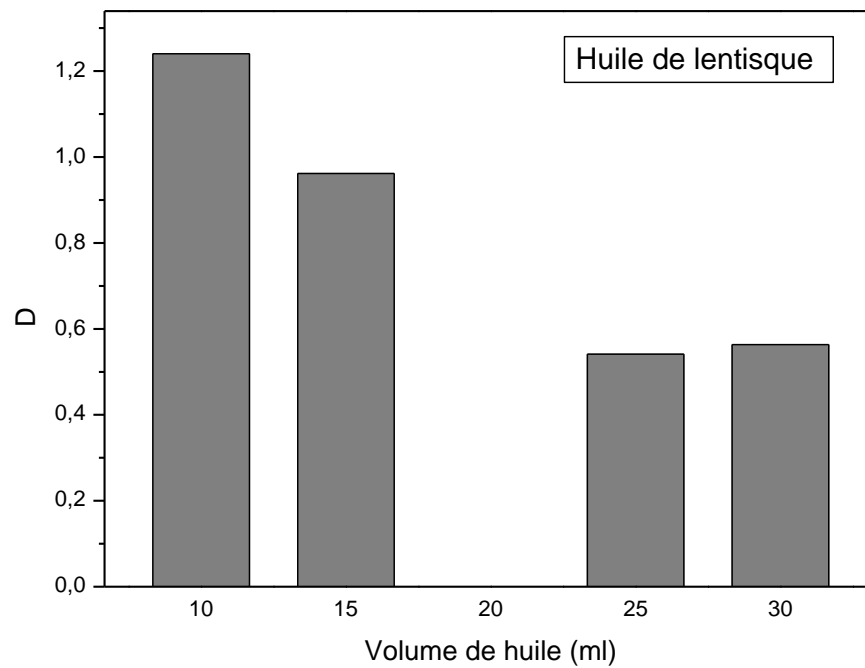


Figure (IV-12) : Effet de volume de solvant sur le coefficient de diffusion de cadmium.

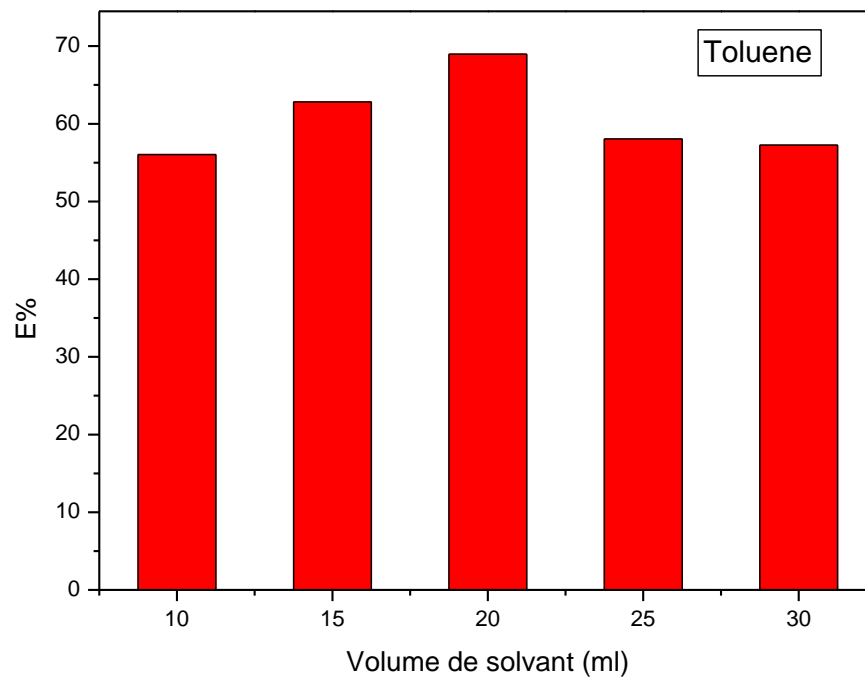
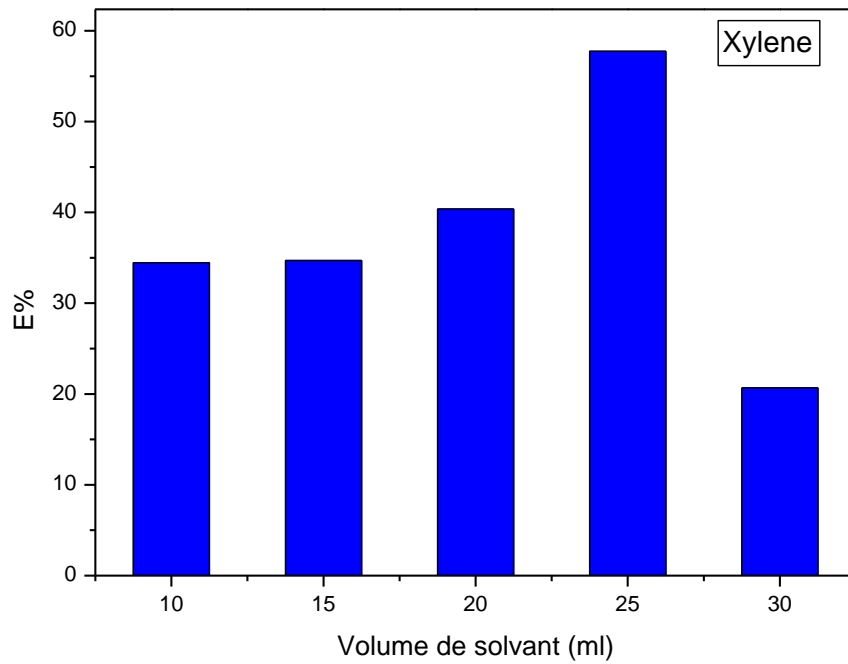
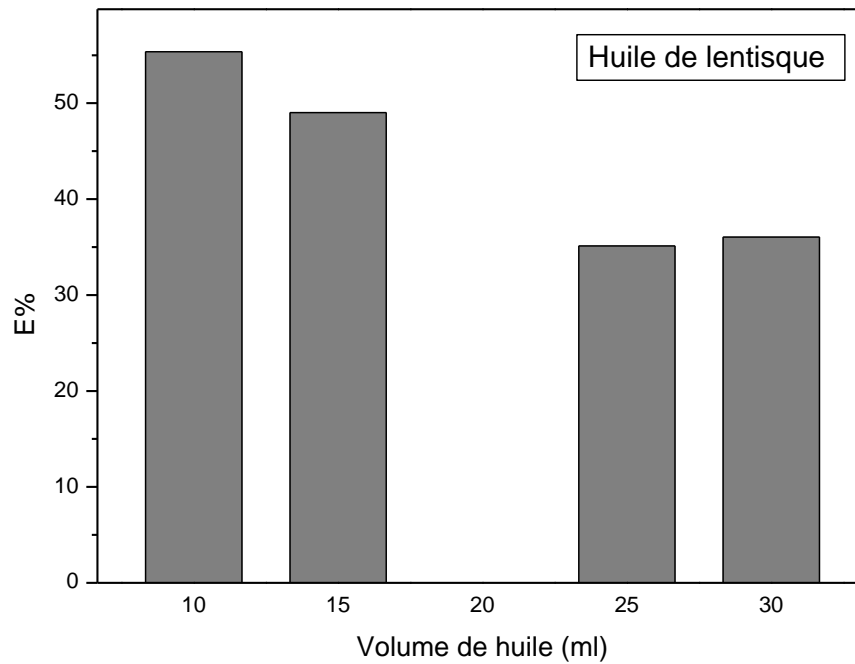


