

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de L'enseignement Supérieur  
Et de la Recherche Scientifique*

*Université de Constantine 3*



*Faculté de génie des procédés pharmaceutiques  
Département de génie de l'environnement*

**MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDE**  
*en vue de l'obtention du diplôme de master II*

*Option : génie de l'environnement*

*Thème*

*Elimination d'un cation  
métallique  $Zn^{2+}$  par une résine  
échangeuse d'ions*

*Encadré par :  
Mr. CHIKHI Mustapha*

*Présenté par :  
- BOUKHENAF Soumia  
- LAIFA Nora*

*Promotion : 2014*

# Sommaire

Introduction générale.....	1
<b>CHAPITRE I : Généralités Sur Les Métaux Lourds Et Leurs Traitements</b>	
1. Introduction.....	3
2. Généralités .....	4
2.1.Définition des métaux lourds.....	4
2.2.Caractéristiques de quelques métaux lourds .....	5
2.3.. Omniprésence de quelques métaux lourds.....	6
2.3.1. Pourquoi l'homme utilise-t-il des métaux lourds ?.....	6
2.3.2. Origines naturelles et humaines des métaux lourds dans l'environnement....	6
2.3.3. Distribution et impact sur l'environnement.....	7
2.3.3.1. Contamination des sols.....	7
2.3.3.2. Contamination de l'air.....	8
2.3.3.3. Contamination de l'eau.....	8
2.3.4. Les sources de contamination.....	9
2.3.4.1. Les sources naturelles.....	9
2.3.4.2. Les sources anthropogènes.....	9
2.4.Impacts des métaux lourds sur la santé.....	10
2.5.Toxicité des métaux lourds .....	12
2.6. Normes et réglementation.....	13
2.6.1. Limite et normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS).....	15
2.6.1.1. Métaux lourds rejetés dans l'aire.....	15
2.6.1.2.Métaux lourds rejetés dans l'eau .....	16
2.7. Comment peut-on débarrasser son organisme des métaux lourds?.....	16
3. Le zinc.....	17
3.1.Définition.....	17
3.2.Propriétés de zinc.....	18
3.2.1. Chimiques.....	18
3.2.2. Physiques et mécaniques.....	18
3.3.Utilisations de zinc.....	20
3.4. Pollution du Zinc.....	20
3.5. Toxicité du Zinc.....	20
4. Méthodes de traitement.....	21
4.1. Précipitation.....	21
4.2. Adsorption et biosorption.....	22
4.3. L'extraction liquide-liquide.....	23
4.4. L'échange d'ions.....	23
4.5. Aperçu général sur l'analyse des métaux lourds.....	24
<b>CHAPITRE II : Notions sur les résines échangeuses d'ions et leurs applications</b>	
1. Les résines d'échangeuses d'ions.....	28
1.1. Introduction.....	28
1.2. Définition .....	28
1.3. Types des résines.....	29
1.4. Les catégories des résines.....	30

1.5.	Nature des échangeurs d'ions.....	32
1.5.1.	Nature et squelette des polymères utilisés.....	32
1.5.1.1.	Squelette polystyrénique.....	32
1.5.1.2.	Squelette polyacrylique.....	33
1.5.2.	Autres types de squelettes.....	33
1.6.	Propriétés générales des résines échangeuses d'ions.....	34
1.6.1.	Taux de DVB et porosité.....	34
1.6.2.	Capacité d'échange.....	35
1.6.3.	Gonflement.....	35
1.7.	Étapes d'échange d'ions.....	36
1.7.1.	Diffusion entre les deux phases.....	36
1.7.2.	Étape limitant.....	37
1.8.	Types d'échangeur d'ion.....	37
1.8.1.	Échangeurs carboxyliques (faiblement acides).....	37
1.8.2.	Échangeurs sulfoniques (fortement acides).....	38
1.8.3.	Échangeurs faiblement basiques.....	39
1.8.4.	Échangeurs fortement basiques.....	40
1.9.	Application de résine échangeuse d'ions.....	40
1.9.1.	L'adoucissement.....	40
1.9.2.	La déminéralisation.....	41
1.10.	La régénération.....	41
1.10.1.	Étapes de la régénération.....	42
2.	Adsorption.....	43
2.1.	Définition.....	43
2.2.	Types d'adsorption.....	45
2.3.	Mécanisme D'adsorption.....	46
2.4.	Paramètres influant sur l'adsorption.....	46
3.	Les isothermes d'adsorption.....	47
3.1.	Théorie de Langmuir.....	47
3.2.	Théorie de FRENDLICH.....	48
3.3.	Théorie de B.E.T (BRUNAUER, EMMET, TELIER).....	49

