

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة مولاي الطاهر، سعيدة

Université MOULAY Tahar, Saida



N° d'Ordre

كلية العلوم

Faculté des Sciences

قسم الكيمياء

Département de chimie

Mémoire pour l'obtention du diplôme De Master

En chimie

Spécialité : chimie inorganique

Thème

Valorisation D'un Déchet Agricole (Palmiers) Pour La Dépollution Des Effluents Aqueux

Présentée par :

- Melle: KERROUM Ikram

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Présidente

Examinateur

Examinatrice

Encadrante

Ayet. M

KAID M'hamed

MILOUDI. S

OULD KADA. Z

MCA Université UMTS

Pr Université UMTS

MCA Université UMTS

MCA Université UMTS

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Je remercie le bon Dieu le tout puissant de m'avoir armé de patience et de volonté afin de mener ce travail à terme.

Ma profonde gratitude va :

Mme. Miloudi. S

Aux membres de jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en jugeant mon travail :

Mr. kaid m'hamed.

Mme. Ayat. M

J'aimerais également remercier les personnes de laboratoire de recherche , leur disponibilité.

Enfin, je remercie également à travers ce travail, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.



Kerroum Ikram

Dédicace

Je dédie ce modeste travail tout d'abord à mes très chers parents qui n'ont jamais cessé de sacrifier pour mon bien, pour mon bonheur et pour trouvé le chemin de ma vie, que le bon dieu les garde pour moi.

A mon chères frères A mes chères sœurs A toute ma famille.



Liste des tableaux

Liste des tableaux		
N°	Titre	page
Tableau I.1	Déférence ente adsorption physique et adsorption chimique	3
Tableau .II.1	caractéristiques physico-chimique du cobalt	17
Tableau II.2	caractéristiques physico-chimique du Plomb	18
Tableau II.3	principaux groupes chromophores et autochromes ; classés par intensités activités	20
Tableau III.1	Classification des dattes selon leur consistance.	31
Tableau III.2	Compostions chimiques de datte	31
Tableau III.3	Composition chimique des graines de palmier dattier	34
Tableau III.4	Composition chimique du cultivar khalas	34
Tableau. IV.1	Récapitulatif des réactifs utilisés	38
Tableau V.1.	Bandes caractéristiques des noyaux de dattes en IR	50
Tableau V.2	Bandes caractéristiques des noyaux de dattes- <i>Pb</i> en IR	51
Tableau V.3	Bandes caractéristiques des noyaux de dattes- <i>Co</i> en IR	52
Tableau V.4	Bandes caractéristiques des noyaux de dattes-BM en IR	53
Tableau V.5	Représentation des valeurs de pH et de longueur d'onde du au cours du dosage	54
Tableau V.6	constantes de Langmuir et Freundlich	67
Tableaux. V.7	paramètres thermodynamique	69
Tableaux. V.8	valeur des paramètres cinétique du Premier et second pseudo ordre	72

Liste des figures

Liste des figures et Schémas		
N°	Titre	Page
Schéma. I. 1	Schéma montre la différence entre physisorption et chimisorption	2
Figure. I.1	types d'isothermes d'adsorption selon la classification BDDT	4
Figure I.2.	Classes des isothermes d'adsorption d'après Giles et al	5
Schéma. I.2	Représentation schématique des phénomènes de transport, de transfert et d'interaction dans une structure poreuse.	8
Figure.III.1	Palmier dattier Phoenix dactylifera.L	25
Figure.III.2	<i>Répartition géographique du palmier dattier dans le monde.</i>	26
Schéma.III.1	schématique des différentes parties d'un palmier dattier adulte	27
Schéma.III.2	<i>Schéma du tronc et les rejet</i>	28
Schéma. III. 3	Schéma d'une palme	29
Schéma.III. 4	Figuration schématique de noyau de datte	33
Figure. IV.1	Appareil de spectrophotomètre UV-Visible	40
Schéma. IV.1	principe de fonctionnement d'un spectromètre UV-visible.	41
Schéma IV.2	Schéma de principe d'un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier	42
Figure IV.4	Protocole de travail	43
Figure V.1	Spectre IR des bandes caractéristiques des noyaux de dattes brute	50
Figure V.2	Spectre IR noyaux de dattes-Pb	51
Figure V.4	Spectre IR noyaux de dattes-Co	52
Figure V.5	Spectre IR noyaux de dattes-B M	53
FigureV.6	Courbe d'étalonnage de Co^{2+} dans CoSO_4 .	54

Liste des figures

FigureV.7	Courbe d'étalonnage de Pb^{2+} dans $Pb(NO_3)_2$.	55
FigureV.8	Courbe d'étalonnage de colorant bleu méthylène.	55
FigureV.9	Effet de temps d'agitation du Pb (II) par noyaux de datte	56
Figure. V.10	Effet de la masse de noyaux de datte la rétention du Pb (II).	56
Figure. V.11	Effet de la température de Pb (II).	57
FigureV.12.	Effet de pH du Pb (II).	57
Figure. V.13	Effet de concentrations de Pb (II) par noyaux de datte	58
FigureV.14	Effet de temps d'agitation du Co (II) par noyaux de datte.	58
Figure V.15	Effet de la masse de noyaux de datte la rétention du Co (II).	59
Figure. V.16	Effet de la température de Co (II) par noyaux de datte.	59
Figure. V.17	Effet de concentrations de Co (II) par noyaux de datte	60
FigureV.18	Effet de pH du Co (II) par noyaux de datte	60
Figure V.19	Effet de temps d'agitation du BM par noyaux de datte	61
Figure. V.20	l'adsorption du colorant BM par différents de masses de noyaux de datte.	61
Figure. V.21.	l'adsorption du colorant BM par différents de température se noyaux de datte.	62
Figure .V.22	influence de pH sur l'adsorption du bleu méthylène sur noyaux de datte	62
FigureV.23	Effet de concentrations de bleu méthylène sur noyaux de datte	63
Figure .V.24	Isotherme d'adsorption de $Pb(NO_3)_2$ par noyaux de datte.	64

Liste des figures

FigureV.25	Isotherme d'adsorption de CoSO_4 par noyaux de datte	64
Figure .V.26	Isotherme d'adsorption de BM par noyaux de datte.	64
Figure V.27	transformées linéaires des model de Langmuir pour l'adsorption du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sur noyaux de datte.	65
FigureV.28	transformées linéaires des model de Langmuir pour l'adsorption du BM sur noyaux de datte	65
FigureV.29	transformées linéaires des model de Langmuir pour l'adsorption du CoSO_4 sur noyaux de datte	66
Figure. V.30	transformées linéaires des model Freundlich pour l'adsorption $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sur noyaux de datte	66
Figure. V.31	transformées linéaires des model Freundlich pour l'adsorption du BM sur noyaux de datte	67
FigureV.32	transformées linéaires des model Freundlich pour l'adsorption du CoSO_4 sur noyaux de datte.	67
Figure V.33	$\ln K_c$ en fonction de l'inverse de la température du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dans noyaux de datte	68
FigureV.34	$\ln K_c$ en fonction de l'inverse de la température du BM dans noyaux de datte .	68
FigureV.35	$\ln K_c$ en fonction de l'inverse de la température du CoSO_4 dans noyaux de datte	69
FigureV.36	La cinétique du Premier pseudo ordre du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.	70
Figure .V.37	la cinétique du Premier pseudo ordre du BM	70
Figure. V.38	la cinétique du Premier pseudo ordre du CoSO_4	70
Figure. V.39	la cinétique du second pseudo ordre du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	71
Figure. V. 40	la cinétique du second pseudo ordre du BM	71
Figure. V.41	la cinétique du second pseudo ordre du CoSO_4	71

Liste des abréviations

ETM : éléments en traces métalliques

C_e: Concentration du soluté à l'équilibre, exprimée en (mg/L).

Q_e: Quantité adsorbée à l'équilibre en (mg/g).

Q_m: Capacité maximale d'adsorption de la monocouche en (mg/g).

K: Constante de Langmuir : c'est le rapport des constantes de vitesses d'adsorption et de désorption (L/mg).

q: Quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g).

C: Concentration de l'adsorbât à l'équilibre d'adsorption (mg/L).

K: Constante tenant compte la capacité d'adsorption (mg/g).

1/n : Constante tenant compte la capacité d'adsorption. **Co** : cobalt.

CoSO₄ : sulfate de cobalt .

PbNO₃ : nitrate de plomb

MB :bleu méthylène

pH : Potentiel d'hydrogène

IR : Spectroscopie Infrarouge.

I₀ : Intensité initiale (A).

T : La transmittance

I : Intensité (A).

L : Longueur de la cuve (cm).

m : masse

C_e, C_s : concentrations du soluté en solution à l'équilibre et après saturation (mg/L).

q_e: Capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g).

x_m: Quantité d'adsorbât nécessaire pour recouvrir le solide d'une seule monocouche (mg/g).

A: Constante qui décrit l'énergie d'interaction entre les molécules de l'adsorbât et la surface de l'adsorbant.

θ: Représente le taux de recouvrement de la surface de l'adsorbant.

T: Température absolue en (K).

c_e:Concentration à l'équilibre en (mg/l).

K_r: Constante de Temkin en (L.mg').

ΔQ:Variation de l'énergie d'adsorption en(J.mol).

ΔH: entalpie.

ΔS: l'entropie .

ΔG°: l'énergie libre .

C : Concentration (mol/l)

A : L'absorbance.

ε :Le coefficient molaire d'adsorption.

R² : Coefficient de corrélation

λ : La longueur d'onde (nm).

Liste des abréviations

Sommaire

Dédicace	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Sommaire	
Introduction générale	
Chapitre I-Phénomène d'adsorption	
1. 1 Introduction.....	1
1.2 Historiques.....	1
1.3 Définition de l'adsorption.....	1
1.4 Type de l'adsorption.....	2
1.4.1 Physisorption.....	2
1.4.2 Chemisorption.....	2
1.5 Isothermes d'adsorption.....	3
1. 5.1 Classification des isothermes d'adsorption.....	3
1.6 Modèles d'isothermes d'adsorption.....	6
1.6.1 Model de Langmuir.....	6
1.6.2 Model de Freundlich.....	7
1.6.3 Model de B.E.T.....	7
1.6.4 Model de Temkin.....	8
1.7 Mécanisme de l'adsorption.....	9
1.8 Cinétique d'adsorption.....	10
1.9 Facteurs influençant l'adsorption.....	10
Références Bibliographie.....	11
Chapitre II- Métaux lourds et colorant	
11.1 Introduction.....	12
11.2 Métaux lourds.....	12
11.2.1 Définition.....	12
11.2.2 Propriété des métaux.....	13
11.2.2.1 Propriété physique.....	13
11.2.2.2 Propriétés chimiques.....	13
11.2.3 Sources des métaux lourds.....	14

Sommaire

II.2.3.1 Sources naturelles	14
II.2.3.2 Sources anthropogènes.....	14
II.2.4 Les rejets des métaux lourds dans l'eau.....	14
II.2.5 Devenir des métaux dans l'environnement aquatique	15
II.2.6 Effets de métaux lourds	15
II.2.6.1 Effets sur la santé.....	15
II.2.6.2 Effet d'environnement	16
II.2.7 Métaux lourds utilisés	16
II.2.7.1 Description de l'élément cobalt.....	16
II.2.7.1.1 Définition de cobalt	16
II.2.7.1.2 propriétés chimiques	17
II.2.7.1.3 Utilisation de cobalt	17
II.2.7.1.4 Toxicité	17
II.2.7.2 Description de l'élément Plomb(Pb)	18
II.2.7.2.1 Définition de Plomb.....	18
II.2.7.2.2 Utilisation de plomb.....	18
II.2.7.2.3 Toxicité	19
II.3 Les colorants	19
II.3.1 Définition d'un colorant	19
II.3.2 Classifications des colorants	20
II.3.2.1 classification chimique.....	20
II.3.2.2 classification tinctoriale	21
II.3.3 Application Utilisation des colorants.....	22
II.3.4 Toxicité des colorants.....	22
Référence Bibliographie	23
Chapitre III- Noyaux des dattes	
III.1 Palmier dattier	25
III.1.1 Historique du Palmier dattier	25
III.1.2 Classification du palmier dattier.....	26
III.1.3 Répartition géographique du palmier dattier.....	26
III.1.3.1 Dans le monde	26
III.1.3.2 En Algérie	27
III.1.4 Caractéristique morphologique.....	27

Sommaire

III.1.4. 1Les racines	28
III.1.4.2Tronc et rejets	28
III.1.4.3Feuilles	29
III.1.4.4Graines	29
III.1.4.5nflorescences	29
III.1.4.6Fleurs.....	29
III.1.4.7 Fruits	30
III.1.5Domaines d'utilisation des déchets de palmier dattier	30
III.2.Généralité sur Les dattes et les noyaux de dattes	30
III.2.1 Description des dattes	30
III.2.1.1Définition des dattes.....	30
III.2.1.2Classification des dattes	31
III.2.1.3 Compostions chimiques de datte	31
III.2.1.4 Bienfaits des dattes	32
III.2.2. Description des noyaux des dattes.....	32
III.2.2.2Composants biochimiques du noyau de datte	33
III.2.2.3Domaines d'utilisation des noyaux de datte.....	34
III.2.2.3.1Domaine de la santé	34
III.2.2.3.2Industrie alimentaire.....	35
Référence Bibliographie	36
Chapitre IV- Matériels et méthodes de caractérisation	
IV.1Introduction.....	38
IV.2 Réactif sutilisés.....	38
IV.2.1 Appareils et instruments utilisés	38
IV.2.2 Verreries.....	39
IV.3Techniquesd'analysesutilisées	39
IV.3.1SpectrophotomètresUV-Visible	39
IV.3.2Spectrophotomètres infrarouge	41
IV.4 .1 Protocol de traitement du matériau utilise :	43
IV.4 Préparation des matériaux:.....	44
IV.5Protocole expérimentale d'adsorption des métaux lourds et colorant.....	45
IV.5.1Préparation des solutions tous métalliques (Pb(NO ₃) ₂ et CoSO ₄)	45
IV.5.2 Préparation des solutions du colorant (bleu méthylène).....	45

Sommaire

IV.5.3 Méthode de l'adsorption de $Pb(NO_3)_2$	45
IV.5.4 Méthode d'adsorption de $CoSO_4$	46
IV.5.5 Méthode d'adsorption de bleu méthylène.....	47
IV.5.6 Calcul du rendement (R%) et la quantité adsorbé.....	48
Référence Bibliographie.....	49
Chapitre V- Résultats et discussion	
V.1 Introduction.....	50
V.2Caractérisation par spectroscopie IR.....	50
V.2.1Rétention des noyaux des dattes.....	50
V.2.3 Rétention du Pb^{2+}	51
V.2.4 Retention du Co^{2+}	52
V.2.5 Rétention du B M :.....	53
V.3 Méthode de titrage des micropollutants utilisés.....	54
V.3.1Courbes d'étalonnage.....	54
V.4 L'étude de l'adsorption de $Pb(NO_3)_2$	55
V.4. 1 Effet de temps d'agitation.....	55
V.4. 3 Effet de température.....	57
V.4. 4 Effet de pH de la solution.....	57
V.4. 5 Effet de concentration de solution.....	58
V.5 .1 Effet de temps d'agitation.....	58
V.5.2 Effet de masse d'adsorbants.....	59
V.5.3 Effet de température.....	59
V.5.4 Effet de concentration de solution.....	60
V.5.5 Effet de pH de la solution.....	60
V.6 L'étude de l'adsorption BM.....	61
V.6.4 Effet de pH de la solution.....	62
V.6.5 Effet de concentration de solution.....	63
V.7 L'isotherme d'adsorption et modélisation.....	64
V.7 .1 Isotherme d'adsorption.....	64
V.8.2 Modélisation d'isotherme d'adsorption.....	65
V.8.2.1 Modèle de Langmuir.....	65
V.8.2.2 Modèle de Freundlich.....	66
V.9 Etude thermodynamique.....	68

Sommaire

V.10 Etude cinétique de l'adsorption	69
V.10 .1 Premier pseudo ordre	70
V.10 .2 Second pseudo ordre	71

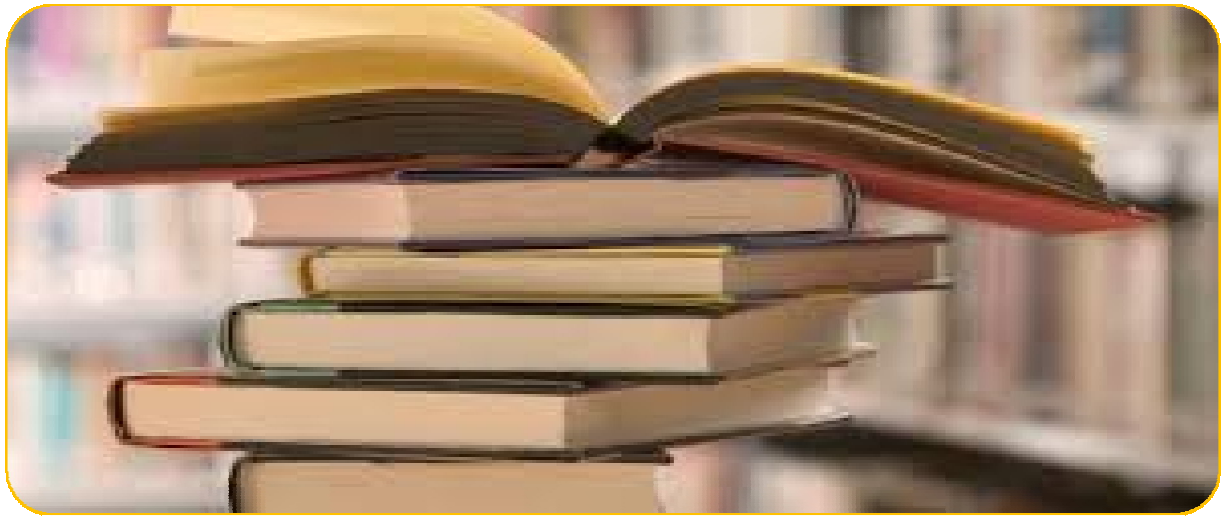
Concluution .

Annexes.

Résume.

INTRODUCTION

GENERALE



Introduction Générale

L'eau est la base de la vie des organismes vivants sur cette planète, car elle représente 71% de la surface de la Terre, dont 96.5% sont des mers et des océans [1,2]. L'eau a un grand rôle dans l'économie et les industries, car de nombreuses civilisations se sont élevées sur les rives des fleuves, dont la civilisation pharaonique.

La pollution est l'un des grands problèmes auxquels sont confrontés l'homme et l'environnement, en particulier après le développement technologique qui accompagne la vie contemporaine. La pollution se présente sous plusieurs formes, y compris l'eau, en raison de la présence de certaines substances organiques et inorganiques nocives, ou en raison de l'augmentation ou diminution de certains composants de base présents dans l'environnement sur le rapport de leur nature, et qui est due à l'intervention humaine ou à des phénomènes naturels [3].

Les colorants font partie des matières organiques qui polluent l'eau, en raison de leur utilisation dans les industries, par exemple les industries textiles, les additifs de l'industrie pétrolière et les couleurs photographiques.

En plus des colorants, il existe d'autres polluants représentés par les métaux lourds, qui sont des matériaux inorganiques résultant des industries lourdes, telles que l'industrie automobile, les industries électroniques, la pétrochimie et autres.

Pour réduire le pourcentage de polluants dans l'eau, des chercheurs et des scientifiques ont mené des études et sont parvenus à plusieurs façons de séparer l'eau de ces composés, dont la plus efficace est la technique d'adsorption.

L'adsorption est l'une des meilleures techniques de séparation, en raison de sa grande efficacité dans ce domaine et de la simplicité de la technologie utilisée à cet effet par rapport aux autres méthodes, en plus de son faible coût économique.

L'objectif principal de notre travail est de mener une étude expérimentale utilisant des noyaux de dattes comme adsorbant pour l'adsorption des métaux lourds ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, CoSO_4) et des colorants (bleu méthylène). Une amande de datte a été choisie en raison de son abondance dans la nature et de son prix bon marché, ainsi que de la simplicité des moyens utilisés.

Introduction Générale

Au cours de notre étude expérimentale, nous avons déduit les conditions optimales d'adsorption, qui sont la vitesse, le temps d'agitation, la masse d'adsorption, la température et la concentration en polluants ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, CoSO_4 , et BM).

Cette étude est divisée en cinq chapitres, qui sont les suivants :

Le premier et le second chapitres représentent un rappel bibliographique sur le phénomène l'adsorption ; métaux lourds et les colorants ; le troisième est consacré à la description de notre adsorbant les noyaux des dattes ; la partie expérimentale engendre le Chapitre IV matériels et méthode de caractérisation et le Chapitre V : Résultats et discussion et enfin une conclusion général de notre travail .