Figure (IV-13) : Effet de volume de solvant sur le rendement d'extraction de cadmium.



**Figure (IV-14)** : Effet de volume de solvant sur le rendement d'extraction de cadmium.



**Figure (IV-15)** : Effet de volume de solvant sur le rendement d'extraction de cadmium



#### I-4. Effet de temps de contact sur le coefficient de diffusion et le rendement d'extraction de cadmium.

Les résultats du paramètre de temps de contact indiqués dans la figure IV-16, montrent que le pourcentage d'extraction et le coefficient de diffusion augmentent en fonction de temps entre 5 min et 20 min, puis diminuent pour les temps supérieurs, pour le toluène et le xylène.

Pour l'huile de lentisque, on peut noter qu'il y a une proportionnalité entre le temps de contact et le pourcentage d'élimination de cadmium, où celle-ci augmentent avec l'augmentation du temps et le temps de contact ne peut être atteint que pour des temps supérieur à 40 min à l'inverse que celles de toluène et xylène qui atteignent au bout de 20 min.

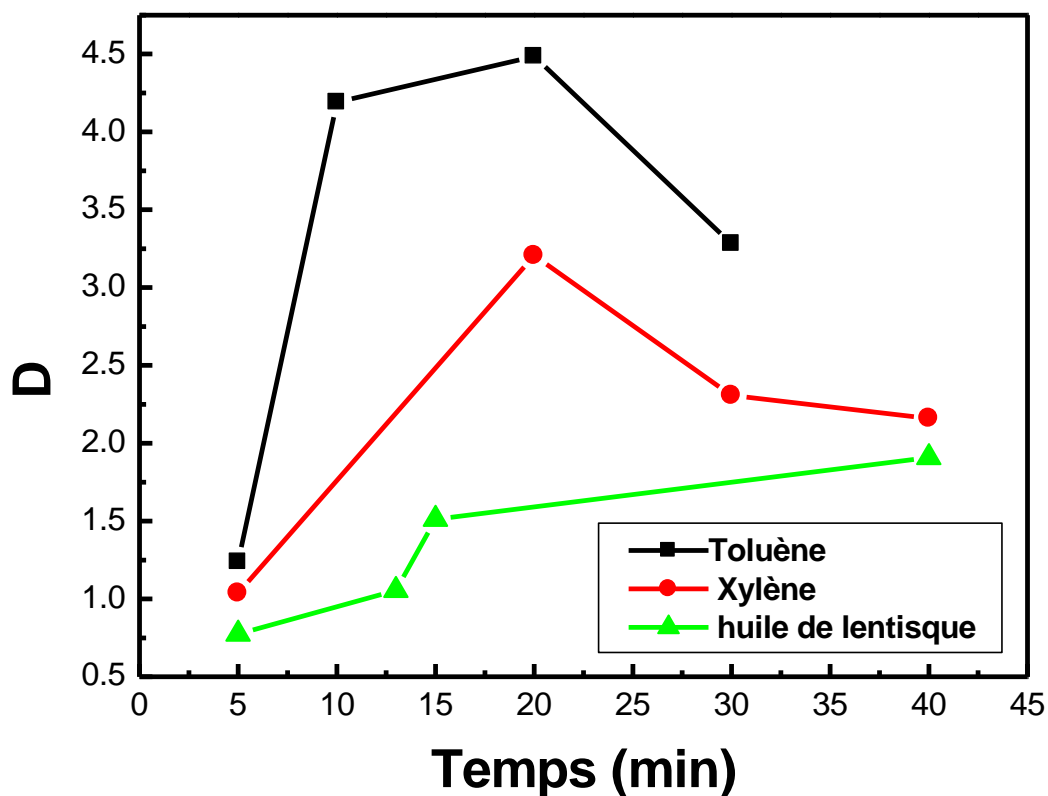
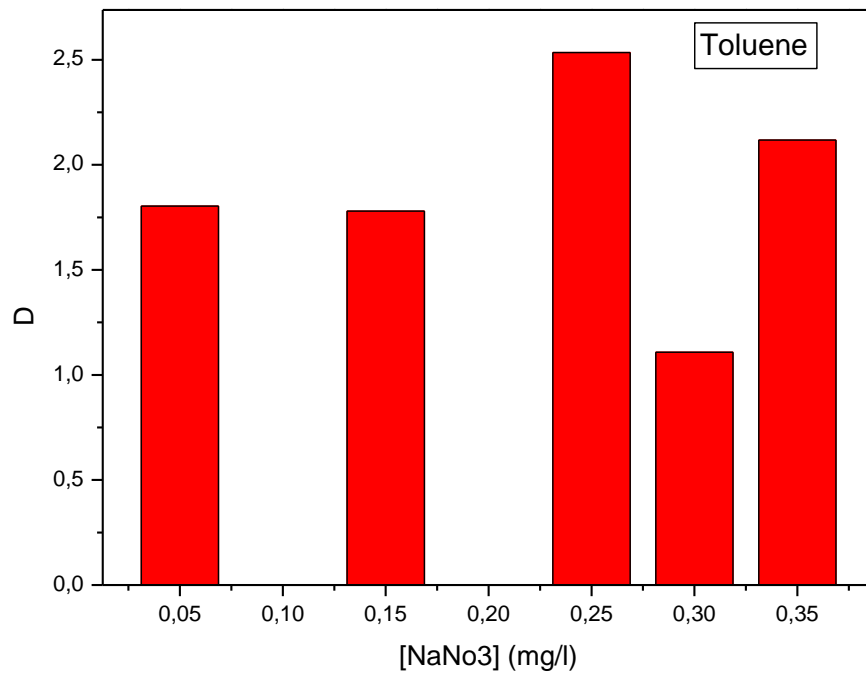


Figure (IV-16) : Effet de temps de contact sur le coefficient de diffusion de cadmium.

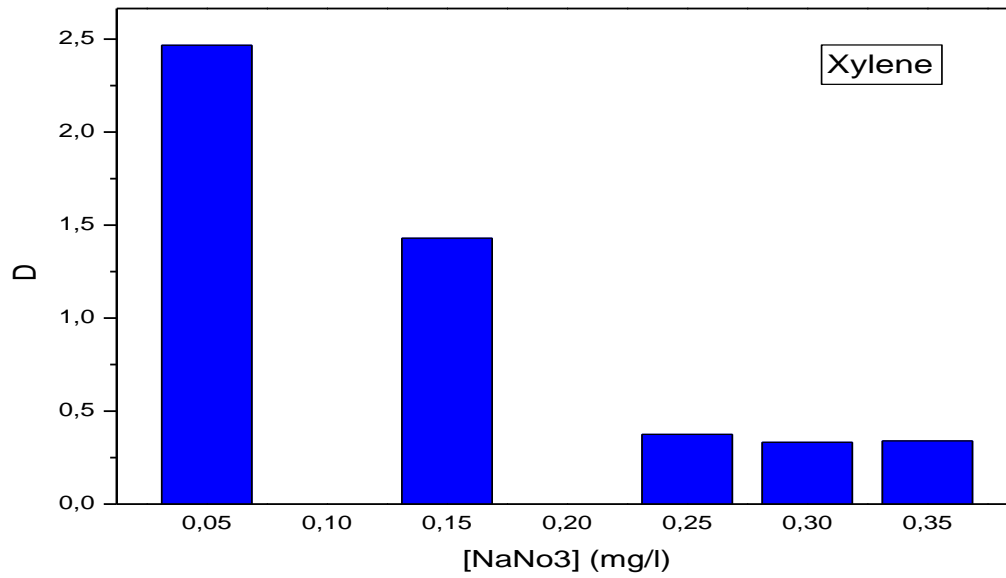
#### I-5. Effet de la force ionique ( $\text{NaNO}_3$ ) sur le coefficient de diffusion et le rendement d'extraction de cadmium..

