

# Possibilité d'élimination des métaux lourds (Cu, Cd et Zn) par précipitation chimique

Mohamed Charif BENALIA<sup>(1)</sup>, Leila YUCEF<sup>(2)</sup>, and Samia ACHOUR<sup>(3)</sup>

<sup>(1), (2), (3)</sup> Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface – LARHYSS – Université de Biskra, B. P. 145, R. P., Biskra, Algérie ;

<sup>(1)</sup>benaliamedcharif@gmail.com; <sup>(2)</sup>lyoucef2@yahoo.fr ; <sup>(3)</sup>samia.achour@Larhyss.net

**Résumé**— Cette étude a pour objectif de tester l'élimination des différents métaux (cuivre, cadmium et zinc) en solutions synthétiques par utilisation de la chaux (Ca(OH)<sub>2</sub>) et de la soude (NaOH) individuellement.

Pour chaque réactif utilisé, on a constaté une amélioration du rendement d'élimination de chaque métal ( $[M^{2+}]_0=100\text{mg/l}$ ) avec l'augmentation de la dose du réactif (10 à 1000 mg/l) qui peut atteindre plus que 90 %. L'efficacité du traitement a subi une nette diminution dans l'intervalle de concentration initiale en métal allant de 10 à 300 mg/l en présence de 80 mg/l du réactif. Le pH de traitement (4 à 9) influe considérablement sur le rendement d'élimination du polluant. Les meilleurs rendements sont obtenus à pH basique, milieu favorable de la précipitation des ions  $M^{2+}$  sous forme d'hydroxyde.

**Mots-clés**— Cuivre, cadmium, zinc, précipitation chimique, Ca(OH)<sub>2</sub> et NaOH.

## I. INTRODUCTION

L'augmentation de la teneur en métaux lourds dans l'environnement représente une menace sérieuse pour la santé humaine, les ressources vivantes, l'environnement et les systèmes écologiques. Bien qu'il existe de nombreuses sources de métaux lourds, certains secteurs industriels contribuent actuellement le plus à la pollution de l'environnement par ces métaux toxiques [1].

Les eaux usées sont de nature hautement toxique en raison de la présence de métaux tels que le cuivre, le zinc et le cadmium... [1].

Le cadmium est classé cancérigène pour l'homme (groupe 1) par le Centre International de Recherche sur le Cancer "C.I.R.C.," [2]. Le cuivre et le zinc sont des oligo-éléments essentiels à la vie et toxique en excès, présents dans tous les organes et cellules, et peuvent causer des maladies, comme la maladie de Wilson et la maladie de Menkes qui sont des troubles héréditaires du transport du cuivre [2].

Une variété de procédés de traitements spécifiques pour l'élimination des métaux lourds avant leur rejet dans l'environnement ont été élaborés, Parmi ces procédés, on peut réaliser une simple précipitation des métaux sous forme d'hydroxydes. La précipitation chimique est la technique de choix pour l'élimination des métaux lourds dissous vue la simplicité de la mise en œuvre [3]-[1]-[4]-[5]-[6].

L'objectif de ce travail est d'étudier les possibilités de l'élimination des métaux (Cu, Cd et Zn) dissous en solutions synthétiques par précipitation chimique à la chaux Ca(OH)<sub>2</sub> et la soude (NaOH) individuellement, en étudiant l'effet de plusieurs paramètres réactionnels (La dose de réactif, la teneur en métal et le pH).

## II. MATERIEL ET METHODES

### A. Caractéristiques des solutions utilisées

#### a. Solution mère du métal (Cu<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>)

➤ La solution mère du cuivre a été préparée à 1000 mg/l en Cu<sup>2+</sup>, en faisant dissoudre 3,929 g de sulfate du cuivre pentahydraté (CuSO<sub>4</sub>, 5H<sub>2</sub>O) de

masse molaire 249,69 g/mole dans un litre d'eau distillée.