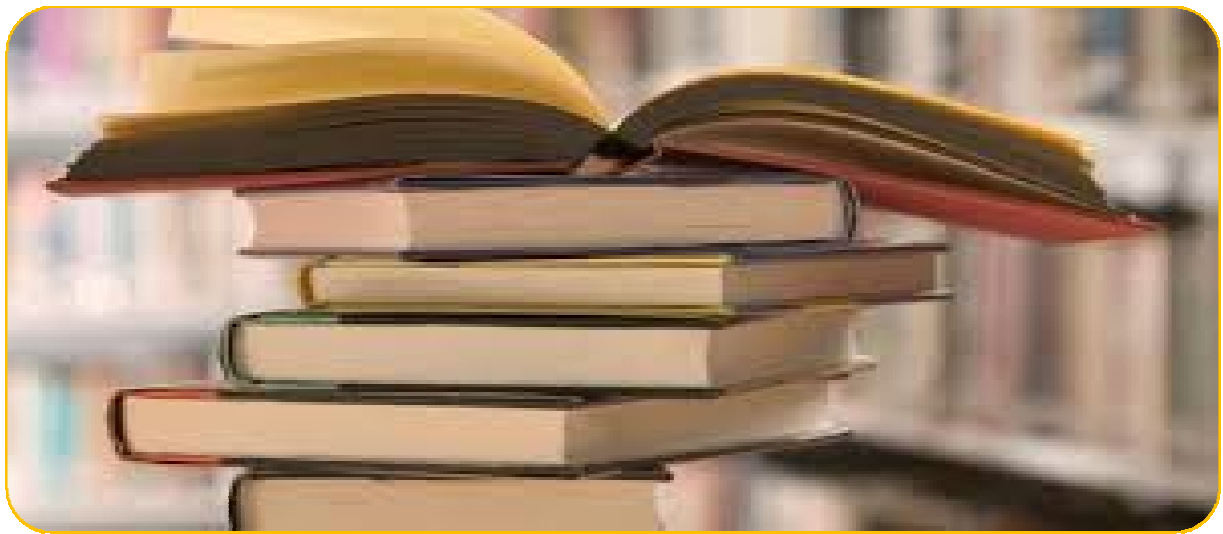
Introduction Générale

Référence Bibliographie

1. **Gleick, Peter H.** *Water in crisis*. New York : Oxford University Press, 1993.
2. **Mockler, SB.** *Water vapor in the climate system, special report*, Special Report. American Geophysical Union. 1995.
3. **I.S.N.Irving.** "*industriail pollution*". *Van nostrand, Reinhold companyp*, 1974, 203-204.

CHAPITRE I

PHENOMENE L'ADSORPTION



1.1 Introduction

En tant que processus de séparation, l'adsorption est largement appliquée dans notre économie manufacturière et dans notre vie quotidienne. Les opérations d'adsorption exploitent la capacité de certains solides à concentrer des substances spécifiques à partir de solutions (gazeuses ou liquides) sur leurs surfaces. Ainsi, en mettant en contact des fluides avec de tels solides, l'objectif souhaité de purification ou de séparation peut être atteint. Le degré d'adsorption d'une situation donnée est atteint une fois l'équilibre établi entre l'adsorbant et sa solution de contact. En pratique, les performances d'adsorption sont également fortement influencées par le transfert de masse des espèces entre la solution et les surfaces adsorbantes et la vitesse de réaction d'adsorption. Techniquement, l'adsorption est donc un processus d'équilibre-diffusion-réaction [1].

1.2 Historiques

La découverte de l'adsorption remonte à avant Jésus-Christ, les égyptiens et sumériens en 3750 avant j-c. utilisaient le charbon de bois pour réduire les minerais de cuivre, de zinc et d'étain pour la fabrication du bronze. En 1550 avant j-c, les égyptiens adoptèrent le charbon à des fins médicales pour adsorber les vapeurs odorantes des plaies putrides et de l'intestine [2].

Le premier à appeler un des phénomènes de séparation l'adsorption est Keyser en 1881, de manière à différencier l'accumulation de gaz sur la surface et absorber la molécule de gaz [3].

1.3 Définition de l'adsorption

L'adsorption à l'interface adsorbat/adsorbant est un phénomène de nature physique ou chimique par lequel des molécules, présentes dans des effluents liquides ou gazeux, se fixent. L'équilibre dépend de la concentration du soluté et de la surface du corps adsorbant. Ce phénomène s'applique à toutes les substances dissoutes qu'elles soient ionisées ou pas et à toutes les surfaces solides. L'accès à la surface d'adsorbant se fait toujours par diffusion moléculaire dans les pores.

L'interprétation de l'adsorption repose sur trois ensembles de données expérimentales:

- les quantités adsorbées à l'équilibre, formalisées par les isothermes d'adsorption,
- les vitesses d'adsorption obtenues par l'étude cinétique,

➤ les propriétés des molécules adsorbées en relation avec leur structure chimique et leur aptitude à repasser en solution [4].

1.4 Type de l'adsorption [5]

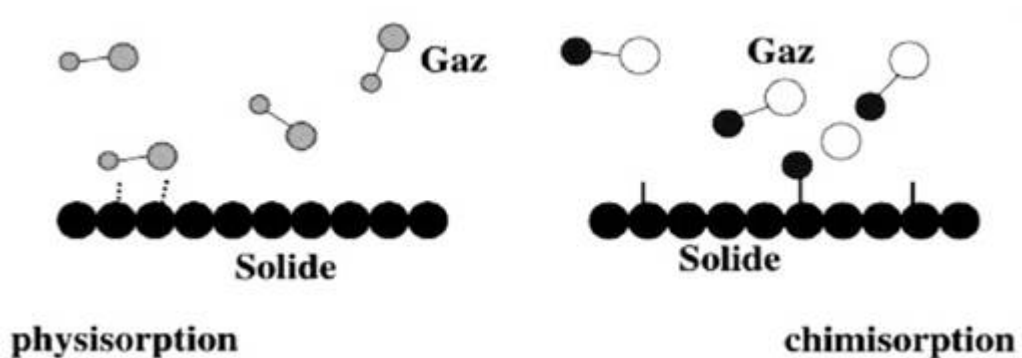
D'un point de vue thermodynamique, l'adsorption gaz-solide se produit à pression et température constantes et entraîne généralement une diminution de l'enthalpie. Elle s'accompagne également d'un léger adsorption deux formes distinctes de d'adsorption peuvent être identifiées grâce à la valeur changeante de cette énergie.

1.4.1 Physisorption

C'est une adsorption de type physique, qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat dans une couche mono ou multimoléculaire à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de Van der Waals.

1.4.2 Chemisorption

Il s'agit d'une adsorption chimique qui résulte de forces de liaison chimique plus fortes que les forces de Van der Waals.



Schémas I. 1 : Différence entre physisorption et chimisorption [3].

Tableau I.1: Différence entre adsorption physique et adsorption chimique [6].

propriété	adsorption physique	adsorption chimique
Nature de liaison	Physique (Van de waals)	chimiques
Température de processus	Inférieure de la température d'ébullition de l'adsorbat	elevée
L'énergie d'adsorption	5à10kcal/mol	20à100kcal/mol
La cinétique	Très rapide	lente
L'énergie d'activation	Non appréciable	Peut être mise en jeu
Etat de surface	Formation de multicouche	Conduit à une monocouche
La désorption	Plus ou moins parfaite	Difficile

1.5 Isothermes d'adsorption

L'adsorption d'un constituant sur un adsorbant dépend de sa pression et dans le cas de l'adsorption multi constituants, de la présence des autres composés. La relation d'équilibre entre la quantité de composant adsorbé et ces paramètres à température constante est appelée isotherme d'adsorption [7].

1.5.1 Classification des isothermes d'adsorption

On distingue deux classifications :

Classification de l'IUPAC [7]

Il existe cinq types d'isothermes d'adsorption selon la classification BDDT (Brunauer, Deming, Deming, Teller). Les évolutions de la quantité adsorbée en fonction de la pression sont représentées pour les différents types d'isotherme sur la figure I.1.

❖ Les isothermes de type I

Correspondent à des solides non poreux ou entièrement microporeux, c'est-à-dire possédant des pores de diamètre inférieur à 20 Å. En effet, cette isotherme est caractéristique d'une adsorption en monocouche, ou d'un remplissage des micropores avec saturation une fois le volume disponible entièrement rempli.

❖ Les isothermes de type II et III

Correspondent à des solides possédant des pores de diamètre supérieur à 500 Å (macropores). Ces courbes peuvent faire état d'une adsorption multicouche.

❖ Les isothermes de type IV et V

Correspondent à des solides possédant des pores de diamètre compris entre 20 et 500 Å (mésopores). L'existence d'hystérésis au cours de la désorption reflète la présence de mésopores dans lesquels la vapeur se condense en formant un ménisque de forte courbure.

❖ Les isothermes de type VI

Présentent des marches caractéristiques d'un adsorption multicouche sur une surface non poreuse très homogène.

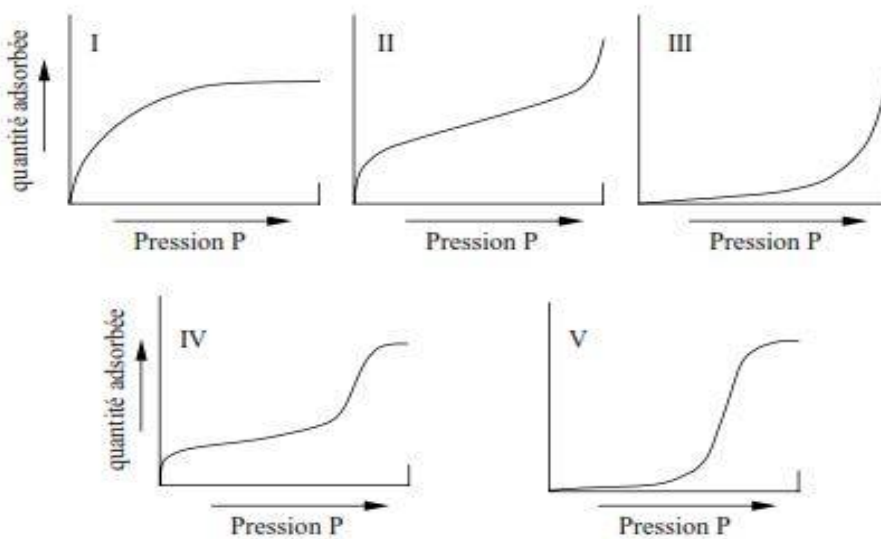


Figure I.1: Types d'isothermes d'adsorption selon la classification BDDT [8] .

Classification de Giles

- ❖ Classe S : indique une adsorption verticale de molécules, le solvant rentre en compétition avec le soluté pour l'occupation des sites de l'adsorbant [9] ;
- ❖ Classe L : diminution des sites libres au fur et à mesure de la progression de l'adsorption ;
- ❖ Classe H : la quantité adsorbée apparaît importante à concentration quasiment nulle du soluté dans la solution. Ce phénomène se produit lorsque les interactions s'entre les molécules adsorbées et la surface du solide sont très fortes ;
- ❖ Classe C : ces courbes se rencontrent lorsqu'il y a compétitivité entre le solvant et le soluté pour l'occupation des sites d'adsorption.

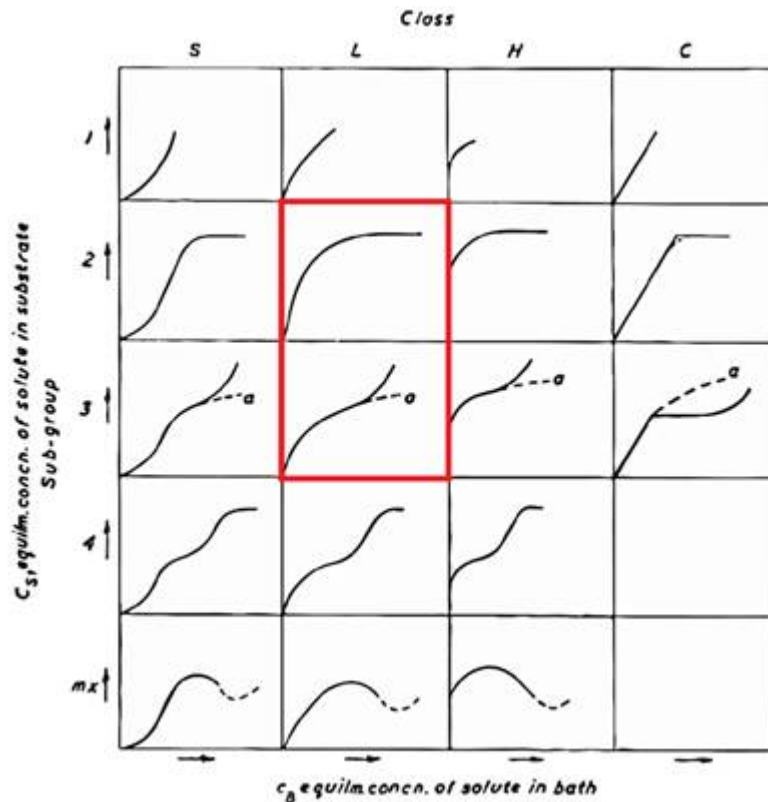


Figure I.2. Classes des isothermes d'adsorption d'après Giles et al [10].

1.6 Modèles d'isothermes d'adsorption

Les modèles d'isothermes d'adsorption peuvent être proposés [6] :

1.6.1 Model de Langmuir

Proposée en 1918 repose sur les hypothèses ci-dessous.

- Il existe plusieurs sites d'adsorption à la surface du charbon activé.
- Chacun de ces sites peut adsorber une seule molécule; par conséquent, une seule couche de molécules peut être adsorbée par le charbon activé.
- Chacun de ces sites a la même affinité pour les impuretés en solution.
- L'activité à un site donné n'affecte pas l'activité aux sites adjacents.
- La surface du solide est uniforme.
- La chaleur d'adsorption est indépendante du taux de recouvrement de la surface du solide.
- L'adsorption est localisée et ne donne lieu qu'à la formation d'une monocouche.
- Il y a un équilibre entre les molécules des deux phases.

Selon Langmuir (1918), l'équilibre est décrit par l'équation suivante :

$$q_e = q_m [k \cdot c_e / (1 + k \cdot c_e)] \quad (2)$$

La forme linéaire de l'équation de Langmuir est donnée par l'équation suivante:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{k q_m c_e} \quad (3)$$

Où:

C_e : Concentration du soluté à l'équilibre, exprimée en (mg/L).

Q_e : Quantité adsorbée à l'équilibre en (mg/g).

Q_m : Capacité maximale d'adsorption de la monocouche en (mg/g).

K : Constante de Langmuir : c'est le rapport des constantes de vitesses d'adsorption et de désorption (L/mg).

1.6.2 Model de Freundlich

- L'équation de Freundlich s'écrit alors:

$$q_e = k_f c_e^{\frac{1}{n}} \quad (5)$$

Les valeurs élevées de K_f et n traduisent une forte adsorption des solutés, n a toujours une valeur supérieure à 1 et est souvent voisine de deux.

- La linéarisation du modèle de Freundlich donne l'équation suivante :

$$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log c_e \quad (6)$$

En portant $\log q_e$ en fonction de $\log c_e$, on obtient une droite de pente ($1/n$) et d'ordonnée à l'origine égale à $\log k_f$, d'où on tire les constantes de Freundlich k_f et n .

Avec : q : Quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g).

C : Concentration de l'adsorbât à l'équilibre d'adsorption (mg/L). K : Constante tenant compte la capacité d'adsorption (mg/g).

$1/n$: Constante tenant compte la capacité d'adsorption.

1.6.3 Model de B.E.T

L'isotherme de (B.E.T) BRUNAUER, EMMET, TELLER proposée en 1938, repose sur les hypothèses ci- dessous.

- Plusieurs couches successives de molécules peuvent être fixées sur l'adsorbant.
- Les sites d'adsorption sont distribués uniformément à la surface de l'adsorbant.
- Chaque site est indépendant des sites voisins.
- L'énergie d'adsorption relie la première couche de molécules, alors que l'énergie de condensation retient les couches successives suivantes.
- Cette isotherme est proposée sous la formule suivante :

$$\frac{c_e}{(c_s - c_e)q_e} = \frac{1}{ax_m} + \frac{(a-1)c_e}{ax c_s} \quad (8)$$

Où:

c_e, c_s : Concentrations du soluté en solution à l'équilibre et après saturation (mg/L)

q_e : Capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g).

x_m : Quantité d'adsorbant nécessaire pour recouvrir le solide d'une seule monocouche (mg/g)

A: Constante qui décrit l'énergie d'interaction entre les molécules de l'adsorbant et la surface de l'adsorbant

Les paramètres de ce modèle peuvent être calculés, par extrapolation, à partir de la droite :

$$\frac{c_e}{(c_s - c_e)q_e} \text{ VS } \frac{c_e}{c_s} \quad (9)$$

1.6.4 Model de Temkin

L'isotherme de Temkin est représentée par l'équation suivante :

$$\theta = \left(r \cdot \frac{t}{\Delta\theta} \right) \cdot \ln(k_t c_e) \quad (7)$$

θ : Représente le taux de recouvrement de la surface de l'adsorbant.

T: Température absolue en (K)

C_e : Concentration à l'équilibre en (mg/l).

Kr: Constante de Temkin en (L.mg').

ΔQ : Variation de l'énergie d'adsorption en (J.mol).

1.7 Mécanisme de l'adsorption [11]

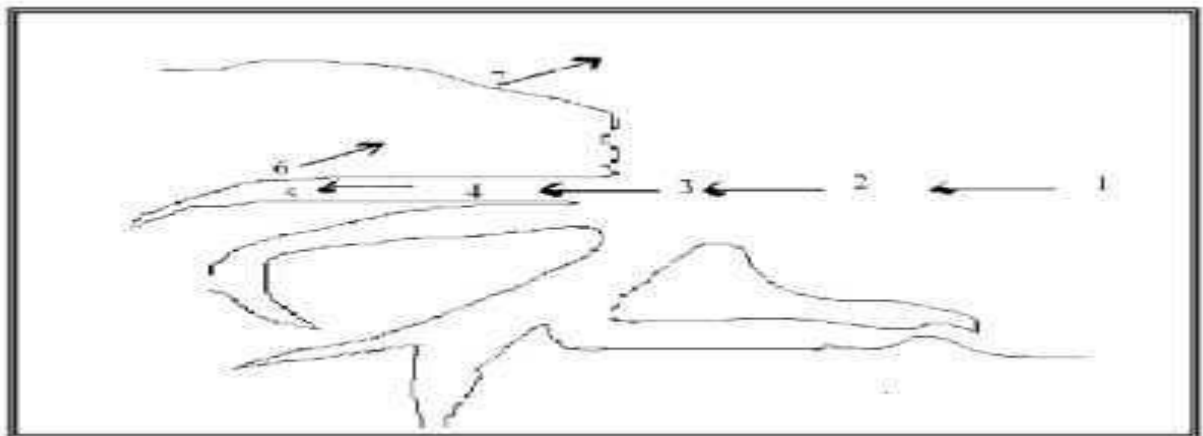
Étape 1 : Transfert externe (résistance de surface) : pour que les molécules atteignent la surface des grains d'adsorbant, elles doivent passer une couche diffusionnelle entourant les grains. Parfois, le terme résistance de surface au transfert aux particules est utilisé. Les conditions de physique hydrodynamique et chimique de l'environnement affectent le transfert de masse externe.

Étape 2 : Transferts internes : transfert interne macroporeux et transfert interne microporeux.

Le transfert de matière interne macroporeux correspond à la diffusion de l'adsorbat dans les macropores et les mésopores du grain d'adsorbant, généralement de sa surface jusqu'à l'entrée des micropores. Le transfert de matière interne microporeux correspond à la diffusion de l'adsorbat dans les micropores.

Étape 3 : Cinétique d'adsorption intrinsèque : les molécules s'adsorbent en surface avec une vitesse finie. Cette étape est très rapide pour l'adsorption physique.

Étape 4 : (extrêmement rapide) : l'adsorption sur les sites actifs et sur la surface interne de l'adsorbant (dans les micropores).



Schémas.I.3: Représentation schématique des phénomènes de transport, de transfert et d'interaction dans une structure poreuse [7].

1.8 Cinétique d'adsorption

La cinétique d'adsorption est basée sur la composition du milieu à un instant (t) donnée. L'ordre de la réaction est un paramètre très important à la détermination de la cinétique d'adsorption. Il peut être étudié selon deux modèles cinétiques : le modèle de pseudo premier ordre et celui de pseudo second ordre.