Les figures (IV-17 et IV-20) qui présentent les variations de coefficient de diffusion et le rendement d'extraction de cadmium indiquent que le meilleur diffusion et rendement sont obtenus à la concentration de 0.25 (mg/l) et 0.05 (mg/l) pour le toluène et xylène

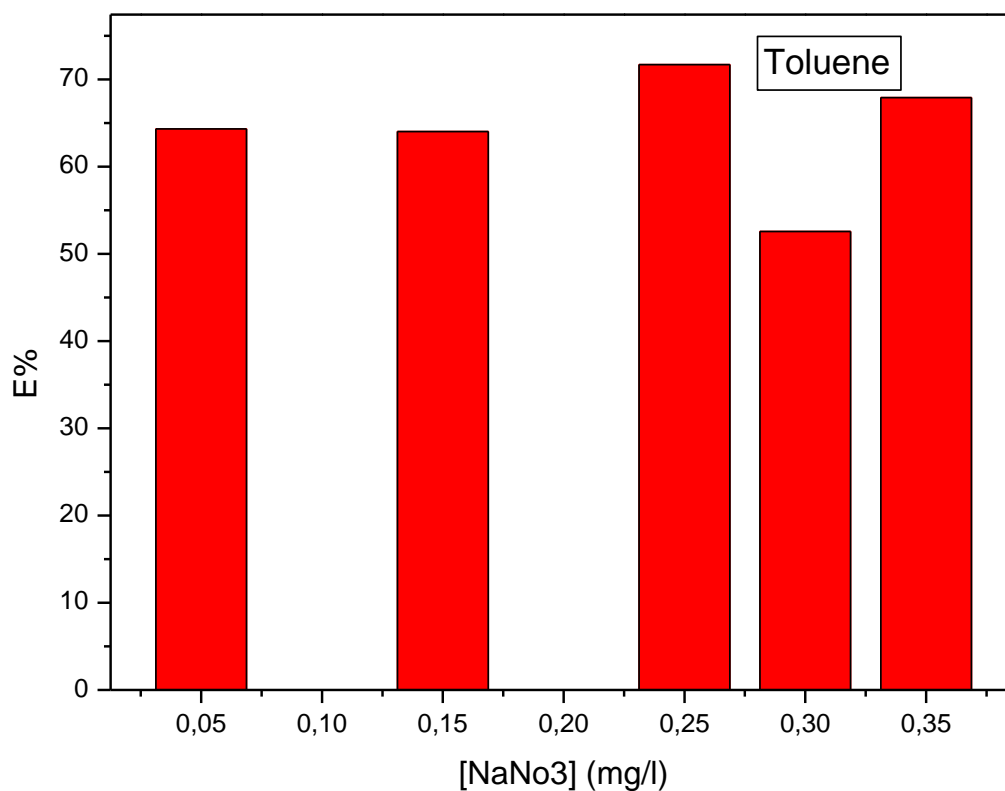
respectivement. A cette dernière concentration le rendement d'extraction atteint 71.70 % et 71.15 % pour le toluène et xylène respectivement.



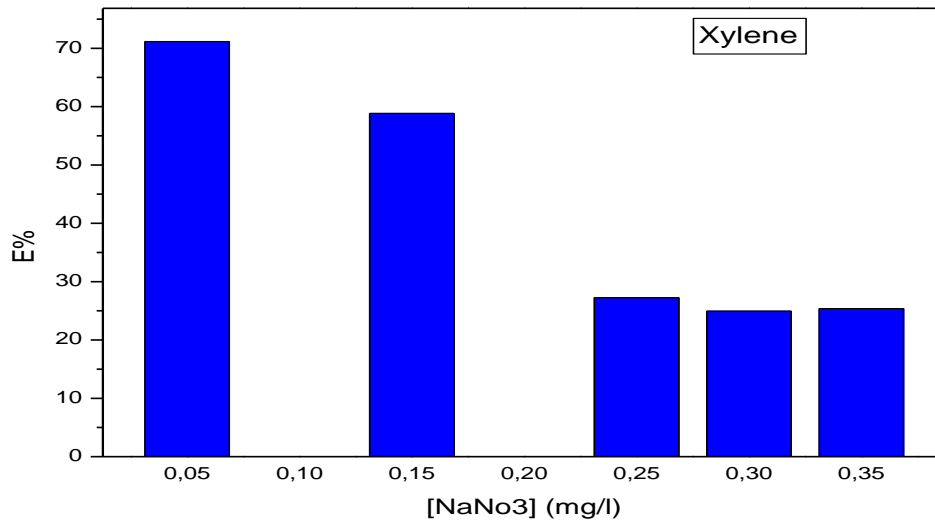
**Figure (IV-17)** : Effet de la concentration de nitrate de sodium sur le coefficient de diffusion de cadmium.