➤ La solution mère du cadmium a été préparée à 1000 mg/l en  $\text{Cd}^{2+}$ , en faisant dissoudre 1,631 g de chlorure du cadmium ( $\text{CdCl}_2$ ) de masse molaire 183.34 g/mole dans un litre d'eau distillée.

➤ La solution mère du zinc a été préparée à 1000 mg/l en  $\text{Zn}^{2+}$ , en faisant dissoudre 1,631 g de chlorure du cadmium ( $\text{CdCl}_2$ ) de masse molaire 287,5496 g/mole dans un litre d'eau distillée.

#### b. Solutions mères des réactifs utilisés pour le traitement

Les réactifs utilisés pour le traitement des solutions synthétiques des métaux utilisés sont préparés en solutions concentrées par dissolution du réactif dans l'eau distillée comme suit : la chaux ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) (10g/l) et la soude (40 g/l).

#### B. Méthode de dosage

✓ Le cuivre et le cadmium ont été dosés par la méthode potentiométrique grâce à deux électrodes spécifiques combinées Consort, ISE25B et ISE22B successivement.

✓ Le zinc a été dosé par la méthode colorimétrique, et la mesure a été faite à l'aide d'un spectrophotomètre UV- Visible de type « Optizen 2120UV » à une longueur d'onde de 650 nm.

✓ La mesure du pH est réalisée avec un pH-mètre digital de laboratoire INOLAB instruments modèle pH 7310P.

#### C. Description des essais de précipitation

Les essais ont été réalisés sur un flocculateur de laboratoire (flocculateur 11198 fisher Bioblock scientific). Les solutions sont soumises pendant 3 minutes à une agitation rapide de 200 tr/min. La vitesse d'agitation est par la suite réduite à 60 tr/min pour une durée de 17 minutes. Les échantillons prélevés sont filtrés sous vide à l'aide d'une membrane à 0,45 $\mu\text{m}$  de porosité. On

effectue ensuite la mesure du pH et de la teneur en métal résiduel (le cuivre, le cadmium et le zinc).

Au cours de nos essais, différents paramètres réactionnels ont été testés, la dose du réactif (10 à 1000 mg/l), la teneur initiale en cuivre (10 à 300 mg/l) et le pH initial de l'eau (4 à 9).

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

#### A. Effet de la dose du réactif de précipitation

Le traitement d'une solution contenant initialement 100 mg/l du métal ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  et  $\text{Zn}^{2+}$ ) en utilisant des doses variables de la chaux ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) (figure 1,a) montre que :

- Dans le cas d'élimination du cuivre et cadmium individuellement, le rendement augmente avec l'accroissement de la dose de la chaux et devient quasiment constant (proche de 100 %) pour les fortes doses du réactif (à partir d'une dose de 200 mg/l pour le cuivre et 300 mg/l pour le cadmium).

- Dans le cas d'élimination du zinc, le rendement augmente avec l'accroissement de la dose de la chaux et il atteint 96% pour la dose 300 mg/l du réactif, en suite il décroît vers 60% pour la dose 1000mg/l (correspondant à un pH final > 10,8). Cette diminution peut être expliquée par la solubilisation de l'hydroxyde du Zn, car chaque métal a une plage étroite de pH pour la précipitation et au-delà de cette plage, le précipité du métal se solubilise [1].

Le traitement avec la soude ( $\text{NaOH}$ ) (figure 2,b) montre que :

- Dans le cas d'élimination du cuivre et du cadmium individuellement, on a obtenu presque la même évolution que celle présentée dans la (figure 1.a). La dose optimale du réactif change, est de 300 mg/l pour le cuivre et de 200mg/l pour le cadmium).