La cinétique d'adsorption est l'étude de la vitesse d'extraction des contaminants. Cette vitesse varie selon la complexité du matériau adsorbat-adsorbant. Elle est déterminée par l'écart entre l'état du système à l'équilibre et l'état d'un système considéré [12].

1.9 Facteurs influençant l'adsorption

Moins complète que la théorie régissant l'adsorption des gaz ou des vapeurs par les solides est la théorie régissant l'adsorption des liquides par les solides. En effet, plusieurs facteurs rendent difficile l'interprétation des résultats de telles études de phénomènes [13].

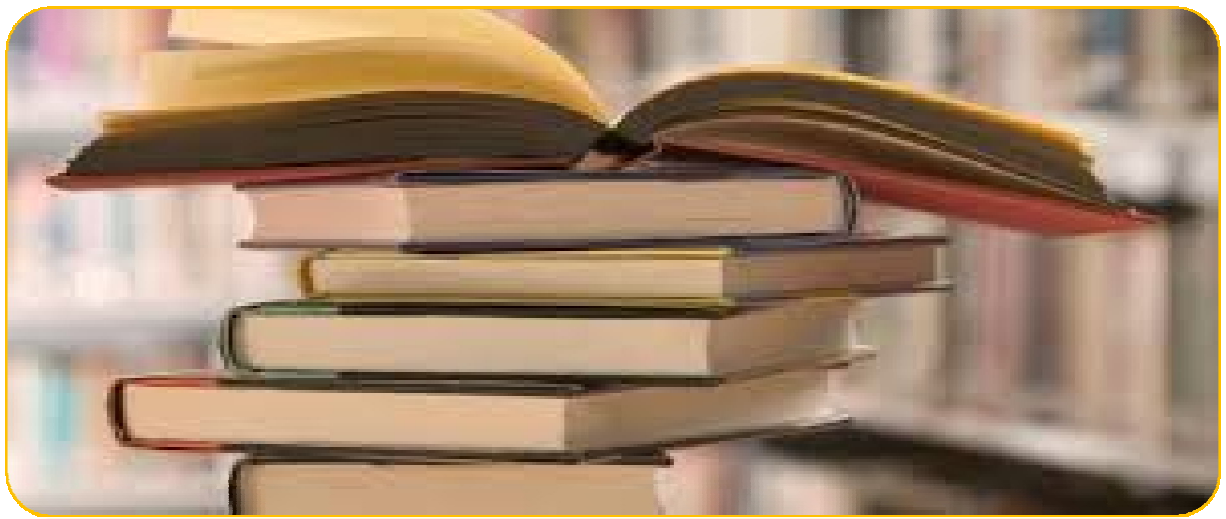
- La concentration
- La température
- La vitesse d'adsorption
- La nature d'adsorbant
- La nature l'adsorbat
- La nature du solvant

Références Bibliographie

1. **Tien, Chi.** *Introduction to adsorption :basics.* Analysis, and Applications.(Amsterdam: Elsevier, 2019), 2019, p. 1.
2. **Da browski, A.** *Adsorption - from theory to practice.* Advances in colloid and interface science, 2001, Vol. 93: 1-3.
3. **Dahani ,Fatima . ; Laidi ,Oum El kheir.** *Valorisation des déchets des palmiers dattiers pour dépollution des eaux.* Mémoire de master université ahmed draïa adrar . 2022.
- 4 **Aziri,Sabrina.** *Etude de l'adsorption du nickel par des biosorbants.* Thèse de magister. Université Tizi-Ouzou ,2012.
5. **koller, Emilian.** *Aide-mémoire - Génie chimique.* 3eme édition. Dunod,2010.
6. **Chentouf, Sadek.** *modification des diatomites et bentonites algériennes par des espèces chimiques minérales et organiques. Synthèses, Caractérisations et applications.* Thèse de doctorat universite mustapha stambouli de mascara , 2020.
7. **Bouazza, Faiza.** *Adsorption des polluants organiques par des argiles modifiées par la cellulose.* Thèse doctoraten .université abou-bekr belkaid - Tlemcen , 2019.
8. **Clausse,Marc.** *Étude d'un procédé d'adsorption tsa (temperature swing adsorption) à chauffage et refroidissement indirects.* Thèse .Conservatoire national des arts et metiers-CNAM, 2003
9. **Dogan, M .; Alkan ,M.** *Removal of methyl violet from aqueous solution by perlite.* Journal of colloid and interface science, 2003, Vol. 267.1: 32--41.
- 10.**Giles, CH .; Macewan, TH .; Nakhwa, SN.; Smith, Djotcs.** 786. *Studies in adsorption. Part XI. A system of classification of solution adsorption isotherms, and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific surface areas of solids.* Journal of the Chemical Society (Resumed), 1960, 3973--3993.
11. **Masmoudi, Toufik.** *Incidence de la minéralisation sur l'élimination du mercure par deux procédés physico-chimiques. Application à deux effluents résiduaires.* Thèse de doctorat université mohamed khider – Biskra . 2018.
12. **Tahari, Nadia.** *Réactivité d'argile modifiée par polymérisation. Etude de l'adsorption des polluants des eaux usées.* Thèse de doctorat en chimie université tunis el manar . 2021.
13. **Caillère, S. ; Hénin, S. ; Rautereau,M.** *Minéralogie des argiles, Classification et nomenclature,* Tome 2,2ème édition Masson, Paris, 1982.

CHAPITRE II

METAUX LOURDS ET COLORANT



II.1 Introduction

L'eau est une substance particulière car elle peut naturellement se renouveler et se nettoyer en permettant aux polluants de précipiter (par les processus de sédimentation) ou de se décomposer, ou en diluant les polluants au point où ils ne sont plus présents dans des concentrations dangereuses. Cependant, naturelles processus prennent du temps et sont difficiles lorsque des produits chimiques excessivement dangereux sont ajoutés à l'eau. En raison de l'évolution de la vie, les gens utilisent de plus en plus de polluants qui contaminent les réserves d'eau. La liste des polluants longue et nous sommes entourés de preuves de contamination de l'eau [1].

II.2 Métaux lourds

II.2.1 Définition

Les éléments traces métalliques sont généralement définis comme des métaux lourds. On appelle métaux lourds tout élément métallique dont la masse volumique dépasse 5 g/cm^3 . Ils englobent l'ensemble des métaux et métalloïdes présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement. Les métaux lourds les plus souvent considérés comme toxique pour l'homme sont le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium. D'autres comme le cuivre, le zinc et le chrome, pourtant nécessaires à l'organisme en petites quantités, peuvent devenir toxiques à doses plus importantes. Il n'existe pas de définition internationalement reconnue, chaque discipline scientifique développant une approche propre. En chimie, les métaux lourds sont en général définis sur la base de propriétés spécifiques (poids moléculaire, capacité à former des cations polyvalents...). Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité sont généralement : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), plomb (Pb), l'étain (Sn) et le zinc (Zn) [2.3].

II.2.2 Propriété des métaux

Les métaux lourds possèdent deux Propriété [4]:

II.2.2.1 Propriété physique

- État physique: Tous les métaux sont solides à température ambiante à l' exception du mercure qui est liquide à température ambiante (le gallium est liquide sur jours chauds).
- Lustre : Les métaux ont une apparence brillante et peuvent être polis.
- Malléabilité : Les métaux peuvent être battus en fines feuilles.
- Ductilité : Les métaux peuvent être étirés en fil.
- Dureté : la plupart des métaux sont difficiles à couper.
- Conductivité : Les métaux sont de bons conducteurs parce qu'ils ont des électrons libres.
- Densité : Les métaux ont une densité élevée.
- Point de fusion et d'ébullition : Les métaux ont généralement des points de fusion.
- Résistance à la traction : La plupart des métaux possèdent une forte résistance à la traction.

II.2.2.2 Propriétés chimiques

- La configuration électronique : généralement les métaux ont 1 à 3 électrons dans leurs couches extérieures.
- Nature électrochimique : les métaux ont une tendance à perdre les électrons.
- Electronégativité : Les métaux ont généralement une faible électronégativité.
- Possibilité d'alliages : les métaux sont combinés avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés dans plusieurs domaines.
- Agent réducteur : tous les métaux agissent comme des agents réducteurs.
- Formation de complexes : les cations métalliques peuvent former des liaisons ioniques, covalentes ou intermédiaires pour donner des complexes plus ou moins stables.
- Réaction avec les acides : Les métaux diffèrent dans leur réactivité avec les acides ;

La plupart des métaux réagissent avec des acides pour produire des sels et de l'hydrogène.

- Formation des précipités : les métaux lourds participent aux réactions de précipitation avec plusieurs éléments tels que : les sulfures, les carbonates, l'hydroxyde

et les phosphates.

II.2.3 Sources des métaux lourds

Les sources des métaux lourds peuvent être classées en [5] :

II.2.3.1 Sources naturelles

Les sources naturelle des métaux lourds sont diverse telles que

- l'activité volcanique ;
- l'altération des continents ;
- les incendies de forêts ;
- La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses mais sporadiques dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma ;

II.2.3.2 Sources anthropogènes

- Activités pétrochimiques;
- Utilisation de combustibles fossiles (centrales électrique au charbon, chaudières industrielles, fours à ciment);
- Produits (électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents);
- Déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères) ;
- Déchets agricoles ;

II.2.4 Les rejets des métaux lourds dans l'eau

Pendant de nombreuses années, les industries situées à proximité de cours d'eau (pour des raisons de refroidissement de processus, de transport) ont rejeté leurs effluents dans ceux ci. A ce phénomène (de plus en plus limité par l'installation de station d'épuration au sein même des sites industriels), il faut ajouter l'érosion et le ruissellement de l'eau sur les sols et chaussées. L'eau constitue un élément fondamental en matière de pollution, puisque dans le cas des métaux, comme pour d'autres composées, celle-ci va favoriser de nombreuses réactions chimiques. L'eau transporte les métaux lourds, et les inserts dans les chaînes alimentaires (algues, poisson, etc.). Même si les métaux lourds sont le plus souvent présents à l'état de traces, ils n'en restent pas moins très dangereux, puisque leur toxicité se développe par bioaccumulation dans l'organisme [6].

II.2.5 Devenir des métaux dans l'environnement aquatique

Les différentes formes chimiques sous lesquelles peuvent être retrouvés les métaux, dépendent de la physico-chimie du milieu. Par exemple, les métaux dissous peuvent précipiter en cas de changement de pH ou de conditions redox, ce qui peut être le cas au niveau des zones de confluences de cours d'eau par exemple. A mesure que le cours d'eau grandit, la concentration en carbone organique dissous augmente, ce qui favorise la formation de complexes stables entre les métaux et la matière organique. Par ailleurs, par l'activité bactérienne les conditions peuvent devenir anoxiques et réductrices ; les métaux tendent alors à précipiter sous forme de sulfures métalliques. C'est également dans ces conditions réductrices que le mercure est méthyle par des bactéries, puis très fortement accumulé par les organismes vivants [7].

II.2.6 Effets de métaux lourds

II.2.6.1 Effets sur la santé

Les métaux lourds ont des effets toxiques sur les êtres vivants, le cadmium, le mercure et le plomb sont toxiques à très faibles doses. Au-delà d'une certaine concentration, la plupart des métaux deviennent toxiques. Ces ETM pénètrent dans le corps humain direct ou indirect (toxicité chronique) par différentes voies (voie pulmonaire, digestive ou cutanée).

La toxicité des ETM touche plusieurs systèmes vitaux du corps et endommageant leur fonctionnement. Les principaux organes affectés par la toxicité des ML sont le système neurologique et le système rénal ainsi que le système hépatique et le système gastrique; une fois l'un de ces organes atteint les effets deviennent irréversibles. Certains métaux peuvent être cancérigènes (arsenic par exemple) et dégradent les systèmes immunitaires et reproductifs (mercure par exemple).

Le plomb et le cadmium ont un effet toxique et une action oncologique, cet effet entraînant un cancer hépatique, cutané et pulmonaire et modifie les paramètres hématologiques.

Les manifestations cliniques des intoxications aux ETM sont très variées et peu spécifiques ce qui rend leur diagnostic et leur prise en charge difficile [8].

II.2.6.2 Effet d'environnement

L'environnement d'identification est impacté négativement par les métaux lourds. Les résultats des expériences d'écotoxicité terrestre et aquatique détermineront les risques des métaux lourds. Ils peuvent s'accumuler biochimiquement dans les plantes et provoquer des perturbations métaboliques. L'effet toxique varie en fonction de type de métal, concentration de la plante et exposition. L'espèce végétale et la présence potentielle d'autres éléments.

Les métaux lourds peuvent interférer avec un certain nombre de mécanismes, notamment la photosynthèse, l'absorption des nutriments du sol, la germination, la division cellulaire et la croissance, ce qui peut avoir des effets néfastes. Santé des plantes De plus, ces substances provoquent une diminution de la concentration de chlorophylle et l'activité photosynthétique. Bien qu'il y ait parfois des signes visibles d'intoxication par les plantes aux métaux lourds [9].

II.2.7 Métaux lourds utilisés

II.2.7.1 Description de l'élément cobalt

II.2.7.1.1 Définition de cobalt

C'est un élément chimique avec le symbole Co, le numéro atomique 27 et le poids atomique 59. Utilisé en métallurgie (33%) dans les superalliages (22%) et les alliages durs (11%). La majorité (22%) est la fabrication d'accumulateurs, un secteur en plein développement, et un autre secteur (7% est la fabrication d'aimants).

Le cobalt est également utilisé dans des applications non métallurgiques telles que les catalyseurs (11 %), les pigments (9 %), les pneus, les adhésifs et les savons. En 2006, la production mondiale de cobalt était de 55 000 tonnes. Les propriétés chimiques et la formation complexe du cobalt dans les solutions aqueuses sont particulièrement riches [5].

II.2.7.1.2 propriétés chimiques

Tableau .II.1 caractéristiques physico-chimique du cobalt [10].

Numéro atomique	27
Masse atomique (g/mol)	58.9332
Masse volumique à 20 c° (g.cm ³)	8.9
Température de fusion (c°)	1495
Température d'ébullition (c°)	2900

II.2.7.1.3 Utilisation de cobalt

L existe de nombreuses utilisations du cobalt dans la vie humaine. Parmi les plus importants figurent les suivants [11] :

- Utilisez-le pour fabriquer des aimants puissants
- Les alliages de cobalt sont utilisés dans la fabrication de turbines à réaction et de générateurs de turbines à gaz, où la résistance aux hautes températures est importante
- Le cobalt est utilisé dans la galvanoplastie, pour sa beauté, sa dureté et sa résistance à la corrosion.
- Les sels de cobalt sont utilisés pour produire des couleurs bleues dans la peinture, la porcelaine, le verre et la poterie.
- Le cobalt 60 radioactif est utilisé pour traiter le cancer.
- Il est utilisé pour conserver certains types d'aliments.

II.2.7.1.4 Toxicité

La toxicité du cobalt peut être triple, due [12] :

- à ses propriétés chimiques ;
- à la radio toxicité de certains de ses isotopes radioactifs dont le cobalt 60, utilisés pour la recherche et en médecine nucléaire.
- à des actions synergie avec d'autres métaux qui l'accompagnent souvent dans la nature (arsenic (As), et moindrement cuivre (Cu), nickel(Ni), manganèse(Mn).

- Cancérogénicité : il provoque un cancer lorsqu'il est introduit dans un muscle ou sous la peau.
- Métabolisme : il est encore incomplètement cerné, mais on comprend mieux ses liens avec la carence en oxygène (hypoxie) dans les cellules animales.

II.2.7.2 Description de l'élément Plomb(Pb)

II.2.7. 2.1 Définition de Plomb (Pb)

Le plomb est un métal gris terne, ductile, mou et fragile, il se ternit à l'air humide mais est stable vis-à-vis de l'oxygène et de l'eau. Il se dissout dans l'eau pour former le cation incolore Pb^{2+} . L'écorce terrestre renferme environ 0,002% de plomb. Les principaux composés minéraux sont les suivants: galène (PbS), cérusite ($PbCO_3$), crocoïse ($PbCrO_4$) et pyromorphite ($Pb_5(PO_4)_3Cl$) [13].

Tableau II.2 caractéristiques physico-chimique du Plomb

Numéro atomique	82
Masse atomique	207,2 g .Mol ⁻¹
Conductivité électrique	0,0481
Point de fusion (°C)	327,4
Point d'ébullition (°C)	1740
Densité (g/cm ³)	11,34

II.2.7.2.2 Utilisation de plomb [14]

- Raffinerie
- Batteries et autres appareils électriques
- Pigments et peintures
- stabilisant de peintures protectrices
- Alliages et soudures
- Biocides (pesticides, herbicides)
- Agents de catalyse
- Verre

- Engrais
- Matières plastiques
- amortisseurs

II.2.7.2.3 Toxicité

L'exposition au plomb peut entraîner des effets nocifs sérieux sur la santé, et peut même être mortelle à de fortes doses. Le plomb peut s'accumuler dans le corps, et son exposition, même à de très faibles doses, peut s'avérer dangereuse.

Le plomb est particulièrement nocif pour les nourrissons, les jeunes enfants et les femmes enceintes, et peut nuire de façon permanente au développement des enfants, y compris le développement intellectuel et le développement comportemental [15].

II.3 Les colorants

Dans un monde où tout est coloré, nos vêtements, nos aliments, nos produits cosmétiques, pharmaceutiques, etc. Ces colorants sont de plus en plus des colorants de synthèse, en raison de leur facilité de synthèse, de leur rapidité de production et de leur grande variété de couleurs si on les compare aux colorants naturels. Aujourd'hui, les colorants de synthèse constituent une véritable industrie et un capital de la chimie moderne. La diversité structurale des colorants de synthèse dérive à la fois de la diversité des groupements chromosphériques qui les composent (groupements azoïque, anthraquinone, triarylméthane et phtalocyanine) et de la diversité de la technologie d'application (coloration réactive, directe, disperse et de cuve). Les vêtements que nous portons sont fabriqués à partir de fibres textiles colorées à l'aide de différentes teintures leur donnant leur couleur définitive [16].

II.3.1 Définition d'un colorant

Un colorant est un composé organique capable d'absorber certaines radiations lumineuses et diffuser les radiations complémentaires, cette propriété résulte à la présence de certains groupements de caractère «Chromophores» et «Auxochromes» dans leur structure moléculaire [17].

Tableau II.3 principaux groupes chromophores et autochromes ; classés par intensités activités

Groupes Chromophores	Groupes auxochromes
Azo (-N= N-)	Amino (-NH ₂)
Nitroso (-NO ou-N-OH)	Amine secondaire (-NHR)
Carbonyl (=C=O)	Amine tertiaire (-NR ₂)
Vinyl (-C=C-)	Hydroxyle (-OH)
Nitro (-NO ₂ , ou-NO-OH)	Alkoxy (-OR)
Sulphur (C=S)	(-Cl-)

II.3 .2 Classifications des colorants

Les colorants peuvent être classés en [16] :

II.3 .2.1 classification chimique

➤ colorants anthraquinoniques

Point de vue commercial, après colorants, les colorants anthraquinoniques sont les plus importants. Formule générale dérivée de anthracène, le chromophore de groupes amidols sont dérivés. En conséquence, le bleu indigo.

Homologues qui sont séléniés, aigres et oxygénés ont des effets significatifs sur le spectre des couleurs, provoquant des teintes allant de l'orange au turquoise

➤ colorants xanthènes

Ont une forte fluorescence, la fluorescéine étant la plus notoriété de ses composants. Moins couramment utilisés comme colorants, leur usage est bien établi comme marquage lors d'accidents maritimes ou comme traces d'évaporation pour les rivières souterraines, flux de décharge, etc.

➤ **colorants nitrés et nitrosés**

Les colorants nitrés et nitrosés forment une classe de colorants très limitée en nombre et relativement ancienne. Ils sont actuellement encore utilisés, du fait de leur prix très modéré lié à la simplicité de leur structure moléculaire caractérisé par la présence d'un groupe intro (-NO₂) en position ortho par rapport à un groupement électro donneur (hydroxyle ou groupes aminés).

➤ **colorants indigoïdes**

Les colorants indigoïdes tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues sélénié, soufré et oxygéné du bleu indigo provoquent d'importants effets hypochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise.

➤ **phtalocyanines**

Les phtalocyanines ont une structure complexe basée sur l'atome central de cuivre. Les colorants de ce groupe son obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt...).

II.3 .2.2 classification tinctoriale

➤ **Colorants acides ou anioniques**

Ils sont nommés ainsi car ils permettent de teindre certaines fibres acryliques modifiées (nylon, polyamide), ainsi que certaines fibres animales (laine et sole), dans un bain légèrement acide. Ceci est rendu possible par le fait qu'ils sont très soluble dans l'eau. Le composant acide sulfonique du colorant et les groupes amino des fibres textiles interagissent ioniquement pour former l'affinité colorant- fibre .