**Figure (IV- 18 ) :** Effet de la concentration de nitrate de sodium sur le coefficient de diffusion.



**Figure (IV-19)** : Effet de concentration de nitrate de sodium sur le rendement d'extraction de cadmium pour le toluène.



**Figure (IV-20)** : Effet de la concentration de nitrate de sodium sur le rendement d'extraction de cadmium pour le xylène.

#### **I-6. Effet de la concentration de l'acide benzoïque sur le coefficient de diffusion et le rendement d'extraction de cadmium.**

Les figures (IV-21- IV-22) qui caractérisent respectivement le coefficient de diffusion et le rendement d'extraction en fonction de concentration d'acide benzoïque montrent que le meilleur résultat est obtenu à la concentration de 0.1 (mg/l) d'acide benzoïque pour le toluène et l'huile végétal, ou le rendement d'extraction à cette concentration est atteint à 63.23 % et 49.02 % respectivement. L'extraction de cadmium par l'acide benzoïque réalisé dans le xylène montre que la diffusion et le rendement d'extraction de cadmium sont supérieurs à la concentration de 0.3 (mg/l) d'acide benzoïque par rapport à celle de 0.1 (mg/l) où le rendement est atteint à 61.34 %.

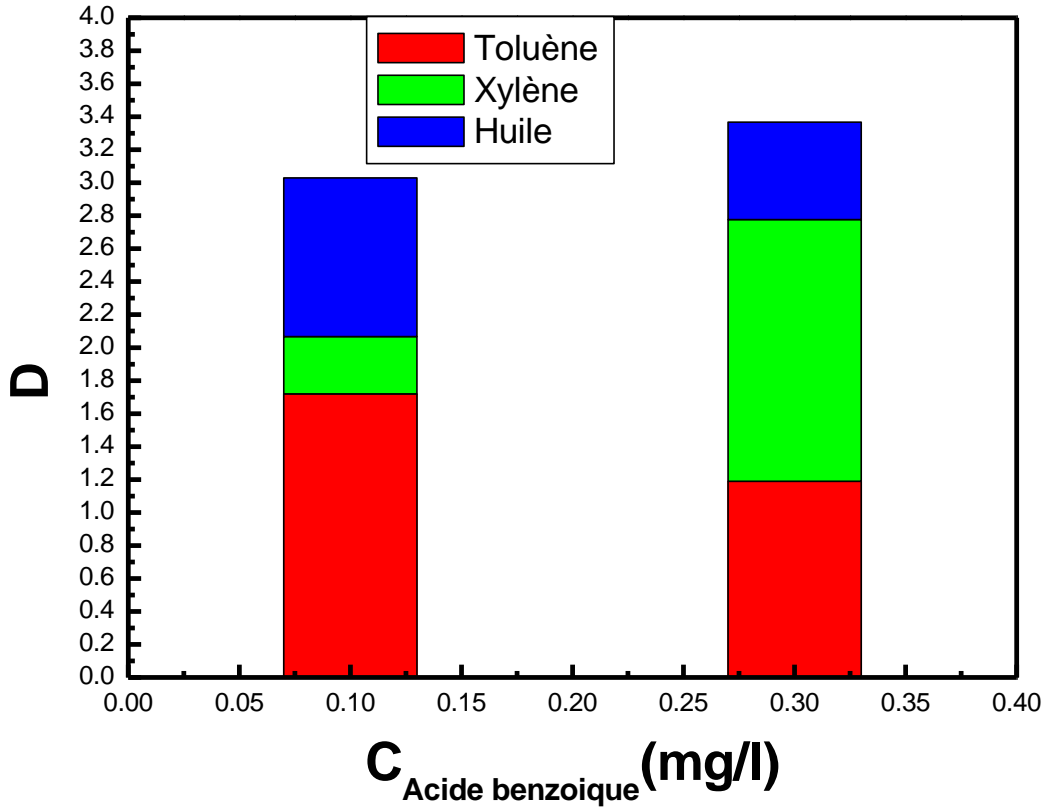


Figure (IV-21) : Effet de la concentration d'acide benzoïque sur la diffusion de cadmium.

