

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
École Nationale Polytechnique

Département de Génie des Procédés et Environnement
CRD - Sonatrach



Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie des Procédés et
Environnement

Synthèse verte de nanoparticules métalliques à partir d'extraits végétaux pour l'élimination des métaux lourds à l'état de traces dans l'eau

Présenté par : **MEZIDI Katia**

Sous la direction de : **Dr. DJELLOULI Naima**

Présenté et soutenu publiquement le (27/06/2024)

Composition du jury :

Président :	Mme. BELHANECHÉ Naima	Professeur	ENP
Promotrice :	Mme. DJELLOULI Naima	MCB	ENP
Examinatrice :	Mme. TCHEKIKEN Chahinez	MCB	ENP
Examineur :	Mr. BOUSBAI M'hamed	MCA	CATI/ENP
Encadreur Entreprise :	Mme. YAHY Lina	Ingénieure	Sonatrach

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
École Nationale Polytechnique

Département de Génie des Procédés et Environnement
CRD - Sonatrach



Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie des Procédés et
Environnement

Synthèse verte de nanoparticules métalliques à partir d'extraits végétaux pour l'élimination des métaux lourds à l'état de traces dans l'eau

Présenté par : **MEZIDI Katia**

Sous la direction de : **Dr. DJELLOULI Naima**

Présenté et soutenu publiquement le (27/06/2024)

Composition du jury :

Présidente :	Mme. BELHANECHÉ Naima	Professeur	ENP
Promotrice :	Mme. DJELLOULI Naima	MCB	ENP
Examineur :	Mme. TCHEKIKEN Chahinez	MCB	ENP
Examineur :	Mr. BOUSBAl M'hamed	MCA	CATI/ENP
Encadreur Entreprise :	Mme. YAHI Lina	Ingénieure	Sonatrach

ملخص:

يصف هذا العمل عملية لإزالة التلوث من المياه التي تحتوي على عناصر معدنية ضئيلة باستخدام الجسيمات النانوية المعدنية التي يتم الحصول عليها عن طريق التخليق الأخضر من المستخلصات النباتية. في هذا العمل، تم الإبلاغ عن تخليق ثلاثة أنواع من الجسيمات النانوية: أكسيد النحاس (CuO)، أكسيد المغنيسيوم (MgO)، وأكسيد الزنك (ZnO)، باستخدام مستخلصات نباتية من أوراق ثلاثة نباتات مختلفة: نخيل الفونيكس (Phoenix Dactylifera L)، الزيتون (Olea europaea L)، والنعناع. تم توصيف الأنواع الثلاثة من الجسيمات النانوية التي تم الحصول عليها بواسطة الفحص المجهر الإلكتروني الماسح والتميز بالحيز المجهر بالأشعة السينية لتحديد الخصائص مثل شكل الجسيمات وأقطارها وأحجامها. وأخيراً، تم استخدام الجسيمات النانوية التي تم الحصول عليها لمعالجة عينتين من المياه تحتويان على كميات قليلة من المعادن الثقيلة، من أجل اختبار قدرتها على الجذب. أظهرت النتائج أن استخدام كمية تعادل 4.34% من كل نوع حقق معدلات إزالة ملحوظة للمعادن الثقيلة: 99.21% للرصاص (Pb) و94.84% للكروم (Cr) و87.04% للنikkel (Ni) و59.63% للكاديوم (Cd). وذلك لمدة تلامس 30 دقيقة. هذه النتائج تنافس إلى حد كبير ما هو موجود في الأدبيات وتظهر كفاءة إزالة فائقة لنفس المعادن، مع انخفاض تركيز الجسيمات النانوية بمقدار الثلث وتقليل وقت التلامس من 24 ساعة إلى 30 دقيقة.

الكلمات المفتاحية: إزالة تلوث المياه، المعادن الثقيلة، الجسيمات النانوية المعدنية، التصنيع الأخضر، مستخلصات النباتات.