➤ **Couleurs fondamentales ou cationiques**

Classe de colorants connus pour leurs subtilités colorées brillantes et leurs ions positifs. Les grosses molécules solubles dans l'eau constituent la majeure partie des molécules qui composent les colorants de base . Ils sont directement liés au cuir et au lin et peuvent être appliqués au coton. La grande stabilité des colorants de base sur ces fibres.

II.3 .3 Application Utilisation des colorants

Les colorants sont utilisés dans de nombreux domaines, dont les plus importants sont les suivants [16] :

- Textiles : 60%
- Matière plastique et élastomères : 10%
- Cuirs et fourrures : 3%
- Papiers : 10%

II.3.4 Toxicité des colorants

Nombreuses stations d'épuration des industries textiles rejettent des quantités importantes d'eau et des boues colorées dans la nature. Ces rejets peuvent se transmettre à l'être humain par [18]:

- Action du vent (poussière en été)
- Infiltration du colorant dans les nappes phréatiques
- La chaîne alimentaire (végétaux, animaux).

L'accumulation des doses du colorant sur certains sites de l'organisme provoque des cancers. Cette toxicité, donc pourrait être liée à la diminution de l'oxygène dissout dans ces milieux. Par ailleurs, leur très faible biodégradabilité.

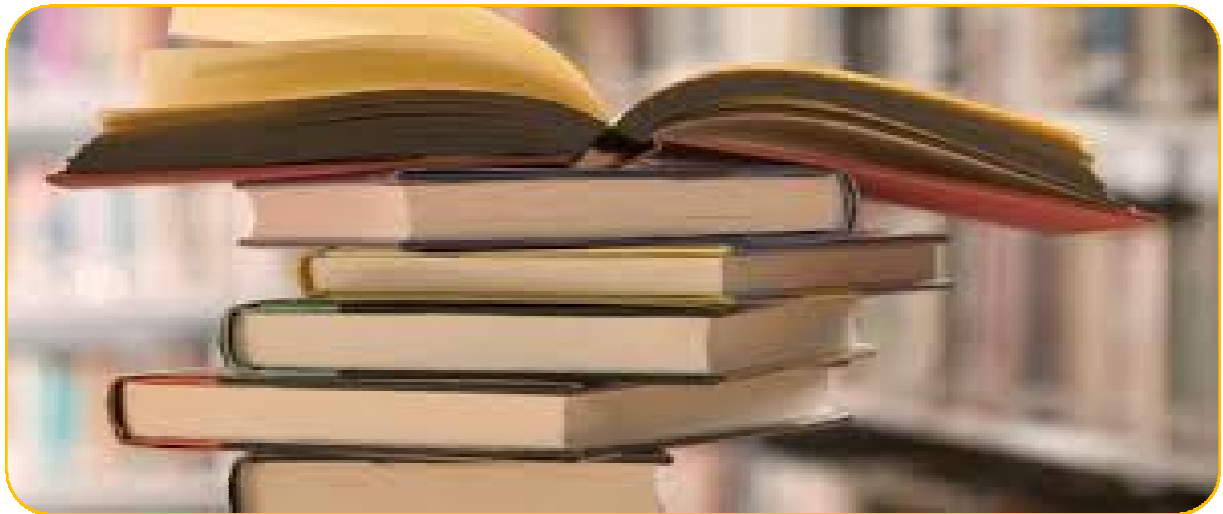
Références bibliographiques

1. **Boumesrane, omar.; Bounour,Amir.** *l'élimination des polluants industriels par l'adsorption sur charbon actif et par laa dégradation photocataytique (Tio₂/uv)mémoire de mastre .* Université de kasdi merbah ouargla, 2015.
- 2 **Adriano, D.C.** Trace elements in terrestrial environments. Biochemistry bioavailability and risks of metals, 2 Edition new york: Springer-Verlag ,2001, p 867.
3. **Fergusson, J E.** Heavy metals pollution by traffic in Choustchurch, New Zealand: Lead and cadmium content of dust, soil, and plants. New Zeal J Sci, 1980, vol 23, p2830.
4. **Amrane, Chahrazad.** *Analyse et traitement des métaux lourds des rejets industriels : développement de méthodes chimiques.* 2018.
5. **Fouzia, Derkaoui Fatma Hamzi.** *Elimination des métaux lourds par adsorption sur biomatériaux.* ,2020.
6. **Chapma,D.** *Water quality assessments et FNSPON second édition.(UNESCO/WHO/UNEP).* 1996.
7. **Gaudillot, J.P. Blanquet - V. Bonnomet - M. Coquery - A. Devenir et comportement des métaux.** Rapport technique Ministère de l'Écologie et du Développement Durable Direction de l'Eau 20, avenue de Ségur – 75302 PARIS 07 SP , MARS 2004.
8. **ABID, Asma ., Daroui, Meriem.** Les intoxications par les métaux lourds. 2022.
9. **Ouzani, Assia.; Ouldali, Maria.** *Elimination des métaux lourds par support naturelle,* 2019.
10. **Mihoub, Abderrahim .; Khaldi, Omar .;Laidi, Maamar .; Hanini, Salah.** *Contribution à l'étude de l'adsorption multi-composant (tertiaire) des métaux.,* 2018.
11. https://mawdoo3.com/ما_عنصر_هو_ما/#الكويالت.D8.A7.D8.B3.D8.AA.D8.AE.D8.AF.D8.A7.D9.85.D8.A7.D8.AA_.
12. **Benhaddou, Halima.** *Séparation et pré-concentration du Ni(II) et du Co(II) par la technique de membrane liquide Volumique(MLV).* Memoire de master l'universite aboubekr belkaid- tlemcen , 2014.
13. **Daho, Bouabdellah.** *etude de la fixation du cadmium et du plomb(cd²⁺, pb²⁺)sur la resine synthetisee« acide salicylique-phenol-formaldehyde ». université ibn khaldoun- tiaret ,2005.*
14. **J.-M. BRIGNON, L. MALHERBE, S. SOLEILLE.** *les substances dangereuses prioritaires de la directive cadre sur l'eau fiches de données technico-économiques.* rapport final Ministère de l'Écologie et du Développement Durable Direction de l'Eau20, avenue de Ségur – 75302 PARIS 07 SP . Janvier 2005.

15. **J. Varet, BRGM.** *Communication au colloque « Santé-Environnement », Les Risques Cachés.* 29septembre (1999).
16. **Mansour,Hedi Ben., Boughzala, Oualid.; Dridi, dorra.; Barillier, Daniel.; Chekir-Ghedira, Leila .; Mosrati, Ridha.** *Les colorants textiles sources de contamination de l'eau : CRIBLAGE de la toxicité et des méthodesde traitement.* Revue des sciences de l'eau ,2011,vol 24:3 209-238.
17. **Khadidja, Namu Ahlem Hilsa Thuil Aya.** *Synthèse et caractérisation du nanocomposite PANI/Mag-Na et son application dans l'élimination de polluants organiques par adsorption.* universite moulay tahar.saida , 2022.
18. **Metidji, Faiza.; Benaissa, Lydia.** *Étude de l'élimination des colorants par adsorption sur un matériau lignocellulosique activé.* université yahia fares –medea . 2020.

CHAPITRE III

NOYAUX DE DATTE



III.1 Palmier dattier

III.1.1 Historique du Palmier dattier

Le palmier dattier est une espèce monocotylédone, arborescente, dioïque et diploïde. Il a été dénommé *Phoenix dactylifera* L. par Linné en 1734. Ce nom provient du mot « Phoenix » qui signifie dattier chez les phéniciens, et « dactylifera » dérive du terme grec « dactylos » signifiant doigt, allusion faite à la forme du fruit. Une autre source mentionne le nom de l'oiseau légendaire égyptien, qui était capable de résister et même de renaître, après avoir connu le feu. Selon le glossaire l'intermédiaire des Terminologie doctrinale, le palmier dattier est considéré par les arabes comme arbre noble, ils lui ont donné le nom de « NAKHLA » qui signifie le pur, le meilleur ou l'essentiel.

Le palmier dattier offre de larges possibilités d'adaptation, c'est une espèce ayant une activité qui se manifeste à partir d'une température de (+7 à +10) °C. La température de 10°C est le zéro de la végétation. L'intensité maximale de végétation est atteinte à des températures supérieures à 30 °C, elle se stabilise ensuite et commence décroître à partir de (38-40) °C [1].



Figure III.1 : Palmier dattier *Phoenix dactylifera*.L.[2]

III.1.2 Classification du palmier dattier

- Famille : Palmacées
- Tribu : Phoenicées
- Groupe : Spadiciflores
- Genre : Phoenix
- Sous-famille : Coryphoïdées
- Ordre : Palmales
- Espèce : Phoenix dactylifera L. [3]

III.1.3 Répartition géographique du palmier dattier

III.1.3.1 Dans le monde

Le nombre des palmiers dattiers est estimé à plus de 100 millions. Sa répartition, présente que l'Asie est en première position avec 60 millions de palmiers dattiers (Arabie saoudite, Bahreïn, Émirats arabes unis, Iran, l'Irak, le Koweït, Oman, Pakistan, Turkménistan et Yémen); tandis que l'Afrique est en deuxième position avec 32,5 millions de palmiers dattiers (Algérie, Egypte, Libye, Mali, Maroc, Mauritanie, Niger, Somalie, Soudan, Tchad et Tunisie) [4].

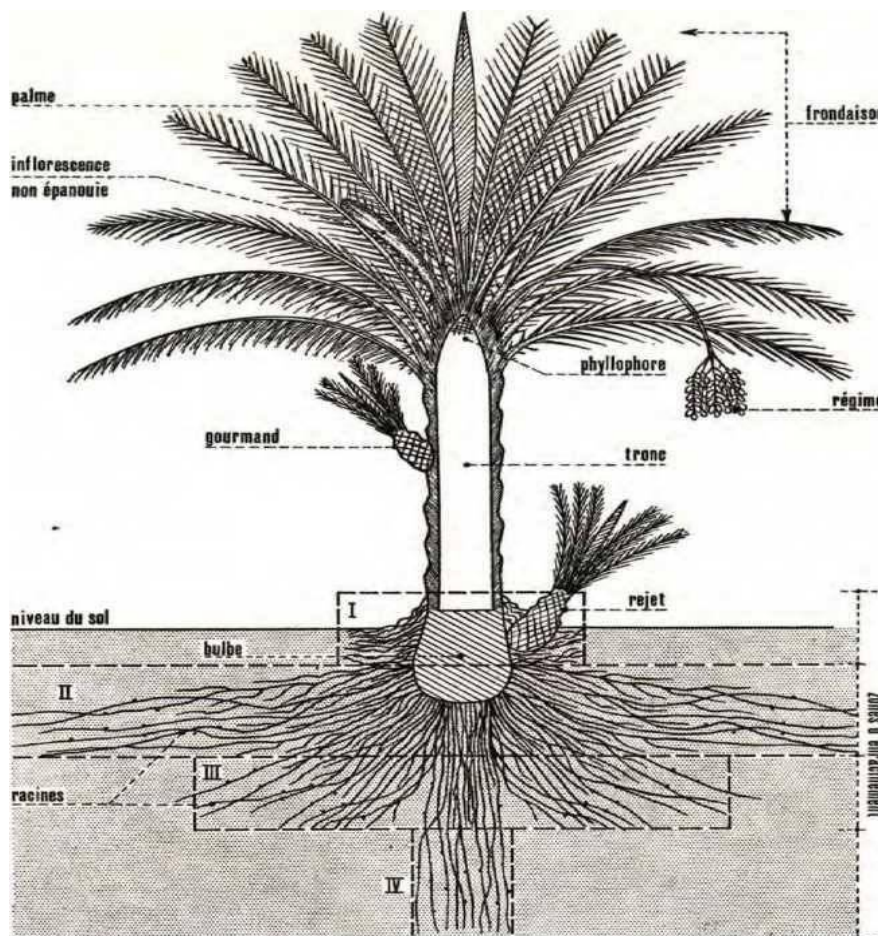


Figure III.2 : Répartition géographique du palmier dattier dans le monde [5].

I.1.3.2 En Algérie

Les statistiques les plus récentes (2015) du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR), le palmier dattier occupe en Algérie une superficie évaluée à 167.000 hectares, environ 2% pour un nombre de palmiers estimé à plus de 18,6 millions d'unités. La culture du palmier dattier occupe toutes les régions situées sous l'Atlas saharien, commençant par les palmeraies de Biskra (Tolga) à l'Est, puis celles du M'Zab au centre et de Bni-Ounif à l'Ouest. A l'extrême Sud du Sahara, l'Oasis de Djanet constitue la limite méridionale de la palmeraie Algérienne. C'est dans le Nord-Est du Sahara qu'on trouve le 3/4 du patrimoine phoenicicole, à la région de Ziban, d'Oued-Righ et la cuvette d'Ouargla. On trouve également de petites palmeraies dans le sud des wilayas steppiques (Tbessa, Khenchla, Batna, Djelfa, Laghouat, Naâma, El Bayadh) [6].

III.1.4 Caractéristique morphologique:



Schémas III.1 : schématique des différentes parties d'un palmier dattier adulte [5]

III.1.4. 1 Les racines [7]

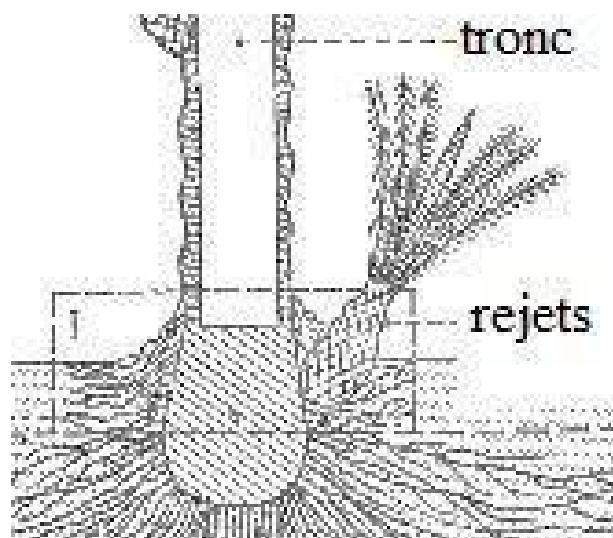
Le système racinaire est dit fasciculé, c'est-à-dire qu'il est disposé en faisceaux de racines, parfois ramifiées avec beaucoup ou peu de radicelles, selon qu'elles se trouvent ou non au contact d'amendements humiques. Il est sans pivot, c'est-à-dire sans racine pivotante. Il existe quatre types de racines et ils sont les suivants :

- Les racines respiratoires
- Les racines nutrition
- Les racines d'absorption
- Les racines du faisceau pivotant

III.1.4.2 Tronc et rejets [1]

Le tronc, qu'on appelle généralement « stipe », est cylindrique, c'est-à-dire d'un même diamètre de bas en haut, sauf à la base, où l'on trouve les racines Respiratoires . Le tronc pousse au fur et à mesure de la croissance du bourgeon Terminal, ou apex, ou encore phallophore et de l'émission des palmes.

A la base, se trouve des racines respiratoires, qui poussent en faisant éclater les Pétioles (kronas). On y trouve également les rejets Dans la partie médiane, se trouve les pétioles (kronas). Les pétioles, sont les bases pétrolières du palmier qui restent collées au stipe après la mort de la palme. Ils se dessèchent à leur extrémité et assurent une protection du tronc.

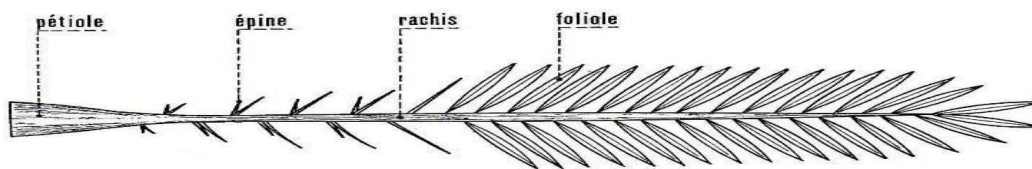


Schémas III.2: Schéma du tronc et les rejet [1].

III.1.4.3 Feuilles

A l'état jeune, les feuilles sont entières engainantes à nervation pennée, ce qui est observé chez la plus part des monocotylédones .ces feuilles juvéniles ont un limbe chlorophyllien et une gaine de couleur blanc-jaunâtre [8].

En passant à l'état adulte , le limbe se déchire pour former une feuille composée, de pennes insérées de part et d'autre d' un rachis, ce dernier s'élargit à sa base pour former un pétiole , les feuilles , dites palmes , demeurent en activités pendant plusieurs années (4 à 7 ans) puis jaunissent , se dessèchent et meurent .les palmes sont composées de folioles pliées longitudinalement en gouttière[9].



Schémas III. 3 : Schéma d'une palme [5].

III.1.4.4 Graines

Le poids de graine varie de 0.5 à 4 g, sa longueur sont respectivement de 12 à 36 mm et de 6 à 13 mm. on assiste tout d'abord au soulèvement de l'opercule qui permet l'émergence de l'extrémité radiculaire poussée par le pétiole cotylédonaire qui s'accroît considérablement et renforce profondément en terre. Ils fleurissent vers la cinquième année [10].

III.1.4.5 Inflorescences

Le palmier dattier est une plante dioïque .les inflorescences apparaissent après le développement des bourgeons axillaires, à l'aisselle des palmes de la couronne foliaire [9].

III.1.4.6 Fleurs

Sont unisexuées, sessiles portées par des épis composés 'le spadice' qui est enveloppé d'une bractée ; membranaire 'la spathe' qui s'ouvre après maturité, suivant la ligne médiane du dos [9].

III.1.4.7 Fruits

Les fruits du dattier sont appelés dattes et sont groupés en régimes. La datte est une baie contenant une seule graine, vulgairement appelée noyau. La datte est constituée d'un mésocarpe charnu, protégé par un fin épicarpe. Le noyau est entouré d'un endocarpe parcheminé, il est de forme allongée, plus ou moins volumineux, lisse ou pourvu de protubérances latérales en arêtes ou ailettes, avec un sillon ventral ; l'embryon est dorsal, sa consistance est dure et cornée [11].

III.1.5 Domaines d'utilisation des déchets de palmier dattier

Les déchets de la palme constitués de fibres ne sont exploités que d'une artisanale pour des applications traditionnelles, par exemple dans l'artisanat (la fabrication de chapeaux, paniers et tapis...etc.) mais également dans la construction (charpentes de maison) [12].

III.2. Généralité sur Les dattes et les noyaux de dattes

III.2.1 Description des dattes

III.2.1.1 Définition des dattes [13.14]

La datte, fruit du palmier dattier, est une baie, généralement de forme allongée, ou arrondie, datte est une baie, de forme généralement allongée, leurs dimensions sont très variables de 1,5 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 20 g. Leur couleur va du blanc jaunâtre au sombre très foncé presque noir, en passant par les ambres, rouges et bruns elle est composée d'un noyau ayant une consistance dure, entouré de chair. La partie comestible de la datte, dite chair ou pulpe, est constituée de:

- Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau.
- Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et les variétés, le climat ainsi que la période de maturation:
 - ✓ Molle : le mésocarpe est très humidifié avec peu de saccharose (31%d'eau)
 - ✓ Demi molle : telle que la Deglet Nour (18% d'eau).
 - ✓ Sèche : telle que la Degla Beida, Hamraia et la MechDegla (12%d'eau).

III.2.1.2 Classification des dattes

Du point de vue biochimique pour (Munier ,1973) les dattes sont classées en trois catégories selon leurs consistances molles, demi-molles et sèches [13].

Tableau III.1. Classification des dattes selon leur consistance [15].

Consistance	Variétés	Caractéristiques
Molle	Ahmer(Mauritanie), Kashram et Miskhrani (Egypte, Arabie saoudite)	Humidité supérieure $\geq 30\%$. Riches en sucres invertis (Glucose et Fructose)
Demi-molle	Deglet Nour(Algérie), Mahjoul (Mauritanie), Sifri et Zahidi (Arabie saoudite)	- $20\% < H\% < \text{à } 30\%$ - 50% saccharose et 50% glucose + fructose
Sèche	Degla Beida et Mech Degla (Tunisie et Algérie) et Amsrie	$H\% < 20\%$ - Riches en saccharose

III.2.1.3 Compositions chimiques de datte

Tableau III.2 Compositions chimiques de datte .