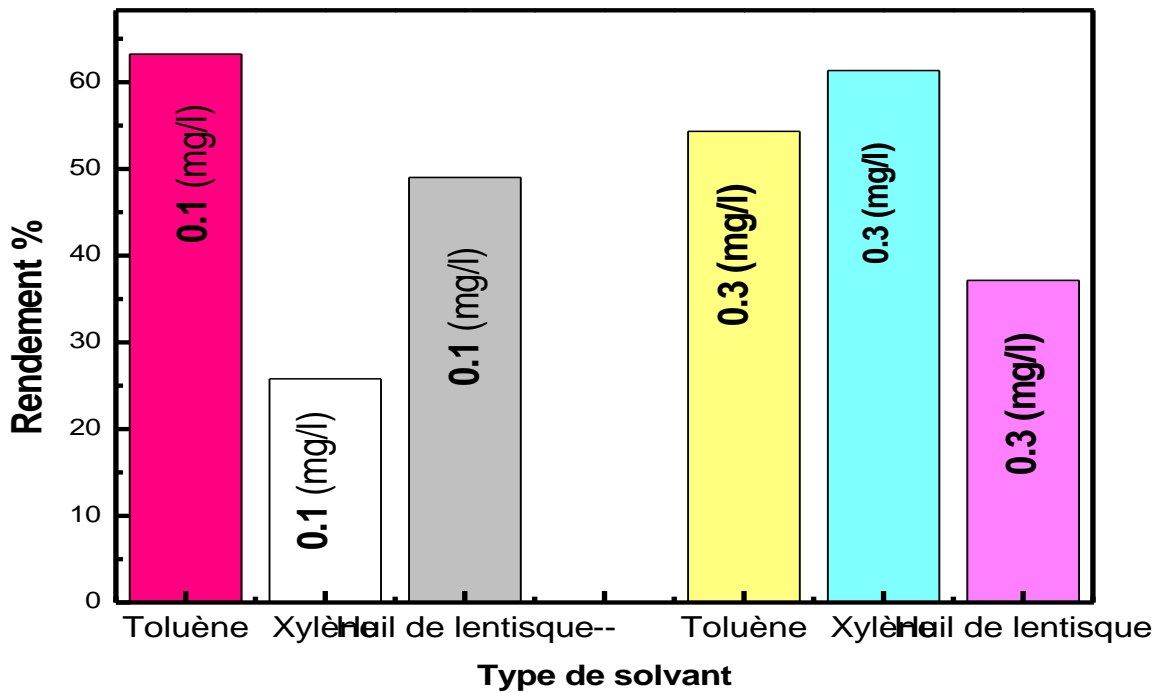


Figure (IV-22) : effet de la concentration de l'acide benzoïque sur le rendement d'extraction.

## Conclusion générale

Dans ce travail nous nous sommes intéressés à l'extraction du cadmium (II) à partir du milieu nitrate par l'acide benzoïque dans deux types de solvants organique, à savoir le toluène et le xylène et une huile végétale de pistacia lentiscus qui a été utilisé comme solvant naturel non toxique.

L'étude des différents paramètres qui influent sur le rendement d'extraction de cadmium tels que, le pH de la solution aqueuse de cadmium, le type de solvant, le temps de contact, la concentration de nitrate de sodium comme force ionique et la concentration de l'acide benzoïque comme extractant montrent que :

- Le pH optimal pour avoir meilleur rendement est déterminé à pH 7 pour le toluène et l'huile végétale et à pH 9 pour le xylène.
- A pH 5, le meilleur rendement d'extraction du cadmium (II) à partir du milieu nitrate par l'acide benzoïque c'est celui qui a été réalisée dans le toluène.
- A pH 7 et pH 9, le meilleur rendement d'extraction du cadmium (II), c'est celui qui a été réalisée dans le xylène.
- Le temps d'équilibre est atteint au bout de 20 min pour le toluène et le xylène et à un temps supérieur à 40 min pour l'huile végétale.
- Pour le paramètre de la force ionique le meilleur diffusion et rendement sont obtenus à la concentration de 0.25 (mg/l) et 0.05 (mg/l) pour le toluène et xylène respectivement.
- Pour l'effet de la concentration de l'acide benzoïque nous trouvés que le meilleur rendement est obtenu à la concentration de 0.1 (mg/l) d'acide benzoïque dans le toluène et l'huile végétale et à 0.3 (mg/l) d'acide benzoïque dans le xylène.

## Résumé

L'extraction de cadmium en phase aqueuse par l'acide benzoïque dans un liquide ionique de nitrate de sodium a été étudiée à température ambiante. Le coefficient de diffusion et le rendement d'extraction ont été étudiés en faisant varier les paramètres expérimentaux, tels que le pH, le temps de contact, le type de solvant, la concentration de nitrate de sodium et la concentration de l'acide benzoïque. Les résultats ont montré que le pH du milieu aqueux avait un effet important sur l'efficacité du procédé et sur le pourcentage d'extraction. Le pH optimal pour avoir meilleur rendement d'extraction de  $Cd^{2+}$  est déterminé à pH 7 pour le toluène et l'huile végétale et à pH 9 pour le xylène. Le temps d'équilibre est atteint au bout de 20 min pour le toluène et le xylène et au voisinage de 40 min pour l'huile végétale.