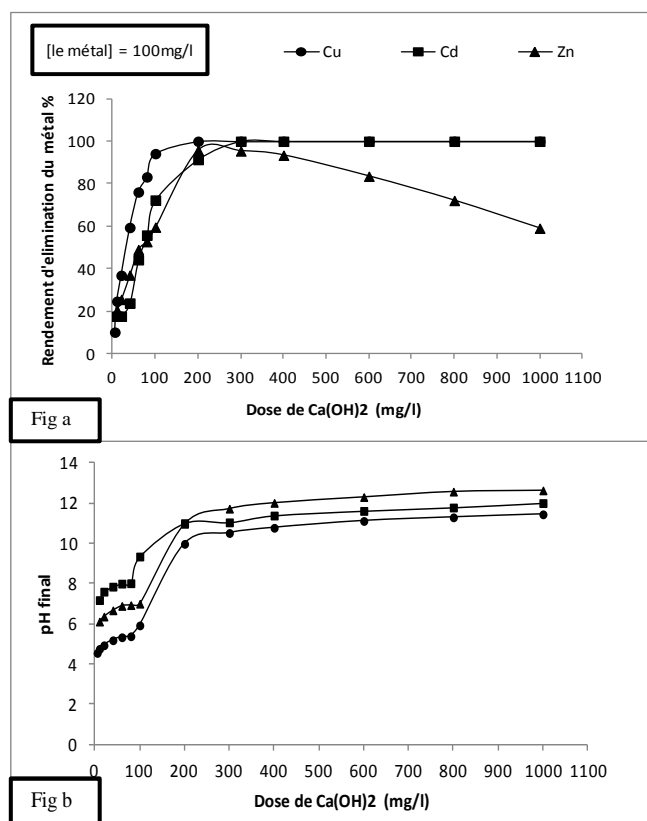
- Dans le cas d'élimination du zinc, l'efficacité du traitement augmente, et elle atteint 99% pour 200 mg/l de la soude.

Pour chaque réactif, l'augmentation de la dose de ce dernier ainsi que de l'efficacité du traitement est accompagnée par une augmentation du pH final.

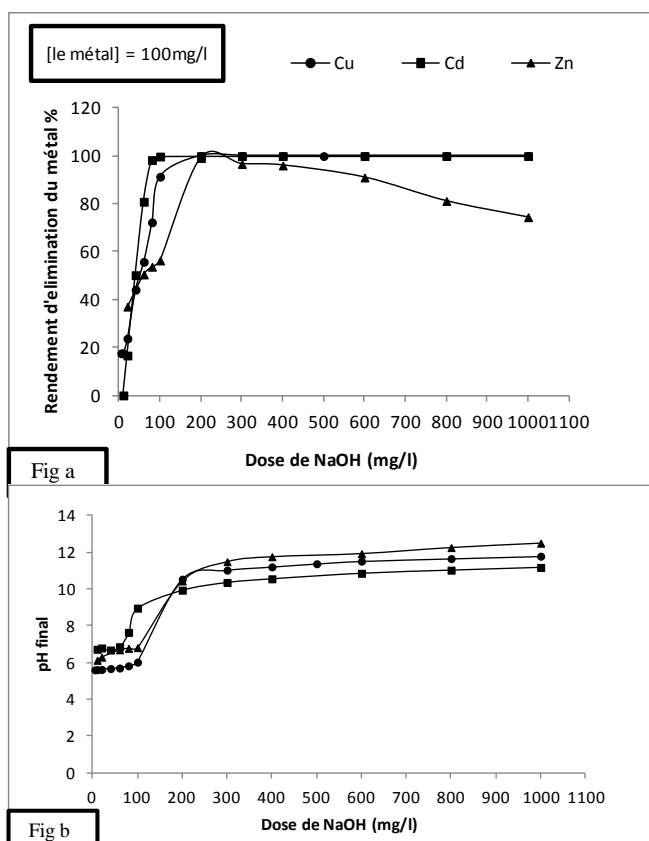
Selon [7]-[8]-[6], la plupart des métaux lourds précipitent à un pH supérieur à six ou sept. Selon les résultats de nos essais (Tableau 1, figure 1 et 2), ce pH n'est atteint que lorsqu'on introduit des doses élevées de réactif. Les teneurs résiduelles de chaque élément sont dans l'ensemble inférieures aux valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels. Selon [9] ces valeurs limites sont 0,2 mg/l, 0,5 mg/l et 3 mg/l pour le cadmium, le cuivre et le zinc respectivement.