Valeur nutritionnelle pour (100grammes)	
Énergie alimentaire	1178kj
Les glucides	75,03g
sucres	63.35g
Fibres alimentaires	8g
Protéines totales	2,45
L'eau	20.53
Graisses	0.39g
vitamineB1	0.052mg (4%)
vitamineB2	0.066mg (4%)
vitamineB3	1.274mg (8%)
vitamineB5	0.58mg (12%)

vitamineB6	0.165mg (13%)
vitamineB9	19mcg (5%)
Vitamine c	0.4mg(1%)
Vitamine E	0.05mg
Vitamine k	2.7 µg (3%)
calcium	39mg (4%)
fer	1.02mg (8%)
magnésium	43g (12%)
manganèse	0.262(13%)
phosphoreux	62mg (9%)
potassium	656mg (14%)
sodium	2mg
zinc	0.29mg (3%)

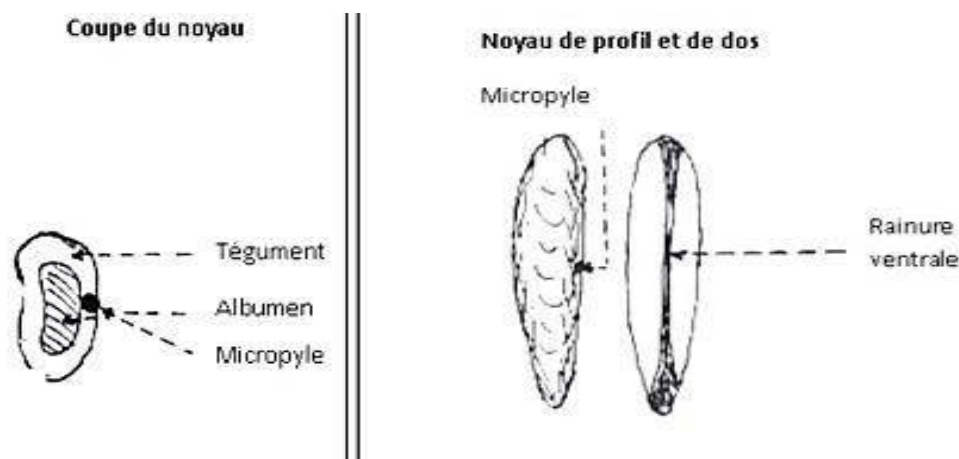
III.2.1.4 Bienfaits des dattes [16]

- Il traite l'anémie et prévient les troubles nerveux grâce au pourcentage qu'il contient Riche en sucre et en potassium.
- Sécrétion d'hormones qui stimulent la sécrétion de lait pour les femmes qui allaitent, telles que l'hormone prolactine En effet, il contient de la glycyrrhizine et de la thréonine.
- L' est utilisé pour traiter les cas de constipation chronique car il stimule le transit intestinal et sa souplesse avec ce qu'il contient de fibres cellulosiques.
- Prévention du cancer : Les dattes et les dattes font partie des aliments les plus importants qui jouent un rôle préventif Contre le cancer car il contient des phénols et des antioxydants.

III.2.2. Description des noyaux des dattes [17]

Le noyau couleur, sa forme et ses dimensions sont d'une importance mineure dans l'identification des variétés. Contrairement à Le pollen ayant assuré la fécondation (xénie) a un effet marqué sur les dimensions du noyau et avec une faible étendue sur sa forme et sa couleur.

- La forme du noyau, chiffrée par le rapport de la longueur sur le plus grand diamètre, varie généralement dans le même sens que la forme du fruit ; mais la forme générale prise dans le sens des contours peut être différente.
- La position du pore germinatif est parfois utile dans l'identification notamment s'il est proche soit de la base soit du sommet. Cette position peut également être à mi- longueur.
- Le sillon ventral peut être fermé ou ouvert. S'il est ouvert, il peut varier dans la largeur et la profondeur.
- La couleur du noyau peut aller du beige clair à marron assez foncé selon les variétés. La surface du noyau est partiellement ou totalement granuleuse.



Schémas .III. 4 Figuration schématique de noyau de datte [18]

III.2.2.2 Composants biochimiques du noyau de datte

Le pourcentage de la graine dans le poids total du fruit est estimé à environ 7 à 30%, car il contient un endosperme solide enrobé d'une membrane cellulosique. Les graines de datte sont une source importante de fourrage pour les animaux car elles contiennent des substances importantes qui sont équivalentes à l'orge dans leur valeur nutritive [19].

Tableau III.3: Composition chimique des graines de palmier dattier [20].

Composants	l'eau	protéines	sucres	graisses	cellulose	cendres
Pourcentage%	6.46	62.51	5.22	8.49	16.20	1.12

Tableau I.4. Composition chimique du cultivar khalas [19].

	Chair de la datte	Noyau de datte
Humidité (%MS)	24.2	6.7
pH	6.2	5.6
Azote(%MS)	0.6	3
Matière grasse (%MS)	1.3	8.7
Fibres (%MS)	3.9	16.8
Cendres (%MS)	3.6	5.1
Calcium(mg/1000g)	183	/
Phosphore (mg/100g)	165	/
Fer (mg/100g)	8	/

III.2.2.3 Domaines d'utilisation des noyaux de datte

Le noyau de datte présente de nombreux avantages dans divers domaines.

III.2.2.3.1 Domaine de la santé [21]

- utilisation du noyau de datte sous forme de comprimés pour absorber les gaz de l'appareil Traitement intestinal des flatulences et absorption de certaines substances toxiques.
- Les pierres de datte aident à soulager les maux de dents en cassant les graines et en les plaçant dans la bouche Et émulsionnez-le, de sorte que la substance qu'il contient agit comme un anesthésique car il a un goût astringent.
- Certaines recherches médicales égyptiennes ont trouvé un nouveau traitement contre la goutte Poudre de graines de dattes en raison de sa forte teneur en substances alcalines.
- En raison du fait que les graines de dattes contiennent de nombreux nutriments importants et efficaces, notamment : Protéine et acide nicotinique, carotène, substances toxiques, hormone pitocine, vitamine thiamine, Ribovaltin, potassium, fer, phosphore,

- calcium, il a donc plusieurs utilisations pour la santé Comme c'est un tonique général, antiseptique, laxatif, pour le traitement de la gonorrhée, des cas d'asthme, ainsi qu'un astringent Les vaisseaux de l'utérus après l'accouchement et un laxatif pour les muqueuses.

III.2.2.3.2 Industrie alimentaire

- Utiliser des noyaux de dattes comme substitut du blé
- utiliser un noyau de datte pour faire du savon car il contient de la graisse
- Utiliser comme substitut du cacao **[16]**

Référence Bibliographie

1. **Khelifi, Omar.** « *Etude de l'adsorption du nickel et du cuivre sur un charbon actif préparé à partir des boues de station d'épuration* ». thèse doctorat université 8 mai 1945 guelma , 2018 .
2. **Abaibia, H . ;Rachedi, H.** *caractérisation nutritionnels et morphologiques de trois variétés de dattes : « deglet-nour », « mech-degla », « ghars ».* memoire master en sciences agronomiques (contrôle de qualité des aliments) université abdelhamid ibn- Badis .mostaganem,2018.
3. **Feldman, M.** *Taxonomie classification and names of wild, cul and moderne cultivated wheats.* Evolution of Crop Plants. Longman, London,1976,p 120-128.
4. **Senoussi, M.; Chenouf, Ch.** extraction et caractérisation physico-chimique del'huile des noyaux de dattes (ghars, deglat-nour, meche- degla). mémoire de université mohamed el bachir el ibrahimi- b.b.a, algérie , 2019.
5. **Munier, P.** *Le palmier dattier.* Ed. G-P. Maisonneuve et larose. paris . 1973,p. 221.
6. **Buelguedj, M.***Evaluation du sous-secteur des dattes en Algérie.* Inraa el-harrach,2007.
7. **BAALI , Messaoud.** contribution a la caracterisation et al'exploration de la microstructure et des proprietes des constituants du palmier. université mohamed khider -biskra , 2012.
8. **Saoud, Seddik.** *Etude statistique de maladie phongiqueporriture de fruits(Alternariasp) dans la region Oued-souf.* Mémoire de Master Biochimie thèse, universite Biskra. : s.n., 2013.
9. **Amor, Difallah.** *Etude de l'évolution de la consommation énergétique'irrigation des palmiers et le potentiel d'intégration dubioéthanol des déchets des dattes .* Mémoire de Master Energétique universite kasdi merbah ouargla , 2014 .
10. **Djerbi, M.** *Précis de la phoeniciculture..* Italie, Ed., FAO., Rome, 1994 , p. 102.
11. **Ben Cheikh, A.** « *Les Champignons Accompagnés De L'embryon Du Palmier Dattier* ». Mémoire de magister, Université KasdiMerbah, Ouargla, Algérie , 2011. p. 75.
12. **Djoudi, T.** *Elaboration et caractérisation de composites bio-sourcés à base de fibres de palmier dattier.* Université Mohamed Khider-Biskra, 2019.
13. **Aliat, R.; Doudou, A.** *Analyses physico-chimique et microbiologique du vinaigre de datte.* mémoire de master microbiologie .Université mohamed khider de biskra , 2022.
14. **Fedjiri, Soumia.** *Adsorption des ions Ni²⁺ sur les noyaux de dattes issus de la variété Ghars* phd thesis; 2012.
15. **Espiard, E.** *Introduction à la transformation industrielle des fruits.* [ed]Tech et Doc. Lavoisier, 2002. p. 174 -155.

16. فيزيولوجية لخمس أصناف من التمور في منطقة -المساهمة في دراسة الخصائص المورفو .ديبيلي خولة,جديدي سهية. 2017, قسم البيولوجياكلية علوم الطبيعة والحياة جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي وادي سوف
17. **Attallah, K .;Moussaoui, H.;Ben lahcene ,F.** *Etude de l'extraction et composition chimique d'huile de noyaux de dattes dans la région d'adrar.* universite ahmed draia-adrar , 2022.
18. **Belguedj, M.***Caractéristiques des cultivars de dattes dans les palmeraies.* INRAA. El-Harrach Alger,2001, Vol. 11..
19. **Espirad , E.** *Introduction à la transformation industrielle des fruits.* [éd.] tech et doc lavoisier. 2002. p. 360.
20. **Munier, P.** *Le palmier-dattier.* Maisonneuve et larose. paris , 1973. p. 19-22.
21. **الفدا, س.** 2016. *أنواعها وأهميتها الاقتصادية .المنتجات الثانوية للنخيل - الفدا, س.* p. 65-70

CHAPITRE IV

MATERIELS ET METHODES DE CARACTERISATION



IV.1 Introduction

L'objet de ce chapitre est de présenter les protocoles expérimentaux utilisés, ainsi que la technique et les méthodes d'analyse utilisées, ainsi que les lois utilisées pour calculer la quantité et le rendement.

IV.2 Réactif utilisés

Tableau. V.1:Récapitulatif des réactifs utilisés

Réactifs	Formule brute	Fournisseurs
Sulfate de cobalt	$\text{CoSO}_4(7\text{H}_2\text{O})$	BIOCHEM
Nitrate de plomb	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	Honeywell
bleu méthylène	$\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$	Stains
Acide acétique	CH_3COOH	Honeywell
Acétate de sodium	CH_3COONa	Pro analytique
Acide chlorhydrique	HCl	Honeywell
Hydroxyde de sodium	NaOH	Riedel-de Haen
Arsenazo III	$\text{C}_{22}\text{H}_{18}\text{As}_2\text{N}_4\text{O}_{14}\text{S}_2$	Honeywell

IV.2.1 Appareils et instruments utilisés

- Spectrophotomètre UV-Visible modèle «shimadzu, UV min-1240»
 - Spectrophotomètre IR
- Agitateur magnétique à plateforme agitatrice
 - Balance analytique électronique
 - pH-mètre

- Centrifugeuse
- Etuve

IV.2.2 Verreries

- Cristallisoirs
- bécher 100 ml, 50 ml
- erlenmeyers
- fioles 100 ml, 50 ml, 250 ml
 - fioles jaugées
 - verre de montre
 - spatule
 - Cuvee
- Pipette graduée
- Pissette
- Tubes à essais

IV.3 Techniques d'analyses utilisées

IV.3.1 Spectrophotomètres UV-Visible

La spectrophotométrie UV-visible est une technique analytique fondée sur l'étude du changement de l'intensité de la lumière traversant une solution colorée, dans un domaine d'application comprise entre 200 et 800 nm, en effet pour pouvoir déterminer les concentrations des substances absorbantes.[1]

La spectrométrie ultraviolet-visible est une technique de spectroscopie mettant en jeu les photons dont les longueurs d'onde sont dans le domaine de l'ultraviolet (200 nm-400 nm), du visible (400 nm-750 nm) ou du proche infrarouge (750 nm -1400 nm). Soumis à un rayonnement dans cette gamme de longueurs d'onde, les molécules, les ions ou les complexes sont susceptibles de subir une ou plusieurs transitions électroniques, Les substrats analysés sont le plus souvent en solution, mais peuvent

également être en phase gazeuse et plus rarement à l'état solide. Le spectre électronique est la fonction qui relie l'intensité lumineuse absorbée par l'échantillon analysé en fonction de la longueur d'onde. [2]



Figure IV.1Appareil de spectrophotomètre UV-Visible

Le principe de la spectroscopie UV est basé sur l'absorption de composés chimiques de la lumière ultraviolette ou visible, ce qui entraîne la formation de spectres différents. L'interaction de la lumière et de la matière est à la base de la spectroscopie. L'excitation et la désexcitation se produisent lorsque la matière absorbe la lumière, ce qui entraîne la formation d'un spectre.

Lorsque la matière absorbe la lumière ultraviolette, les électrons à l'intérieur deviennent excités. Cela les amène à passer d'un état fondamental (un état énergétique auquel est associée une petite quantité d'énergie) à un état excité (un état énergétique avec une quantité d'énergie relativement importante). Il convient de noter que la différence entre les énergies des états fondamental et excité de l'électron est toujours égale la quantité d'énergie ultraviolette ou visible qu'il absorbe. [3]

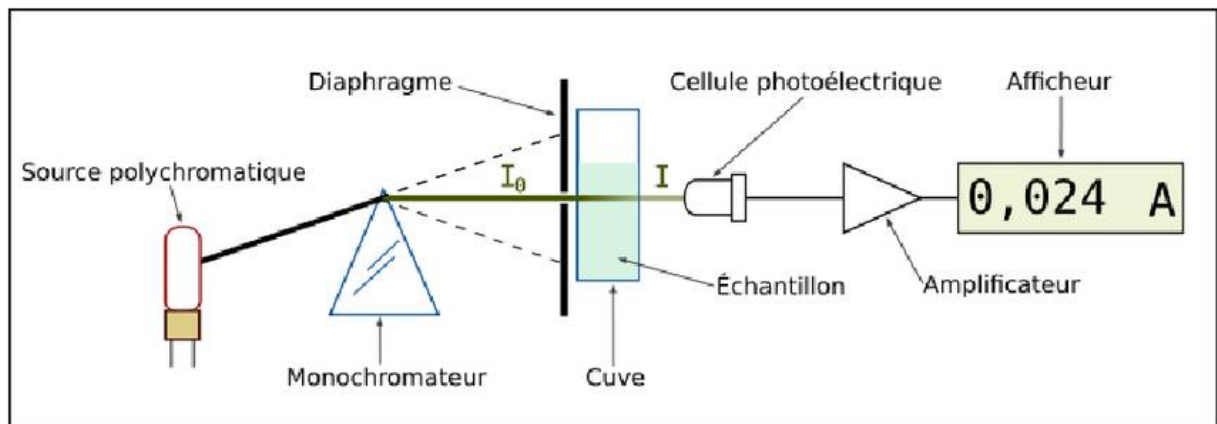


Figure IV.2 principe de fonctionnement d'un spectromètre UV-visible.

La loi de Beer-Lambert :

$$A = \log(I_0/I) = \epsilon \cdot L \cdot C$$

A : Absorbance

ϵ : coefficient d'extinction molaire ($\frac{\text{mol}}{\text{cm} \cdot \text{L}}$)

L : épaisseur de cuve (cm)

I_0 : intensité incidente

I : intensité transmise.

IV.3.2 Spectrophotomètres infrarouge

La spectroscopie infrarouge est une technique d'analyse rapide permettant d'identifier rapidement les fonctions chimiques des molécules présentes dans les matériaux analysés (solides, liquides ou plus rarement gazeux). Cette technique repose sur l'absorption par l'échantillon de radiations électromagnétiques infrarouges comprises entre 1 et 50 μm (micromètre). Cette bande spectrale est divisée en proche infrarouge (de 1 à 2.5 μm) et en moyen infrarouge (de 2.5 à 50 μm). Le moyen infrarouge est utilisé pour identifier des molécules organiques dont il permet de garder une sorte d'empreinte digitale. Selon le matériau analysé et des informations souhaitées, la spectroscopie infrarouge peut être complétée par d'autres techniques analytiques comme la spectroscopie UV-visible ou la spectroscopie Raman [4].

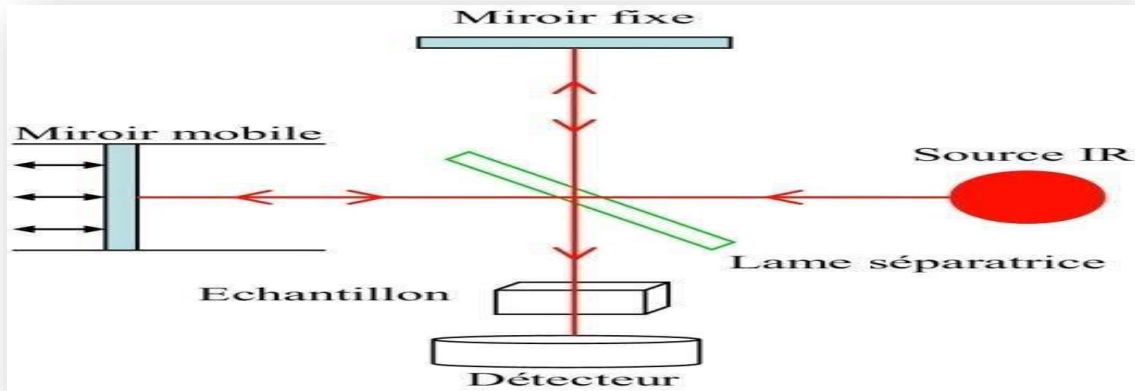


Figure IV.3 Schéma de principe d'un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier

IV.4 .1 Protocol de traitement du matériau utilise

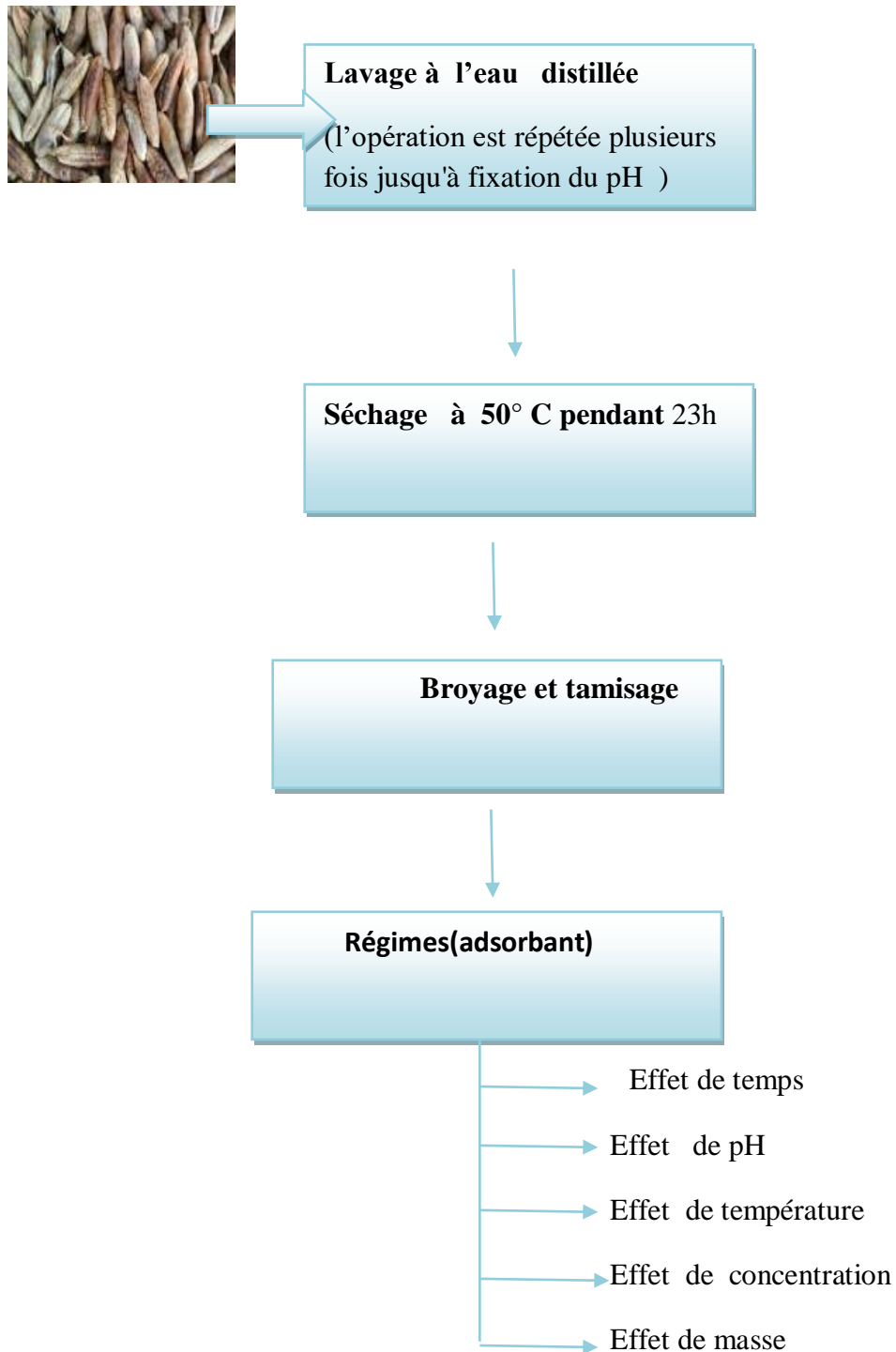


Figure IV.4 Protocole de travail

IV.4 Préparation du matériaux:

- **Lavage :** Après lavage plusieurs fois les noyaux de dattes avec de l'eau distillée et en même temps nous mesurons le pH. Ce processus continue jusqu'à ce que l'eau devienne transparente et que le pH soit stabilisé (8.56-8.67).
- **Séchage:** A ce stade, Le séchage des noyaux de datte à une température de 50C°, jusqu'à ce que la masse du matériau soit stabilisée pendant environ 23 heures

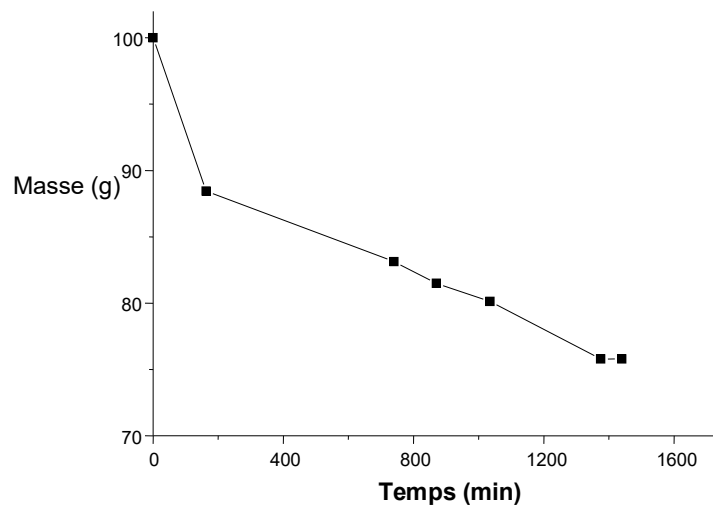


Figure V.3 évolution de la masse de noyaux de datte

- ✓ L'évolution de la masse de noyaux de datte donne une perte de masse de 75.75g pendant un temps de 23h.
- **Broyage et tamisage :** Après séchage, broyage du noyau de datte jusqu'à ce qu'il devienne une poudre, puis on le tamise à l'aide d'un tamis de diamètre 90A°.

IV.5 Protocole expérimentale d'adsorption des métaux lourds et colorant

IV.5.1 Préparation des solutions tous métalliques ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ et CoSO_4)

Nous avons préparé une solution mère de concentration 10^{-5} mol/l des solutions des métaux lourds ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ et CoSO_4) dans 100 ml d'eau distillée.

La loi utilisée pour calculer la masse : $m = c \cdot v \cdot M$

- M : masse molaire (g/mol)
- m : masse en g
- v : volume en l
- c : concentration (mol/l)

IV.5.2 Préparation des solutions du colorant (bleu méthylène)

Nous avons préparé une solution mère de concentration 5mg/l du bleu méthylène dans 100ml d'eau distillée ; cette dernière est divisée en solutions filles à différents concentrations.

IV.5.3 Méthode de l'adsorption de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

- **Effet de temps :** Nous ajoutons 0,01g de noyaux de dattes à 10 ml d'une solution $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ de concentration 10^{-5} mol/l et agitons à vitesse moyenne avec un changement de temps de contact (10min, 15min, 30min, 45min, 60min) à une température de 25°C.
- **Effet de concentration :** Nous ajoutons 0.01g du noyau de dattes à 10 ml d'une solution $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ à une concentration différent, et on agite pendant 15 minutes à vitesse moyenne.
- **Effet de masse :** On ajoute différentes masses de noyaux de dattes (0,005 g, 0,01 g, 0,012 g, 0,018 g) à 10ml d'une solution $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ de concentration 10^{-5} mol/l $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ et agitons à vitesse moyenne pendant 15 minutes à une température de 25°C.

- **Effet de température :** Nous ajoutons 0.005g de noyau de datte à 10 ml d'une solution $\text{Pb(NO}_3)_2$ de concentration 10^{-5}mol/l , et on agite pendant 15 minutes à vitesse moyenne avec un changement de température (25° , 40° , 50° , 60°C).
- **Effet de pH :** dans cette étape on change facteur pH et fixé la masse 0.005g et température à 25°C , concentration de solution $\text{Pb(NO}_3)_2$ 10^{-5}mol/l et la vitesse moyenne et temps contact à 15min.

IV.5.4 Méthode d'adsorption de CoSO_4

- **Effet de temps:** Nous ajoutons 0,01g de noyaux de dattes à 10 ml d'une solution CoSO_4 de concentration 10^{-5}mol/l et agitions à vitesse moyenne avec un changement de temps de contact (10min, 15min, 60min, 90min, 120min) à une température de 25°C .
- **Effets de masse:** On ajoute différentes masses de noyaux de dattes (0,005 g, 0,01 g, 0,012 g, 0,018 g) à 10 ml d'une solution CoSO_4 de concentration 10^{-5}mol/l et agitions à vitesse moyenne pendant 15 minutes à une température de 25°C .
- **Effets de concentration :** Nous ajoutons 0.012g du noyau de dattes à 10 ml d'une solution CoSO_2 à une concentration différent, et on agite pendant 15 minutes à vitesse moyenne et à une température de 25°C .
- **Effet de temperature :** Nous ajoutons 0.012g de noyau de datte à 10 ml d'une solution CoSO_2 de concentration 10^{-5}mol/l , et on agite pendant 15 minutes à vitesse moyenne avec un changement de température (25° , 35° , 40° , 50° , 60°C).
- **Effet de pH :** dans cette étape on change le pH et on fixe la masse 0.012g, la température à 25°C , la concentration de solution CoSO_4 10^{-5}mol/l ; la vitesse est moyenne et un temps de contact à 15min.

V.5.5 Méthode d'adsorption de bleu méthylène

- **Effet de temps:** Nous ajoutons 0.01g de noyaux de dattes à 10 ml d'une solution BM de concentration 5mg/l et agitons à vitesse moyenne avec un changement de temps de contact (10min, 15min, 20min, 45min, 60min, 120min) à une température ambiante.
- **Effet de masse:** On ajoute différentes masses de noyaux de dattes (0,005 g, 0,01 g, 0,012 g, 0,018 g) à 10 ml d'une solution BM de concentration 5mg/l et agitons à vitesse moyenne pendant 10 minutes à une température de 25°C.
- **Effet de température :** Nous ajoutons 0.005g de noyau de datte à 10 ml d'une solution BM de concentration 5mg/l, et on agite pendant 15 minutes à vitesse moyenne avec un changement de température (25°, 35°, 45°, 55°, 65°C).
- **Effet de pH :** dans cette étape on change le pH et on fixe la masse 0.005g et la température à 25°C, la concentration de solution BM 5mg/l, une vitesse d'agitation moyenne et le temps contact à 10min.
- **Effet de concentration :** Nous ajoutons 0.01g du noyau de dattes à 10 ml d'une solution BM à une concentration différent (5mg/l, 7mg/l, 8mg/l, 9mg/l) et on agite pendant 10 minutes à vitesse moyenne et à une température de 25 °C.

IV.5.6 Calcul du rendement (R%) et la quantité adsorbé

$$R\% = \left(\frac{C_0 - C_{eq}}{C_0} \right) 100$$

$$Q_t = (C_0 - C_{eq}) \frac{V}{m}$$

C_{eq} : Concentration du soluté à l'équilibre, exprimée en (mg/L).

C_0 : Concentration initiale en (mg/L).

V : le volume de la solution (L).

m : la masse de l'adsorbant (g).

Q_t : la quantité en mg par gramme d'adsorbant.

Référence Bibliographie

1. **yahiaoui, N.** *"étude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif"*. Mémoire de magister université Mouloud Maammerin Tizi Ouzou, 2012.
2. **Hamri, salah.** *Etude thermophysique la diffusion de molécules de bas poids moléculaire dans des réseaux de polymères acyliques*. Thèse docteur en sciences physique université abou bekr belkaid de tlemcen, 2013.
3. Anonime: (<https://school.careers360.com/chemistry/principle-of-uv-visible-spectroscopy-topic-pge>).
4. Anonime : <https://www.lpc-expert.fr/instrumentation/84-spectrometre-infrarouge-a-transformee-de-fourier>.

CHAPITRE V

RESULTATS ET DISCUSSION



V.1 Introduction :

L'identification primaire de l'adsorption noyaux des dattes micropolluants utilisés est réalisée par spectroscopie IR.

V.2 Caractérisation par spectroscopie IR

Le spectre IR dans la Figure IV.1 montre des bandes d'absorptions caractéristiques de notre noyau de dattes micropolluants sont représentées dans les Tableau IV.

V.2.1 Réention des noyaux des dattes

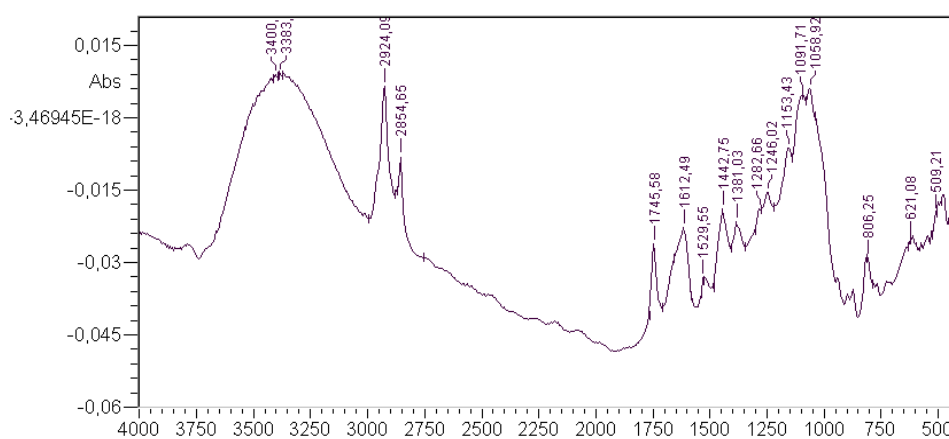
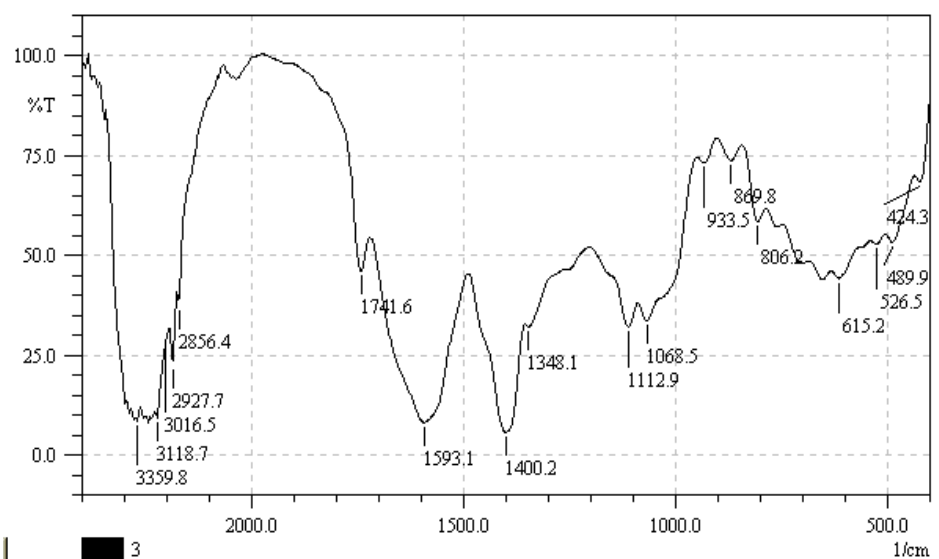


Figure V.1 Spectre IR des bandes caractéristiques des noyaux de dattes brute

Tableau V.1. : Bandes caractéristiques des noyaux de dattes en IR

Absorption (ν cm^{-1})	Banded'absorption
ν_{OH}	3400-3383 cm^{-1}
ν_{CH} aromatique	2854 cm^{-1}
aliphatique	2924 cm^{-1}
ν_{CH_2}	1153,43 cm^{-1}
$\nu_{\text{C}=\text{C}}$	1612,49 cm^{-1}
$\nu_{\text{C}-\text{O}}$ symétrique	1442,75 cm^{-1}
antisymétrique	1381.03 cm^{-1}

V.2.3 Réention du Pb^{2+} Figure V.2: Spectre du IR noyaux de dattes- Pb^{2+} Tableau V.2 : Bandes caractéristiques des noyaux de dattes- Pb en IRp

Absorption (ν cm^{-1})	Bande d'absorption
ν_{OH}	3016-3359 cm^{-1}
ν_{CH} aromatique	2856 cm^{-1}
aliphatique	2927 cm^{-1}
ν_{CH_2}	1112,9 cm^{-1}
$\nu_{C=C}$ C=O	1741,6 cm^{-1}
ν_{C-O} symétrique	1593,1 cm^{-1}
antisymétrique	1400.2 cm^{-1}
ν_{O-Pb}	526,4 cm^{-1}

- ❖ La réention a été confirmée par la présence des bandes C– O symétrique et antisymétrique situés respectivement à 1593,1 et 1400.2 cm^{-1} et ensuite

l'appariation d'une bande d'absorption vers $526,4 \text{ cm}^{-1}$ correspond à la liaison métallique¹ O—Pb

V.2.4 Retention du Co^{2+}

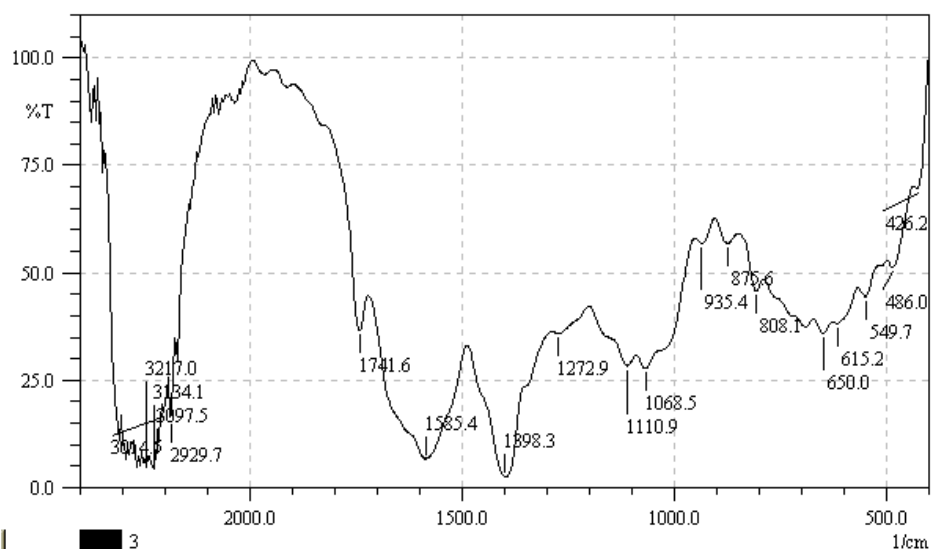


Figure V.4: Spectre IR du noyau de dattes- Co^{+2}

Tableau V.3 : Bandes caractéristiques des noyaux de dattes- Co en IR

Absorption ($\nu \text{ cm}^{-1}$)	Bande d'absorption
ν -OH	$3031\text{-}3438 \text{ cm}^{-1}$
ν -CH aromatique	2806 cm^{-1} Elongation
aliphatique	2856 cm^{-1} Elongation
ν -CH ₂	$1110,9 \text{ cm}^{-1}$ déformation
ν C=C	1585.4 cm^{-1}
ν C—O symétrique	1398 cm^{-1}
antisymétrique	$1400,2 \text{ cm}^{-1}$
ν O—Co	$615,2 \text{ cm}^{-1}$

¹Tien-I Chang¹*, Jow-Lay Huang¹*, Jen-Fu Lin¹, Bing-Huei Chen², Long Wu², Hong-Ping Lin³ and Horng-Hwa Lu⁴ Effect of Drying Temperature on the Characteristics of the Lead Zirconium Titanate Powders Prepared by Sol-Gel Process Materials Transactions, Vol. 45, No. 11 (2004) pp. 3150 to 3155

- ❖ La bande large entre 3031 et 3430 cm^{-1} qui correspond à la fonction OH elle est attribuable à la présence d'alcool aromatique.

Les bandes de vibration de déformation de la liaison –CH aromatique et aliphatique situé respectivement à 2800 et 3000 cm^{-1}

La rétention a été confirmée par la présence des bandes C–O symétrique et antisymétrique situé respectivement à 1400,2 et 1398 cm^{-1} et ensuite l'apparition d'une bande d'absorption vers 615,2 cm^{-1} correspond à la liaison métallique² O–Co

V.2.5 Rétention du B M :



Figure V.5: Spectre IR du noyau de dattes-BM

Tableau V.4 Bandes caractéristiques des noyaux de dattes-BM en IR

Absorption ($\nu \text{ cm}^{-1}$)	Banded'absorption
ν -NH ₂	3031-3438 cm^{-1}
ν -CH aromatique	2806 cm^{-1} Elongation
aliphatique	2856 cm^{-1} Elongation
ν -NHR	1743,5 cm^{-1} déformation
$\nu_{\text{C}=\text{C}}$ Arom	1598.9 cm^{-1}
ν CONH	1398 cm^{-1}
ν OBM	653,8 cm^{-1}

²Schahrazede Aomraoui¹, Achour Terbouche^{1, 2}, Karim Beddar¹, Safia Djebbar^{1,*}, Ouassini Benali-Baitich¹, Gilles Bouet³ Ternary cobalt complexes with amino acids: potentiometric study, modelization and solid-state investigation Mediterranean Journal of Chemistry **2011**, 1(3), 114-124

V.3 Méthode de titrage des micropolluants utilisés:

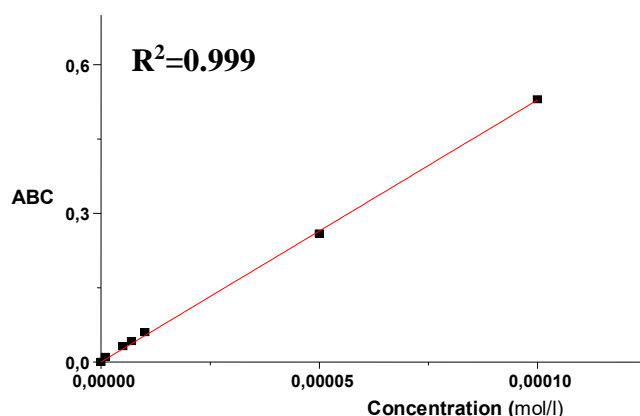
Les métaux (Pb (II) et Co (II)) ont été préparé à partir des solutions aqueuses $Pb(NO_3)_2$; $CoSO_4$ et le colorant B M ;Le volume du polluant (concentration 10^{-4} a 10^{-5} M) auquel on ajoute 2 ml de solution tampon choisie et 1 ml d'Arsénazo (III) de même concentration que celle du plomb et cobalt. Les absorbance sseronten registrées à λ_{max}

V.3.1 Courbes d'étalonnage

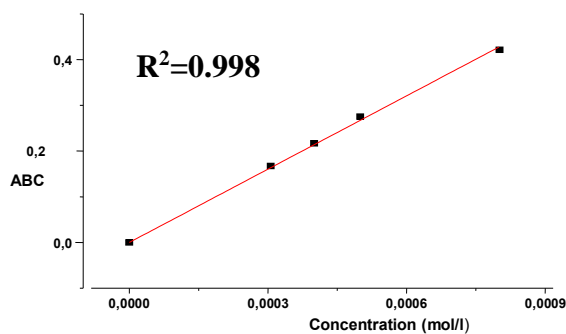
- Les courbes d'étalonnages ont été réalisées permettant la détermination de la concentration du polluant, en utilisant l'arsénazo III en spectroscopie UV/Visible. On a réalisé un dosage à des différentes concentrations connues de plomb (II) et Co (II) avec précisions
- utilisant l'arsénazo (III), afin de déterminer une concentration optimale du polluant qui sera utilisée le long de cette étude.

