

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE CONSTANTINE 3



FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES

DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre :

Série :

Mémoire de Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie chimique

**Utilisation des tests de lixiviation pour l'évaluation du
relargage des éléments chimiques à partir des matériaux
solides**

Dirigé par :

Mme : Loubna CHAABANE

Grade : M.C.B

Présenté par :

KARA Oumeima

ZOUAOUI Rayene

Année Universitaire 2021/2022.

Session : juin

Sommaire

<i>Abréviation</i>	
<i>Liste des Figure</i>	
<i>Liste des tableaux</i>	
<i>Nomenclature</i>	
<i>Notion Cimentaire</i>	
<i>Glossaire</i>	
Introduction	1
Chapitre I : Revue Bibliographique	
I.1. Origine et provenance des déchets ultimes dans les centres de stockage	5
I.1.1. Les déchets	5
I.1.2. Les Centres de Stockage des Déchets Ultime(CSDU)	6
I.1.3. Réglementation	6
I.1.4. Les critères d'admissions des déchets	7
I.2. Les métaux lourds	7
I.2.1.1. Nickel	9
I.2.1.2. Cuivre	9
I.2.1.3. Sodium	9
I.2.1.4. Zinc	10
I.2.2. Impacts	10
I.2.2.1. Sur la santé	10
I.2.2.2. Sur l'environnement	11
I.3. Traitement des déchets par les procédés de stabilisation/solidification	11
I.3.1. Stabilisation /Solidification (par les liants hydrauliques)	12
I.3.1.1. Hydratation du ciment	14
I.4. Méthodologie d'évaluation du comportement environnemental de matériaux contenant des déchets	16
I.4.1. Formalisation du Scénario de Lixiviation	16
I.4.2. Ecocompatibilité des déchets	17
I.4.3. Test de lixiviation	18
I.4.4. Mécanismes de rétention des métaux lourds dans les matrices cimentaires	19
I.4.5. Test TLM par COMSOL multi physique	20
Chapitre II : Matériels et Méthodes Expérimentales	
II.1. Les matériaux	24
II.1.1 Choix des polluants	24
II.1.1. Formulation des matériaux	25

II.2. Méthodes de caractérisation des matériaux	27
II.2.1. Caractérisations physico-chimiques des matériaux	27
II.2.1.1. Humidité	27
II.2.1.2. Mesure des caractéristiques mécaniques par essais destructifs	28
II.2.1.3. Préparation mécanique de la poudre à analyser	29
II.3. Composition minéralogique des matériaux	32
II .3.1. Analyse par fluorescence des rayons x	32
II .3.2. Analyse par Diffraction des rayons X	33
II.4. Analyse par la FTIR	34
II.5. Tests destinés à la caractérisation des propriétés intrinsèques des matériaux	34
II.5.1. Tests de l'eau des pores (EP) et fraction maximale mobilisable (FMM)	34
II.5.2. Test TCLP	37
II.5.3. Mise en solution par attaque acides	38
II.5.4. Test de lixiviation sur monolithe (TLM)	39
II.6. Techniques d'analyse des solutions aqueuses	40
II.6.1. La spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	40
II.6.2. Dosage des chlorures : la méthode de Mohr	41
II.6.3. Test TLM	42
<i>Chapitre III : Résultat et discussion</i>	
III.1. Détermination des paramètres physiques	44
III.1.1 Humidité et porosité des matériaux	44
III.1.2. La résistance mécanique des matériaux	45
III.1.3. Caractérisations des matériaux	46
III.1.3. 1. Matériau synthétisé E(T)	46
III.1.3. 1.1. Distribution granulométrique	46
III.1.3. 1.2. La composition chimique	46
III.1.3. 1.3. Caractérisation par DRX	47
III.1.3. 1.4. Caractérisation par FTIR	48
III.1.3.2. Matériau synthétisé E(NaSO ₄)	49
III.1.3.2.1. Distribution granulométrique	49
III.1.3. 2.2. La composition chimique	49
III.1.3.2.3. Caractérisation par DRX	50
III.1.3.2.4. Caractérisation par FTIR	51
III.1.3. 3. Matériau synthétisé E(NiSO ₄)	51
III.1.3. 3.1. Distribution granulométrique	51

III.1.3. 3.2. La composition chimique	52
III.1.3. 3.3. Caractérisation par DRX	53
III.1.3. 3.4. Caractérisation par FTIR	54
III.1.3. 4. Matériau synthétisé E(ZnSO ₄)	55
III.1.3. 4.1. Distribution granulométrique	55
III.1.3. 4.2. La composition chimique	55
III.1.3. 4.3. Caractérisation par DRX	56
III.1.3. 4.4. Caractérisation par FTIR	57
III.1.3. 5. Matériau synthétisé E(CuSO ₄)	58
III.1.3. 5.1. Distribution granulométrique	58
III.1.3. 5.2. La composition chimique	59
III.1.3. 5.3. Caractérisation par DRX	60
III.1.3. 5.4. Caractérisation par FTIR	61
III.1.3.6. Matériau synthétisé E(CuCl ₂)	62
III.1.3.6.1. Distribution granulométrique	62
III.1.3. 6.2. La composition chimique	62
III.1.3.6.3. Caractérisation par DRX	63
III.1.3. 7. Matériau synthétisé E(ZnCl ₂)	65
III.1.3. 7.1. Distribution granulométrique	65
III.1.3. 7.2. La composition chimique	65
III.1.3. 7.3. Caractérisation par DRX	66
III.1.3. 7.4. Caractérisation par FTIR	67
III.2.1. Comportement des matériaux à la lixiviation	70
III.2.1.1. Comportement des matériaux dans différents contextes chimiques	71
III.2.1.1.1 Tests de l'eau des pores (EP) et fraction maximale mobilisable (FMM)	73
III.2.1.1.2 Test TCLP	75
III.2.2. Résultats de test TLM par COMSOL multiphysique	78
Conclusion	80
Annexe	83

Conclusion

Les procédés de stabilisation/solidification sont des procédés très efficaces dans le traitement des déchets ultimes et spécifiquement les métaux lourds. Cette étude réalisée au laboratoire a pour objectif de déterminer le comportement des métaux lourds incorporé initialement dans la formulation des matériaux cimentaires. Une série de tests de lixiviation ont été réalisés en vue de déterminer leur comportement à la lixiviation et de comprendre les mécanismes mis en jeu pour l'immobilisation des métaux.

Le comportement mécanique de l'ensemble des matériaux confirme que la présence des métaux lourds perturbe les réactions d'hydratation ce qui modifie leurs résistances.

La caractérisation des matériaux formulés et contenant des métaux lourds par DRX, a montré que ces derniers sont piégés au cours du processus d'hydratation dans les différentes phases minéralogiques identifiées.

Les résultats obtenus lors des tests de lixiviations montrent que les taux de rétention sont importants, ce qui confirme que la stabilisation des métaux dans les matrices cimentaires est très efficace.

La modélisation du test TLM par COMSOL confirme que c'est les phénomènes de type diffusif et lessivage qui contrôlent le relargage des espèces chimiques à partir des matrices cimentaires.

En perspective, il est souhaitable d'utiliser d'autres tests de lixiviation qui permettent de mieux comprendre la spéciation des métaux lourds dans les matrices cimentaires d'une part et l'utilisation de techniques de caractérisations qui permettent d'expliquer encore mieux les mécanismes mis en jeu lors de l'hydratation du ciment en présence de ces métaux lourds.