**Tableau 1.** pH correspondant à la dose optimale de précipitation des métaux testées.

pH		Cu <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
pH initial		5	7	6
Ca(OH) <sub>2</sub>	pH optimal	9,98	11,05	10,8
	Teneur résiduelle	2,27x10 <sup>-3</sup>	4,78x10 <sup>-4</sup>	4,21
NaOH	pH optimal	10,54	9,94	10,34
	Teneur résiduelle	4,78x10 <sup>-4</sup>	0,0097	0,034



**Fig. 1\_** Influence de la dose de la chaux sur le rendement d'élimination des métaux (Cu<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> et Zn<sup>2+</sup>) et sur le pH final de l'eau traitée.

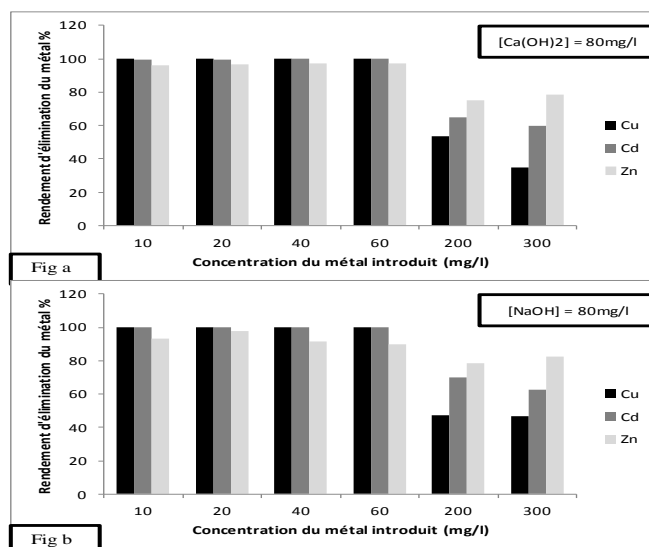


**Fig. 2\_** Influence de la dose de la soude sur le rendement d'élimination des métaux ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  et  $\text{Zn}^{2+}$ ) et sur le pH final de l'eau traitée.

### B. Effet de la teneur initiale en métal

les résultats obtenu et présentés sur la figure 3 montrent que le rendement du traitement diminue avec l'accroissement de la teneur initiale en métal (10 à 300 mg/l), cette augmentation est accompagnée par une légère diminution du pH final de l'eau à dose constante du réactif (80 mg/l). Ce qui mène à conclure que pour des eaux à fortes teneurs initiales en métal, l'efficacité du traitement nécessite l'introduction d'une forte dose du réactif.

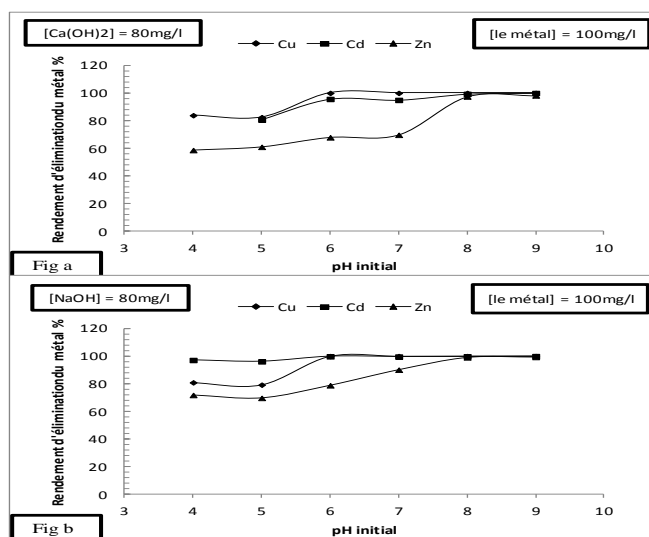
Les deux hydroxydes ont donné presque la même efficacité, et selon nos résultats on constate que le rendement du traitement est très élevé pour les faibles teneurs (10 – 60 mg/l) du métal ( $\text{Cu}^{2+}$  et le  $\text{Cd}^{2+}$ ), mais ce rendement est faible par rapport au  $\text{Zn}^{2+}$  pour les teneurs les plus élevées (200 et 300mg/l).