**Mots clé :** Extraction, cadmium, acide benzoïque, toluène xylène, huile de lentisque

## ملخص

تمت دراسة استخلاص الكاديوم في المرحلة المائية بواسطة حمض البنزويك في سائل أيوني من نترات الصوديوم عند درجة حرارة الغرفة. تمت دراسة معامل الانتشار وحاصل الاستخلاص من خلال تغيير المتغيرات التجريبية مثل الأس الهيدروجيني وزمن التلامس ونوع المذيب وتركيز نترات الصوديوم وتركيز حمض البنزويك. أظهرت النتائج أن الأس الهيدروجيني للوسط المائي كان له تأثير معنوي على كفاءة العملية ونسبة الاستخلاص. يتم تحديد الرقم الهيدروجيني الأمثل لأفضل إنتاجية لاستخراج الكاديوم + 2 عند الرقم الهيدروجيني 7 للتولوين والزيت النباتي وعند الرقم الهيدروجيني 9 للزيلين. يتم الوصول إلى وقت التوازن بعد 20 دقيقة للتولوين والزيلين وحوالي 40 دقيقة للزيت النباتي.

الكلمات المفتاحية: الاستخلاص ، الكاديوم ، حمض البنزويك ، التولوين الزيلين ، زيت شجرة المستكة

## Summary

The extraction of cadmium in aqueous phase by benzoic acid in an ionic liquid of sodium nitrate was studied at room temperature. The diffusion coefficient and the extraction yield were studied by varying the experimental parameters, such as the pH, the contact time, the type of solvent, the concentration of sodium nitrate and the concentration of benzoic acid. The results showed that the pH of the aqueous medium had a significant effect on the efficiency of the process and on the percentage of extraction. The optimal pH for the best  $Cd^{2+}$  extraction yield is determined at pH 7 for toluene and vegetable oil and at pH 9 for xylene. The equilibrium time is reached after 20 min for toluene and xylene and around 40 min for vegetable oil.

Keywords: Extraction, cadmium, benzoic acid, toluene xylene, mastic tree oil



A graphic of a scroll with a black outline and a light gray fill. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges showing a slight curve. The word "Référence" is written in a bold, black, serif font in the center of the scroll.

# Référence

## Références bibliographiques

- [1] ABDELSADOK Nardjess ; KAMMOUN Ikram. 01 /07/2018. Effet Des Métaux Lourds (Cuivre Et Zinc) Sur Les Paramètres Morpho-Physiologiques Et Biochimiques Chez La Fève (Vicia Faba L.). Mémoire De Fin D'études. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
- [2] GASMI Abdelkader, AMAMA Mebarek. 14-06-2015. Détermination Des Paramètres D'extraction Liquide-Liquide De Cuivre Et Nickel Par Diphényle-Thiocarbazone.MEMOIRE DE FIN D'ETUDE. UNIVERSITE AHMED DRAIA ADRAR.
- [3] Derouiche Chaima , Hebbel Kharfia. 2018/2019.ETUDE EXPERIMENTAL L'EQUILIBRE THERMODYNAMIQUE DES SYSTEMES TERNAIRES THERMODYNAMIQUE DES SYSTEMES TERNAIRES EAU-ALCOOL-SOLVANT. MÉMOIRE. Université Echahid Hamma Lakdhar-EL-Oeud.
- [4] Afren Amira. Samedi 6 Juillet 2019. Etude Expérimentale De L'effet De Sel Mgcl2 Sur L'équilibre Liquide-Liquide Du Système Binaire Eau+Butanone. MÉMOIRE DE MASTER. Université Mohamed Khider Biskra
- [5] M<sup>elle</sup> MEZIANI Rabea. Promotion 201440. EXTRACTION PAR SOLVANT DES IONS Cu<sup>2+</sup>ET Zn<sup>2+</sup> PAR UN EXTRACTANT CARBOXYLIQUE. MEMOIRE DE MASTER. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI
- [6] Hamidi Alia. Dimanche 7 Juillet 2019. Etude Expérimentale De L'effet Des Sels Sur L'équilibre Liquide- Liquide Du Système Ternaires : Eau+ Phénol + Xylène. MÉMOIRE DE MASTER. Université Mohamed Khider De Biskra.
- [7] Mr.CHAMBE Cristóvão Zefanias Mr.BOUCHERIT Ahmed. 2016/2017. ÉTUDE DE L'EXTRACTION LIQUIDE - LIQUIDE DU MOLYBDENE PAR LE TRI -N OCTYL PHOSPHINE OXYDE SOUS IRRADIATIONS ULTRASONS : MODÉLISATION PAR LA MÉTHODE DES PLANS FACTORIELS . Memoire University De Blida 01
- [8] E. Abe Et Coll. Annales De Toxicologie Analytique 2010; 22(2): 51-59. Laboratoire De Pharmacologie-Toxicologie, Centre Hospitalier Universitaire Raymond Poincaré, AP-HP Et UVSQ, 104 Boulevard Raymond Poincaré, 92380 Garches, France. Emuri Abe, Stanilas Grassin Delyle, Jean Claude Alvarez.
- [9]Règlement CLP (CE) N° 1272/2008 : Flam.Liq. 2 – H225 ; Repr. 2 – H361 ; Asp. Tox. 1 – H304 ; STOTE RE 2 – H373 ; Skin Irrit. 2 – H315 ; STOT RE 3 – H336
- [10] MDE (Environnement Canada), Toluene: Environmental And Technical Information For Problem Spills, Service De Protection De L'environnement, Environnement Canada, Hull (Québec), N° De Cat. En48-10/9-1984E, Publications Du Gouvernement Du Canada, 1984, 104 P.
- [11] J.-M. BRIGNON. S. SUREAU. I N E R I S - Données Technico-Economiques Sur Les Substances Chimiques En France. 03/04/2006
- [12] <https://Www.Techno-Science.Net/Glossaire-Definition/Xylene.Html>
- [13] M<sup>elle</sup> BESSAOUDI Taous. 26/ 06 / 2018. Etude De L'effet Acaricide De L' Huile Essentielle De Feuilles De Lentisque Pistachier ( Pistacia Lentiscus ). MEMOIRE DE FIN D'ETUDES. UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA.