Tableau V.5:Représentation des valeurs de pH et de longueur d'onde du au cours du dosage

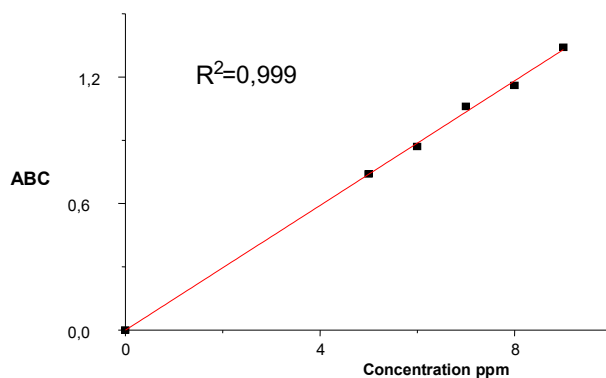
Métaux lourds et colorant	pH de Solution tampon	Lalongeur d'onde(nm)
$Pb(NO_3)_2$	4	595 nm
$CoSO_4$	4	510 nm
BM	/	660nm



FigureV.6:Courbe d'étalonnage de Co^{2+} .



FigureV.7:Courbe d'étalonnage de Pb (II).



FigureV.8:Courbe d'étalonnage de colorant bleu méthylène.

- ❖ Nous observons une linéarité bien lisible avec un coefficient de corrélation proche de un Pb(II) et Co (II) dans les trois solutions utilisées $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; CoSO_4 et le BM

V.4 L'étude de l'adsorption de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

V.4.1 Effet de temps d'agitation

L'étude de l'influence du temps d'agitation a été réalisée afin de déterminer les quantités de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ adsorbé par les noyaux de datte pour atteindre l'équilibre d'adsorption.

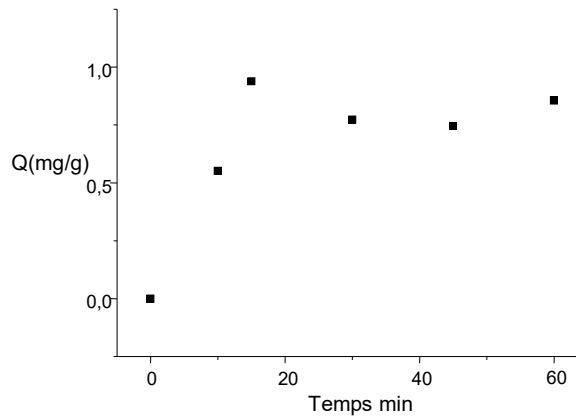


Figure V.9: Effet de temps d'agitation du $\text{Pb}(\text{II})$ par noyaux de datte.

- ❖ Les courbes montrent en outre que le maximum d'adsorption est atteint à 15min avec le rendement 28.3% et avec capacité d'adsorption de 0.93mg/g.

V.4.2 Effet de masse d'adsorbants

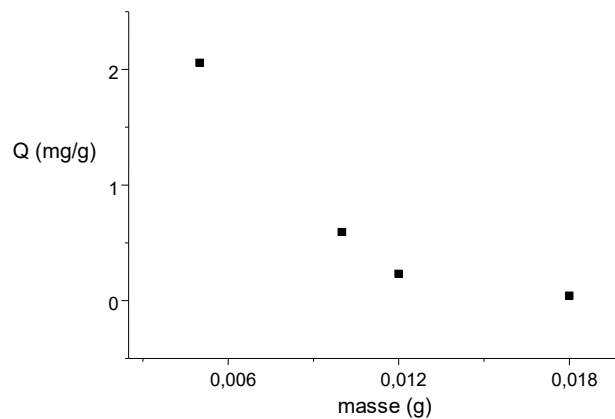


Figure. V.10: Effet de la masse de noyaux de datte la rétention du $\text{Pb}(\text{II})$.

- ❖ Nous remarquons d'après le graphe de $Q=f$ (masse de adsorbants) qu'il y'a une forte augmentation qui va au maximum de la quantité adsorbée (2,05mg/g) suivi par une diminution, donc on peut dire que le choix des masses élevée des noyaux de datte est défavorable.

V.4. 3 Effet de température

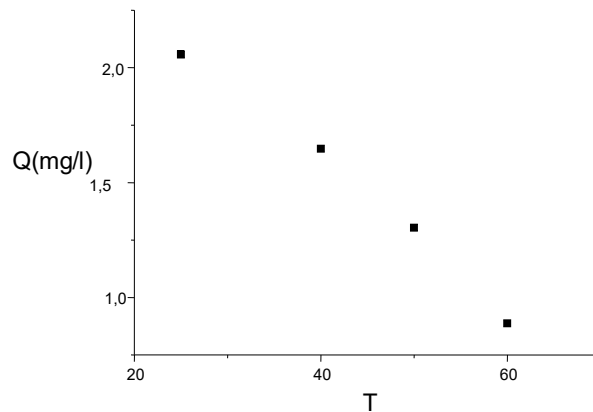


Figure. V.11: Effet de la température de Pb (II).

- ❖ L'allure précédente montre une forte diminution de la quantité adsorbée avec l'augmentation de la température, et un bon rendement de 31.05% qui atteint à 25 °C ; on peut dire que la rétention de du Pb^{2+} dans le nitrate de Plomb est favorable à température ambiante.

V.4. 4 Effet de pH de la solution

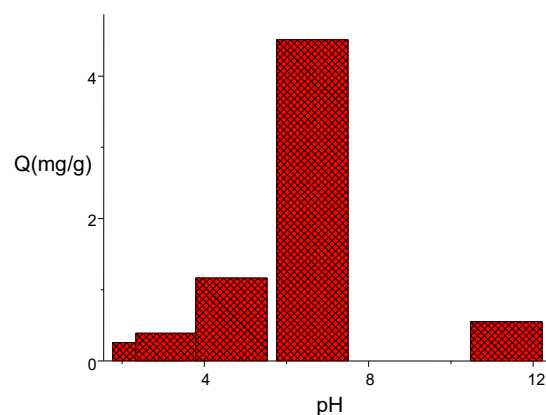


Figure V.12.: Effet de pH du Pb (II).

- ❖ On remarque que la quantité adsorbée augmente jusqu'à atteindre le maximum d'un rendement élevée de 68.08 % à un pH=6.63, donc notre expérience est favorable dans un milieu presque neutre.

V.4. 5 Effet de concentration de solution

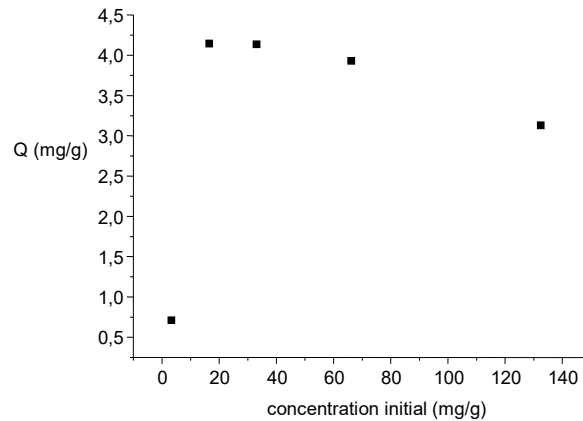


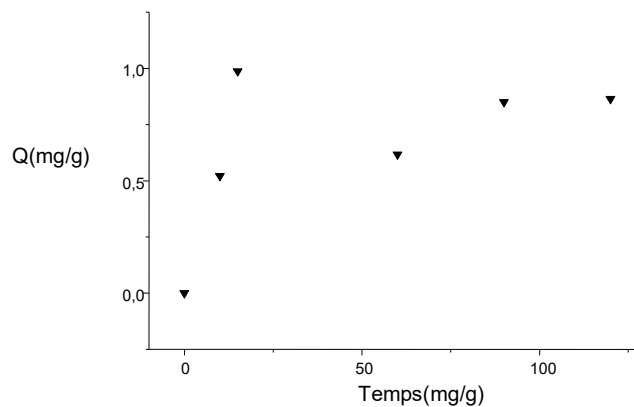
Figure. V.13: Effet de concentrations de Pb (II) par noyaux de datte .

- ❖ Le graphe ci-dessus nous montre qu'il y'a augmentation de la quantité adsorbée maximale 4,140mg/g correspondante à une concentration du plomb $5 \cdot 10^{-5}$ mol/l.

V.5 L'étude de l'adsorption CoSO_4

V.5 .1 Effet de temps d'agitation

L'étude de l'influence du temps d'agitation à été réalisée afin de déterminer les quantités du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ adsorbé par les noyaux de datte pour atteindre d'équilibre d'adsorption.



FigureV.14 Effet de temps d'agitation du Co (II) par noyaux de datte.

- ❖ Les courbes montrent en outre que le maximum d'adsorption est atteint à 15min avec le rendement 35,12% et avec capacité d'adsorption de 0.987mg/g.

V.5.2 Effet de masse d'adsorbants

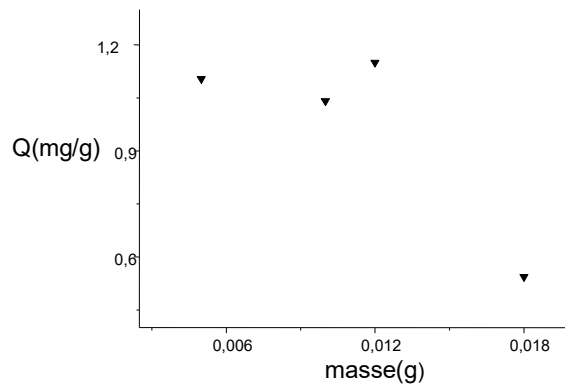


Figure V.15: Effet de la masse de noyaux de datte la rétention du Co (II).

- ❖ Nous remarquons d'après le graphe de $Q = f(\text{masse de adsorbants})$ qu'il y'a une forte augmentation qui va au maximum de la quantité adsorbée (1.15mg/g) suivi par une diminution, donc on peut dire que le choix 0.012g des noyaux de datte favorable.

V.5.3 Effet de température

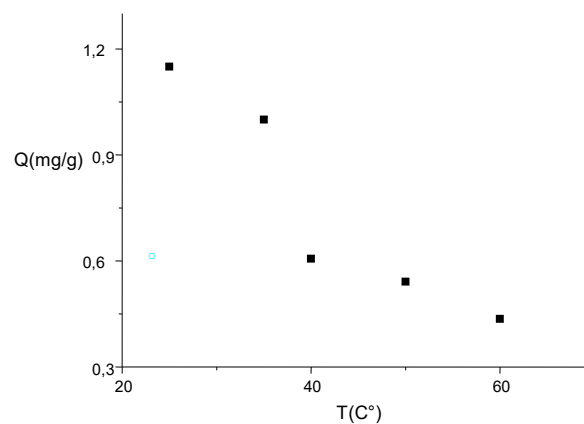


Figure. V.16: Effet de la température de Co (II) par noyaux de datte.

- ❖ L'allure précédente montre une forte diminution de la quantité adsorbée avec l'augmentation de la température, et un bon rendement de 49.10% qui atteint à 25 °C.

V.5.4 Effet de concentration de solution

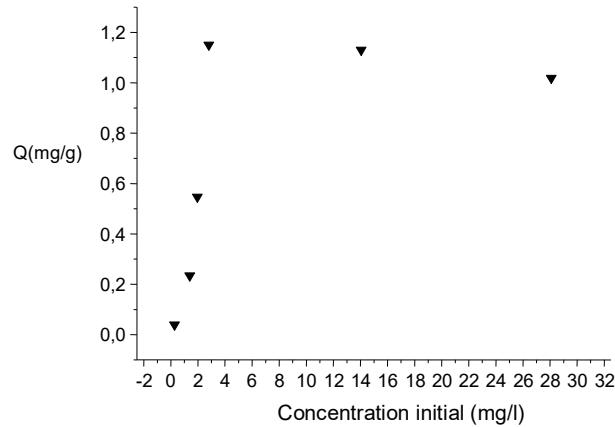
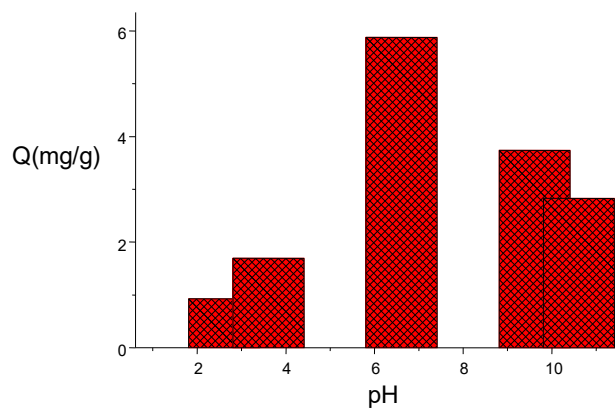


Figure. V.17 Effet de concentrations de Co (II) par noyaux de datte.

- ❖ Le graphe ci-dessus nous montre qu'il y'a augmentation de la quantité adsorbée maximale 1,15mg/g correspondante à une concentration initial du cobalt 10^{-5} mol/l.

V.5.5 Effet de pH de la solution



FigureV.18 Effet de pH du Co (II) par noyaux de datte.

- ❖ On remarque que la quantité adsorbée augmente jusqu'à atteint le maximum d'un rendement élevée de 50.20 % à un pH=6.61, donc notre expérience est favorable dans un milieu neutre.

V.6 L'étude de l'adsorption BM

V.6.1 Effet de temps d'agitation

L'étude de l'influence du temps d'agitation a été réalisée afin de déterminer les quantités du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ adsorbé par les noyaux de datte pour atteindre d'équilibre d'adsorption.

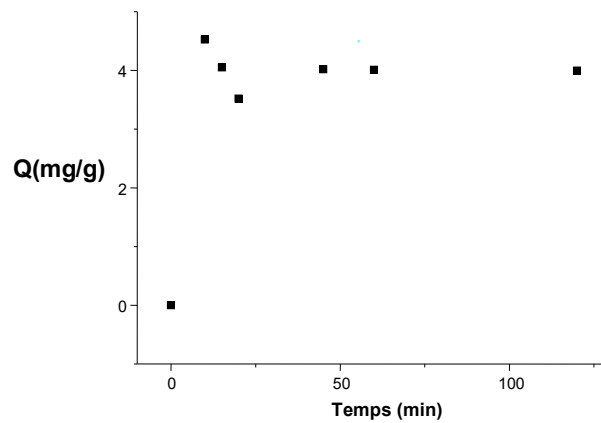


Figure V.19 Effet de temps d'agitation du BM par noyaux de datte.

- ❖ Travers la courbe du graphique, on peut dire que le meilleur moment du mouvement auquel le rendement maximum 90.49% est 10min.

V.6.2 Effet de masse d'adsorbants

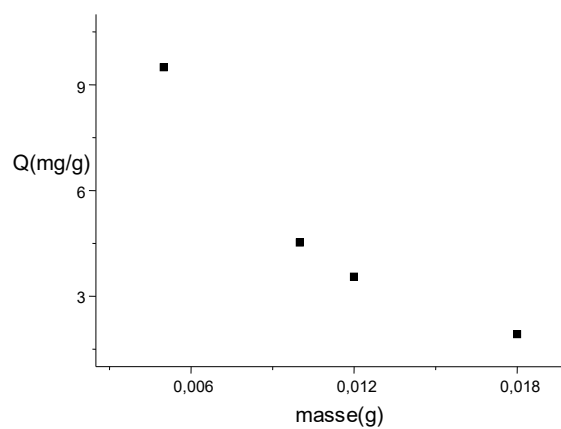


Figure. V.20: l'adsorption du colorant BM par différents de masses de noyaux de datte.

- ❖ Nous remarquons d'après le graphe de $q=f$ (masse d'adsorbants) qu'il y'a une forte augmentation qui va au maximum de la quantité adsorbée (9,49mg/g) suivi par une diminution.

V.6.3 Effet de température

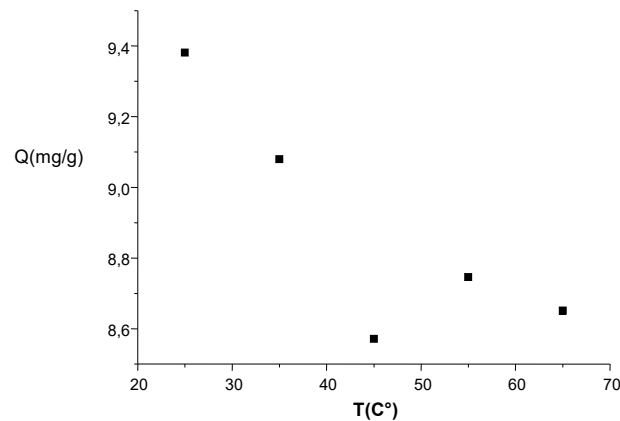


Figure. V.21. l'adsorption du colorant BM par différents de température se noyaux de datte.

- ❖ Nous remarquons d'après le graphe de $q=f$ (température) Lorsque la température augmente, le rendement et la quantité adsorbée diminuent. Par conséquent, on peut dire qu'une température appropriée est de 25C°.

V.6.4 Effet de pH de la solution

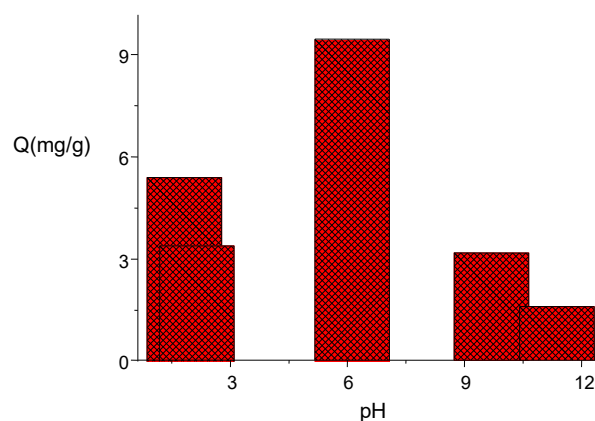


Figure .V.22 influence de pH sur l'adsorption du bleu méthylène sur noyaux de datte.

- ❖ La quantité adsorbée augmente jusqu'à atteint le maximum d'un rendement élevée de 94,16% à un pH=6.12

V.6.5 Effet de concentration de solution

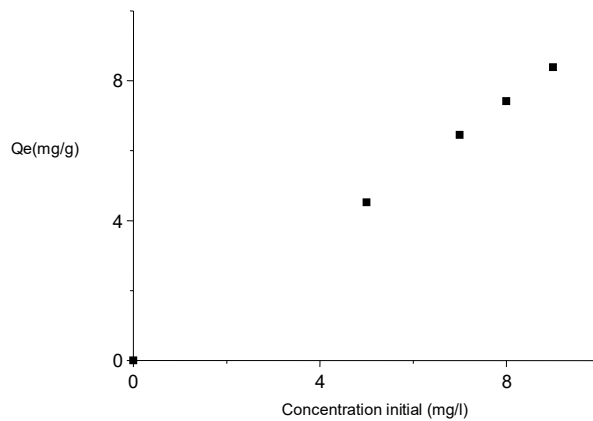


Figure V.23 Effet de concentrations de bleu méthylène sur noyaux de datte

- ❖ Le graphe ci-dessus nous montre qu'il y'a augmentation de la quantité adsorbée maximale 7,42mg/g avec rendement 92,78% correspondante à une concentration BM 9mg/g.

V.7 L'isotherme d'adsorption et modélisation

V.7 .1 Isotherme d'adsorption

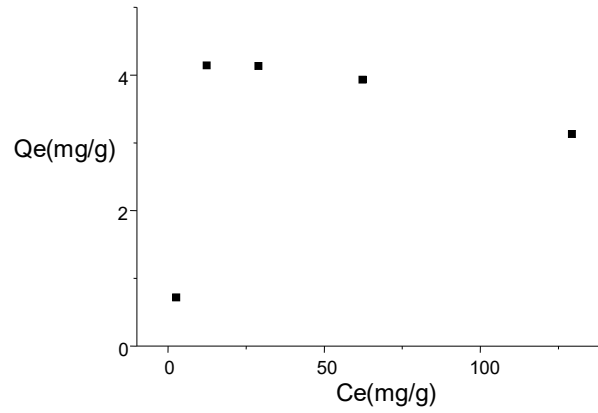
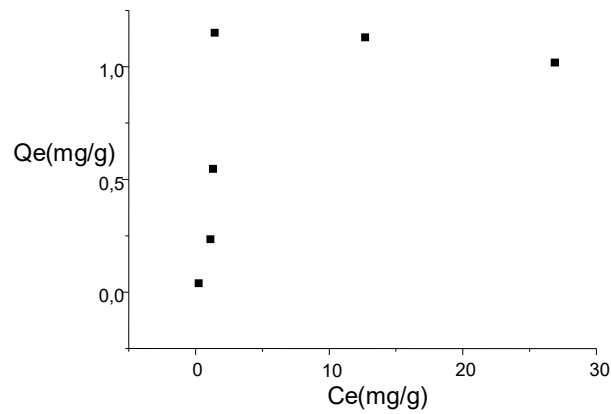


Figure .V.24 Isotherme d'adsorption de $Pb(NO_3)_2$ par noyaux de datte .