### **CHAPITRE III : Résultats et discussions**

1.	Introduction.....	50
2.	Méthode d'analyse.....	50
2.1.	Méthode volumétrique.....	50
a.	Principe de la méthode volumétrique.....	50
b.	Dosage complexométrique par l'EDTA.....	51
c.	Principe du dosage complexométrique.....	51
3.	Protocole expérimental.....	52
4.	présentation de pilote d'échange d'ions MTE.01.....	53
4.1.	Schéma et description de MTE.01.....	53
4.1.1.	Schéma.....	53
4.1.2.	Description.....	54
4.1.3.	Description de la résine cationique « Purolite C100 ».....	55
4.1.3.1.	Définition.....	55
4.1.3.2.	Propriétés physico-chimiques.....	56
4.2.	Fonctionnement rapide du pilote.....	56
a.	Alimentation par le haut.....	56

b. Alimentation par le bas .....	56
5. Résultats et discussions .....	57
5.1. Résine cationique.....	57
a. Suivi de la concentration de $Zn^{2+}$ en fonction du temps.....	57
b. Suivi du pH en fonction du temps.....	59
c. Suivi de la conductivité électrique en fonction du temps.....	61
d. Suivi de la fraction d'adsorbat dans la solution sortant de la résine en fonction du temps .....	62
5.2. Efficacité d'un adsorbent.....	63
5.2.1. Définition .....	63
5.2.2. Calcul des capacités.....	64
5.3. Isothermes d'adsorption.....	67
a. Modèle de Langmuir.....	67
b. Modèle de Freundlich.....	68
c. modèle de B.E.T.....	68
5.4.Capacité d'adsorption.....	69
Conclusion générale.....	71

***Références bibliographiques***

***Annexe***

## Conclusion générale

L'échange d'ions est une technologie très efficace pour l'élimination des impuretés sous forme d'ions contenues dans l'eau et dans des solutions diverses. Notre étude expérimentale s'est basée essentiellement sur la mise en marche d'un pilote de résine échangeuse d'ions (MTE.01), comprenant deux colonnes, contenant chacune un type de résine échangeuse d'ion (cationique et anionique).

Notre travail sur l'élimination (la récupération) du cation  $Zn^{2+}$  par la résine montre bien que le phénomène dépend de certains paramètres physico-chimiques à savoir : le pH, la concentration initiale, et la conductivité électrique.

La résine cationique a retenu les ions  $Zn^{2+}$  pour différentes concentrations initiales, le suivi de la variation du pH et de la conductivité permet de comprendre qu'il y a un échange entre les cations  $Zn^{2+}$  de la solution et les ions  $H^+$  libérés par la résine.

Les nombreux modèles des isothermes testés peut prévoir une adsorption monocouches du  $Zn^{2+}$  sur la résine étant donné que la modèle le mieux appliqué est celui de Langmuir si on le compare aux autres modèles.

### Perspectives

- Ø Une étude complète et approfondie sur la procédure de la régénération de la résine, comporte : le cout de régénération, les rejets de la régénération (les acides, les bases)
- Ø Un couplage résine-osmose inverse, résine-électro-dyalise, résine-membrane ultra filtration et une solution qui permet de réduire fortement les frais de production et de recyclage des eaux de processus.
- Ø On souhaite récupérer d'autres cations métalliques comme le chrome à cause de sa grande quantité rejetée par les tanneries et les bassins de chromage.