Abstract

This work describes a heavy metals removal process applied to contaminated water using for thus metallic nanoparticles synthesized from vegetal extracts. In this study, the synthesis of three types of metallic nanoparticles was reported : Copper oxide (CuO), Magnesium oxide (MgO) and Zinc oxide (ZnO), using plant extracts from the leaves of three different plants : *Phoenix Dactylifera L*, *Olea europaea L* and *Mentha spicata L*. The obtained nanoparticles were then characterized by Scanning Electron Microscopy and X-Ray Diffraction in order to determine their intrinsic properties such as particle morphology, particles diameters and sizes. Finally, the obtained nanoparticles were used to remove trace metal elements from two samples in order to evaluate their chelation capacity toward heavy metals. The results showed that an amount of 4.34% of each type of green nanoparticles achieved remarkable elimination rates for heavy metals : 99.21% for lead (Pb), 94.84% for chromium (Cr), 87.04% for nickel (Ni) and 59.63% for cadmium (Cd), after a contact time of 30 minutes. These results are highly competitive with those found in the literature, showing a great decontamination efficiency for the same metals, with a one-third reduction in nanoparticles concentration and a reduced contact time from 24 hours to 30 minutes.

Keywords : Water decontamination, Heavy metals, Metallic nanoparticles, Green synthesis, Plant extracts.

Résumé

Ce travail, décrit un procédé de décontamination des eaux contenant des éléments traces métalliques en ayant recours à des nanoparticules métalliques obtenues par synthèse verte à partir d'extraits de plantes. Dans ce travail, la synthèse de trois types de nanoparticules a été rapportée : l'oxyde de cuivre (CuO), l'oxyde de magnésium (MgO) et l'oxyde de zinc (ZnO) synthétisés en utilisant des extraits végétaux des feuilles de trois plantes différentes : *Phoenix Dactylifera L*, *Olea europaea L* et *Mentha spicata L*. Les trois types de nanoparticules obtenues ont été caractérisées par Microscopie Electronique à Balayage et Diffraction des Rayons X pour déterminer des propriétés telles que la morphologie des particules, leurs diamètres et leurs tailles. Enfin, les nanoparticules obtenues ont été utilisées pour traiter deux échantillons d'eau contenant des métaux lourds à l'état de traces, afin de tester leur capacité de chélation. Les résultats ont montré que l'utilisation d'une quantité équivalente à 4,34% de chaque type de nanoparticules vertes a permis d'atteindre des taux d'élimination remarquables pour les métaux lourds : 99,21% pour le plomb (Pb), 94,84% pour le chrome (Cr), 87,04% pour le nickel (Ni) et 59,63% pour le cadmium (Cd) pour un temps de contact de 30 minutes. Ces résultats sont très compétitifs par rapport à ceux de la littérature montrant ainsi une efficacité d'élimination supérieure pour les mêmes métaux avec une réduction de concentration des nanoparticules au tiers et un temps de contact qui passe de 24 heures à 30 minutes.

Mots-clés : Décontamination de l'eau, Métaux lourds, Nanoparticules métalliques, Synthèse verte, Extraits de plantes.

Table des matières

Liste des tableaux

Table des figures

Liste des abréviations

Introduction générale 13

1 Étude bibliographique

1.1	Généralités sur la contamination des eaux par les métaux lourds et impacts sur l'environnement et la santé	16
1.1.1	Pollution de l'eau	16
1.1.2	Les eaux usées industrielles	16
1.1.3	Définition des métaux lourds	17
1.1.4	L'impact sur la santé et l'environnement	17
1.1.5	Normes de rejet	19
1.2	Généralités sur les nanoparticules	20
1.2.1	Définition d'une nanoparticule	20
1.2.2	Types des nanoparticules	20
1.2.2.1	Les nanoparticules à base de carbone	20
1.2.2.2	Les nanoparticules métalliques	21
1.2.2.3	Les nanoparticules céramiques	21
1.2.2.4	Les nanoparticules semi-conducteurs	22
1.2.2.5	Les nanoparticules polymères	22
1.2.2.6	Les nanoparticules à base de lipides	22
1.2.3	Propriétés des nanoparticules	22
1.2.3.1	Propriétés de surface	22