**Fig. 3\_** Influence de la teneur initiale des métaux sur le rendement du traitement par chaque réactif.

### C. Effet du pH initial

L'ajustement du pH initial de l'eau à traiter de 4 à 9 permet d'aboutir à une amélioration du rendement d'élimination des métaux qui atteint 99,99% pour les pH supérieurs à 6 dans le cas du cuivre, et les pH supérieurs à 8 dans le cas du zinc et du cadmium (figure 4).



**Fig. 4\_** Influence du pH initial sur le rendement d'élimination des métaux pour chaque réactif.

Selon les résultats de (la figure 4,b), on peut dire que le cadmium a une forte réactivité avec la soude parce que le pH final augmente rapidement dès que le pH initial dépasse 4.

#### IV. CONCLUSION

L'élimination des métaux ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  et  $\text{Cd}^{2+}$ ) peut être réalisé efficacement par précipitation chimique à la chaux  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  et à la soude ( $\text{NaOH}$ ).

La soude ( $\text{NaOH}$ ) est plus efficace pour l'élimination du cadmium et du zinc, par contre, la chaux  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a donné une meilleure élimination pour le cuivre.

La précipitation métallique dépend de plusieurs facteurs tels que le type et la dose du réactif utilisé, le pH de l'eau et la concentration initiale du métal.

#### REFERENCES

- [1] Brbooti M.M., AbiD B.A. and Al-Shuwaiki N.M. (2011). Removal of heavy metals using chemicals precipitation. Eng. Technol. J. 29(3): pp. 595-612.
- [2] Nordberg G.F., Fowler B.A. and Nordberg M. (2014). Handbook on the Toxicology of Metals: Academic press.
- [3] Youcef L. and Achour S. (2006). Elimination du cuivre par des procédés de précipitation chimique et d'adsorption, Courrier du Savoir Scientifique et Technique, n°7, pp.59-65, Université de Biskra, Algérie.
- [4] Youcef L. and Achour S. (2014). Elimination de polluants des eaux (Fluor, cadmium, phosphates). Application des procédés de précipitation chimique et d'adsorption, Ouvrage édité par Presses Académiques Francophones, Sarrebruck, Allemagne ISBN: 978-3-8381-4406-1, 208 pages.
- [5] Sharma S., Rana S., Thakkar A., Baldi A., Murthy RSR. and Sharma R.K. (2016). Physical, Chemical and Phytoremediation Technique for Removal of Heavy Metals, Journal of Heavy Metal Toxicity and Diseases, vol.1 n°2:10, pp.1-15.
- [6] Benalia M C., Youcef L. and Achour S. (2018). Etude de l'élimination du cuivre par précipitation chimique. 1<sup>er</sup> Séminaire Maghrébin sur l'Eau et l'Environnement dans les Zones Arides (SMEEZA'1) : Eau et Santé, 23-25 Avril, Ouargla, Algérie.
- [7] Brooks C.S. (1986). Metal recovery from industrial wastes. The journal of the minerals, metals & materials society (TMS), vol. 38, n°7, pp. 50-57.
- [8] Tchobanoglous G., Burton F. L. and Stensel H., D. (2003). Wastewater Engineering. Treatment and reuse, Fourth Edition, Edition McGraw-Hill.
- [9] JORA (2006). Journal Officiel de la République Algérienne N°26, 24 Rabie El Aouel 1427, 23 avril 2006.