- [14] PHYSIQUE CHIMIE CHAPITRE 5 TP N°12 : Extraction Terminale STL REACTIONS ACIDE BASE D'une Espèce Acido-Basique : Biotechnologie L'acide Benzoïque
- [15] <https://www.livrescolaire.fr/page/6691132#.14/05/2022>.
- [16] Fedda A., 2016. Evaluation De La Biodisponibilité Des Contaminants Dans Les Sols. Mémoire De Master. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem (Algérie).
- [17] HAMMADACHE Zineb, GUERRACHE Samah, SAIB Samia. 21/10/2016. Evaluation Du Transfert Des Métaux Lourds Dans Le Système Sol-Plante (Phragmites Australis) Dans Le Bassin Versant D'oued NIL La Région De Jijel. Mémoire De Fin D'études. UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES.
- [18] BOULKRAH Hafida ,2008.Etude Comparative De L'adsorption Des Ions Plomb Sur Différents Adsorbants. Mémoire De Magister. Université Du 20 Août 1955 SKIKDA
- [19] M<sup>elle</sup> GHALI SOUAD.2008. ÉTUDE DE LA CARBONISATION D'UN PRÉCURSEUR VÉGÉTAL, LES NOYAUX D'OLIVES. UTILISATION DANS LE TRAITEMENT DES EAUX. Mémoire De Magister. Université Du 20 Août 1955 – SKIKDA
- [20] Walid ZORRIG. 24-01-2011. Recherche Et Caractérisation De Déterminants Contrôlant L'accumulation De Cadmium Chez La Laitue "Lactuca Sativa".Thèse De Doctorat. Systèmes Intégrés En Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosciences Et Environnement (France).
- [21] MERZOUGUI Karim 2021.Impacts Du Cadmium Sur Les Paramètres Morpho-Physiologiques De l'Atriplex Halimus L.. Mémoire MASTER. Université Larbi Ben Mhidi .Oum El Bouaghi
- [22] BOUDJEMLINE Abdelbassir. 03 Juillet 2016. Dosage Des Eléments Traces Métalliques Dans Les Feuilles De Frêne Oxyphylle. Mémoire De Fin d'Études. Université Mouloud Mammeri De Tizi Ouzou.
- [23] Mehallah Hafidha Et Moralent Radia. 03 /07 / 2019. Les Réponses Ecophysiologiques De La Tomate (Solanum Lycopersicum L.) Au Stress Induit Par Le Cadmium Et Decis 25 EC. MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE.Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem.
- [24] [https://www.asef-asso.fr/production/les-metaux-lourds-la-synthese-de-lasef/#:~:Text=Selon%20la%20d%C3%A9finition%20historique%2C%20il,Et%20le%20plomb%20\(Pb\).](https://www.asef-asso.fr/production/les-metaux-lourds-la-synthese-de-lasef/#:~:Text=Selon%20la%20d%C3%A9finition%20historique%2C%20il,Et%20le%20plomb%20(Pb).)
- [25] PRADYT, Patnaik . Dean's Analytical Chemistry Handbook (Mcgraw-Hill Handbooks). Second Edition. 1114 P. 2004.
- [26] YAMADA, Hiromichi, YAJIMA, Kyoko, et WADA, Hiroko. Solvent effects on the extraction of copper (II) with benzoic acid. Analytical sciences, 1995, vol. 11, no 5, p. 715-721