1.2.3.2	Propriétés optiques	22
1.2.3.3	Propriétés électroniques	23
1.2.3.4	Propriétés mécaniques	23
1.2.4	Synthèse des nanoparticules	23
1.2.4.1	Procédé d'élaboration des nanoparticules par voie physique . . .	24
1.2.4.2	Procédé d'élaboration des nanoparticules par voie chimique . .	24
1.2.4.3	Procédé d'élaboration des nanoparticules par voie biologique . .	24
1.2.5	Applications des nanoparticules	25
1.2.5.1	Application dans la médecine :	25
1.2.5.2	Application en alimentation :	25
1.2.5.3	Application en électronique :	25
1.2.5.4	Application dans l'industrie mécanique :	25
1.2.5.5	Application en environnement :	25
1.2.6	Les nanoparticules d'oxyde de cuivre	26
1.2.6.1	Généralités	26
1.2.6.2	Applications des nanoparticules d'oxyde de cuivre	26
1.2.7	Les nanoparticules d'oxyde de zinc	26
1.2.7.1	Généralités	26
1.2.7.2	Applications des nanoparticules de ZnO	27
1.2.8	Les nanoparticules d'oxyde de magnésium	27
1.2.8.1	Généralités	27
1.2.8.2	Applications des nanoparticules d'oxyde de magnésium	28
1.2.9	Toxicité des nanoparticules	28
1.3	Plantes et composés phénoliques	29
1.3.1	Présentation des plantes	29
1.3.1.1	<i>Olea Europaea L</i>	29
1.3.1.2	<i>Phoenix Dactylifera L</i>	29
1.3.1.3	<i>Mentha Spicata L</i>	30
1.3.2	Les composés phénoliques	31
1.3.2.1	Introduction	31
1.3.2.2	Classification des composées phénoliques	31

1.3.2.3 Propriétés des composés phénoliques dans le traitement d'adsorbance	32
---	----

2 Matériels et Méthodes

2.1 Introduction	34
2.2 Matières végétales utilisées	34
2.3 Produits chimiques utilisés	34
2.4 Matériels utilisés	35
2.5 Verrerie utilisée	35
2.6 Préparation des extraits de plantes	35
2.6.1 Préparation de l'extrait de <i>Mentha spicata</i> L	35
2.6.2 Préparation de l'extrait d' <i>Olea europaea</i> L	36
2.6.3 Préparation de l'extrait de <i>Phoenix dactylifera</i> L	37
2.7 Protocole de préparation des nanoparticules d'oxyde de Zinc (ZnO)	37
2.8 Protocole de préparation des nanoparticules d'oxyde de Magnésium (MgO)	38
2.9 Protocole de préparation des nanoparticules d'oxyde de Cuivre (CuO)	38
2.10 Méthodes de caractérisation	39
2.10.1 Screening Phytochimique	39
2.10.2 Chromatographie Liquide Ultra Haute Performance (UHPLC)	40
2.10.3 Dosage des flavonoïdes totaux	41
2.10.4 Spéctroscopie UV-visible	42
2.10.5 Microscopie Electronique à Balayage (MEB)	42
2.10.6 Diffraction des rayons X (DRX)	43
2.10.7 Spectrométrie de Masse Couplée à un Plasma Inductif (ICP-MS)	44

3 Résultats et Discussion

3.1 Introduction	46
3.2 Caractérisation des extraits de plantes	46
3.2.1 Étude qualitative par screening phytochimique	46
3.2.2 Étude quantitative par UHPLC	48
3.2.3 Étude quantitative par dosage des flavonoïdes totaux	50
3.3 Discussion des résultats de la caractérisation des extraits de plantes	50

3.4	Caractérisation des nanoparticules	52
3.4.1	Analyse par MEB	52
3.4.2	Analyse par DRX	55
3.5	Discussion des résultats de la caractérisation des nanoparticules	59
3.6	Efficacité des nanoparticules pour la chélation des métaux lourds	60
3.7	Discussion des résultats de l'efficacité des nanoparticules pour la chélation des métaux lourds	65
	Conclusion générale et perspectives	69
	Annexe	72
	Références Bibliographiques	77

Confidentielle