FigureV.25 Isotherme d'adsorption de $CoSO_4$ par noyaux de datte.

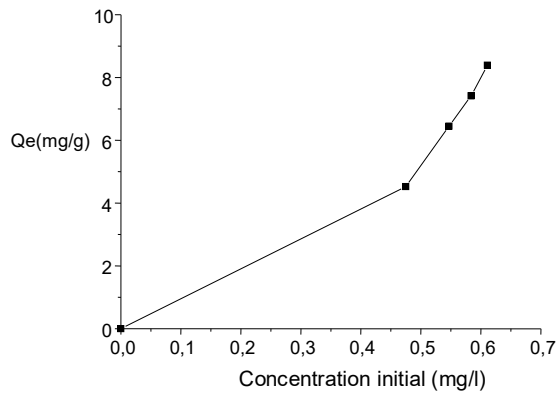


Figure .V.26 Isotherme d'adsorption de BM par noyaux de datte.

- ❖ Les figures précitées permettent de faire les constatations suivantes :
- Les type d'isotherme de deux métaux lourd ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ et CoSO_4) sont type L
- Type de d'isotherme BM sont type S

V.8.2 Modélisation d'isotherme d'adsorption

V.8.2.1 Modèle de Langmuir

La linéarité de la courbe de $1/Q_e = f(1/C_e)$ ou $C_e/Q_e = f(C_e)$ montre que le phénomène est bien régi par une isotherme de type Langmuir ce qui permet de déduire la capacité maximale d'adsorption Q_m et le coefficient K_L .

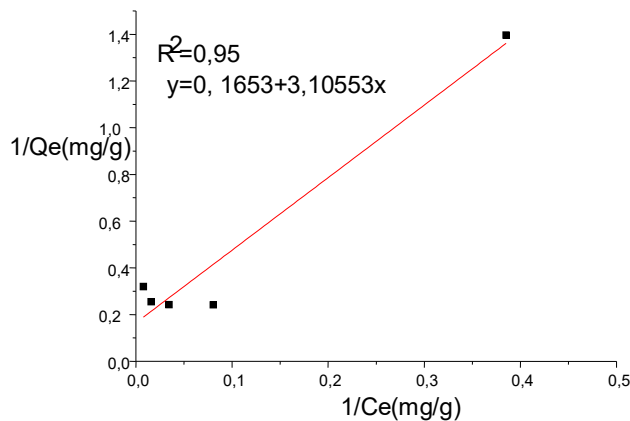


Figure V.27 transformées linéaires des model de Langmuir pour l'adsorption du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sur noyaux de datte.

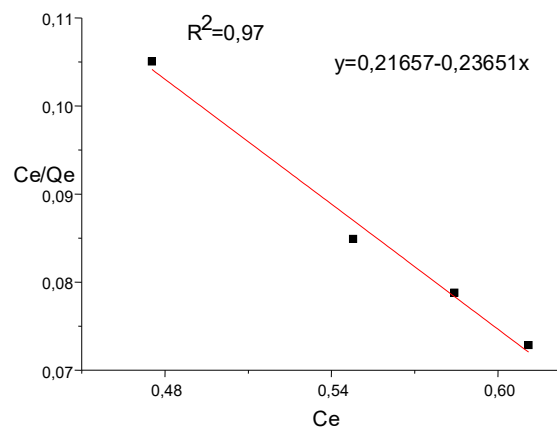


Figure V.28 transformées linéaires des model de Langmuir pour l'adsorption du BM sur noyaux de datte

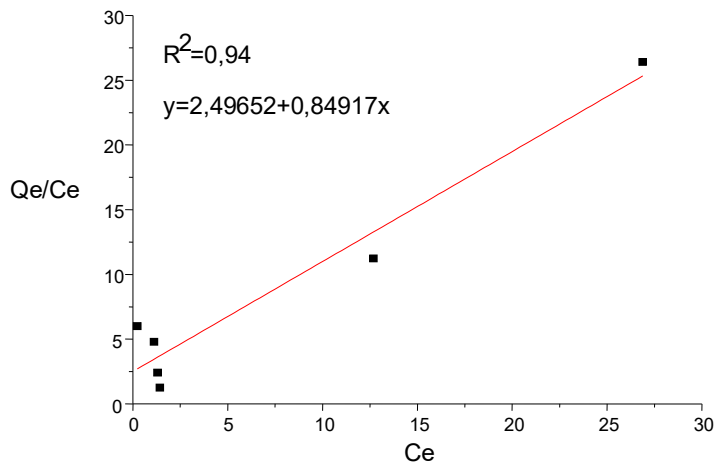


Figure V.29 transformées linéaires des model de Langmuir pour l'adsorption du CoSO_4 sur noyaux de datte

V.8.2.2 Modèle de Freundlich

La linéarisation du modèle Freundlich permet de tracer la droite $\ln(Q_e)$ en fonction $\ln(C_e)$

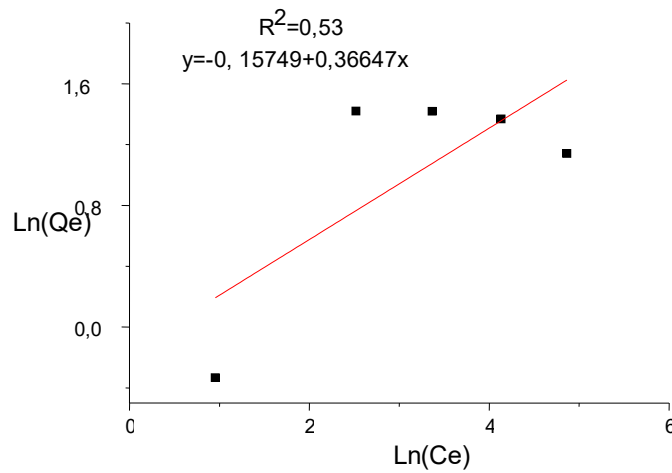


Figure. V.30 transformées linéaires des model Freundlich pour l'adsorption $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sur noyaux de datte

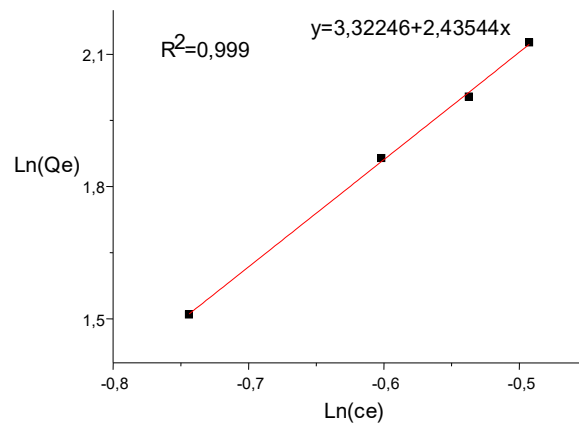
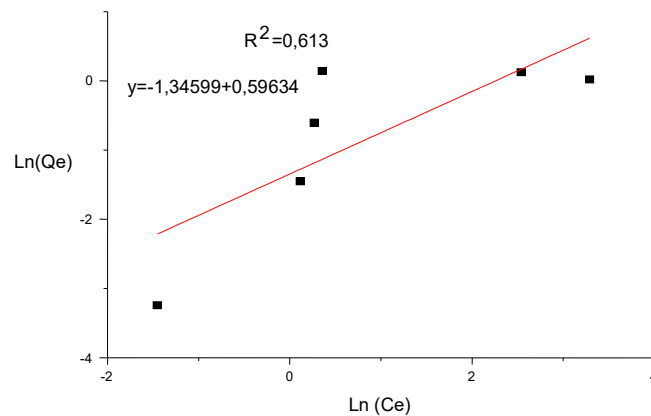


Figure. V.31 transformées linéaires des model Freundlich pour l'adsorption du BM sur noyaux de datte



FigureV.32 transformées linéaires des model Freundlich pour l'adsorption du CoSO₄ sur noyaux de datte.

Tableaux V.6 constantes de Langmuir et Freundlich.

	model de Langmuir			model Freundlich		
	Q _m	K _L	R ²	K _F	N	R ²
Pb(NO ₃) ₂	6.06	0.053	0.95	-0.42	2.73	0.53
BM	-4.237	-1.09	0.97	9.03	0.41	0.999
coso ₄	1.17	0.34	0.94	-3.64	1.69	0.613

En se basant sur les coefficients de corrélation R^2 relatifs à la linéarité des droites des deux modèles, nous pouvons conclure que modèle de Langmuir est plus probable pour caractériser l'adsorption de métaux lourds ($Pb(NO_3)_2, CoSO_4$) sur les adsorbants noyaux de datte, modèle de Freundlich est plus probable pour caractériser l'adsorption de colorant (bleu méthylène) sur les adsorbants noyaux de datte.

V.9 Etude thermodynamique

Les équation utilisée pour calcul ($\Delta H^\circ, \Delta S^\circ, \Delta G^\circ$) suivants :

$$K_C = \frac{c_0 - c_e}{c_e}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_C; \quad \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ; \quad \ln K_C = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT}$$

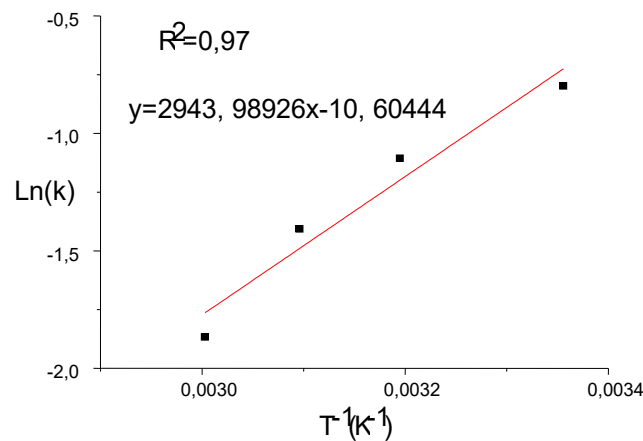


Figure V.33 $\ln K_C$ en fonction de l'inverse de la température du $Pb(NO_3)_2$ dans noyaux de datte

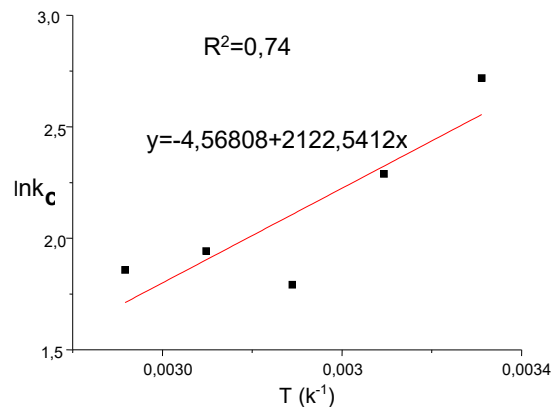


Figure V.34 $\ln K_C$ en fonction de l'inverse de la température du BM dans noyaux de datte.

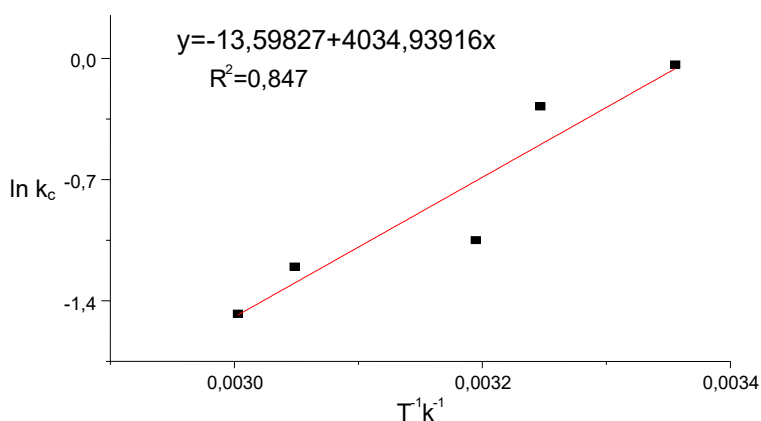


Figure V.35 $\ln K_c$ en fonction de l'inverse de la température du CoSO_4 dans noyaux de datte. Nous avons obtenu une droite avec un bon coefficient de corrélation. Les valeurs calculées de ΔH° , ΔS° , ΔG° sont résumées dans tableaux.

Tableaux. V.7 paramètres thermodynamique

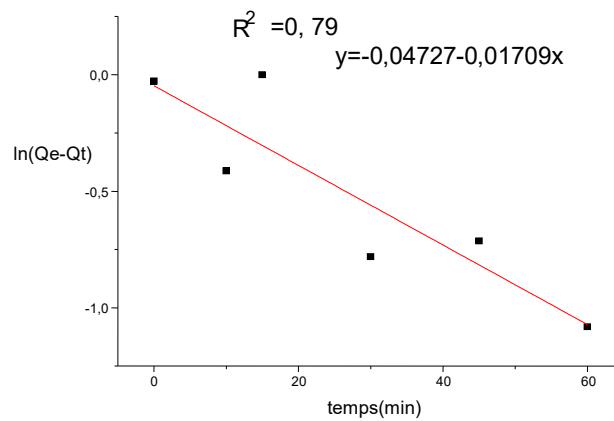
	ΔH° (Kj/mol)	ΔS° (Kj/mol)	ΔG° (Kj/mol)
T (K ⁻¹)		298	
Pb(NO ₃) ₂	-24.46	-0.08	-0.62
BM	-17.63	-0.037	-6.604
CoSO ₄	-33.53	-0.11	-0.75

A travers l'analyse de trois tableaux, on constate que l'énergie libre $\Delta G^\circ < 0$ lors de l'adsorption de (Pb(NO₃)₂, BM et CoSO₄) sur noyaux de datte. Les faibles valeurs trouvées de la chaleur d'adsorption ($\Delta H < 40$) suggèrent que l'adsorption du (BM, CoSO₄, Pb(NO₃)₂) sur noyaux de datte est une adsorption non spécifique de nature physique (physisorption). En plus, les valeurs d'entropie ΔS° sont négatives.

V.10 Etude cinétique de l'adsorption

Afin de déterminer le modèle cinétique de la rétention des métaux lourds (Pb, Co) et colorant bleu méthylène étudiée pour noyaux de datte pour concentration 10⁻⁵ mg/l, deux modèles cinétiques les plus courants ont été examinés pour les données expérimentales obtenues : pseudo premier ordre, deuxième ordre.

V.10 .1 Premier pseudo ordre



FigureV.36 La cinétique du Premier pseudo ordre du $Pb(NO_3)_2$.

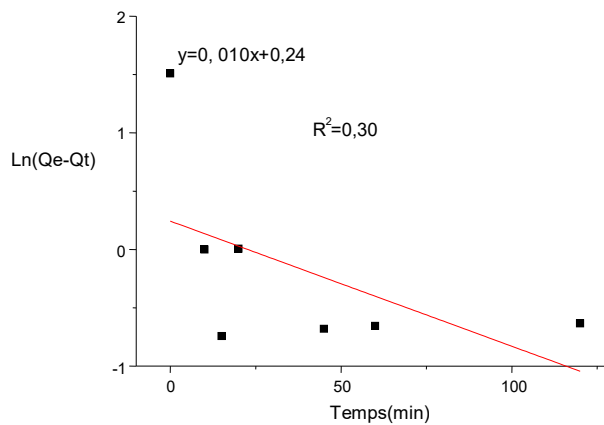


Figure .V.37 la cinétique du Premier pseudo ordre du BM

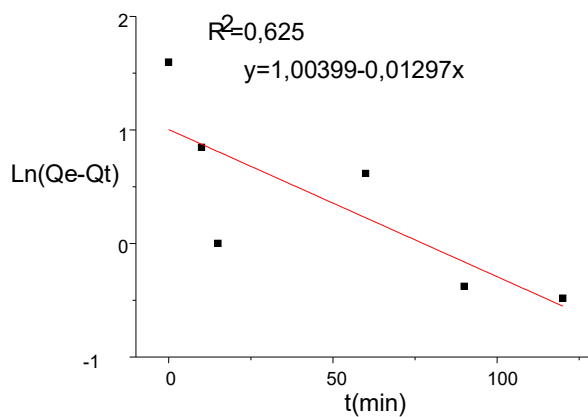


Figure. V.38 la cinétique du Premier pseudo ordre du $CoSO_4$.

V.10 .2 Second pseudo ordre

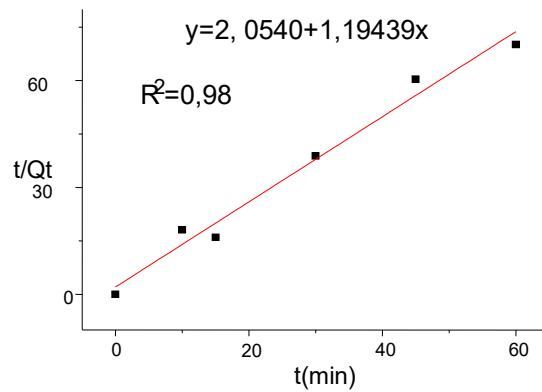


Figure. V.39 la cinétique du second pseudo ordre du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

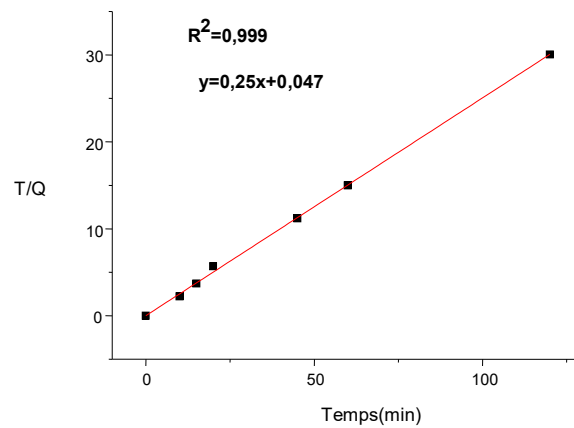


Figure. V. 40 la cinétique du second pseudo ordre du BM.

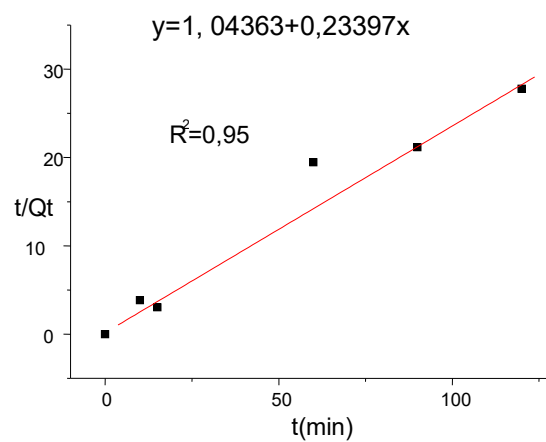


Figure. V.41 la cinétique du second pseudo ordre du CoSO_4 .

Tableaux. V.8 valeur des paramètres cinétique du Premier et second pseudo ordre

	Second pseudo ordre			Premier pseudo ordre		
	$Q_e(\text{mg/g})$	K	R^2	$Q_e(\text{mg/g})$	K	R^2
PbNO ₃	0.84	0.68	0.976	-0.12	0.039	0.79
BM	4.34	1.12	0.999	-1.42	0.023	0.22
Coso4	4.29	0.052	0.953	2.72	0.027	0.625

- ❖ La linéarisation des équations cinétique donnent des coefficients plus élevés dans cas des Cinétiques du second pseudo ordre ,qui confirment que l'adsorption de (CoSO₄,PbNO₃,bleu méthylène) sur adsorbants suit bien une Cinétique du second pseudo ordre .Nous pouvons conclure que l'adsorption de ces métaux lourds(CoSO₄, PbNO₃) et du colorant (bleu méthylène) est de type de nature physiques .

Conclusion générale

Cette présente étude a pour objectif la valorisation d'un déchet organique afin de fabriquer un adsorbant à partir des noyaux de dattes, qui sera utile pour l'adsorption d'un produit chimique toxique et écotoxique (PbNO_3 , CoSO_4 , bleu méthylène) dans cette étude on est arrivés à démontrer les paramètres optimaux favorisant l'adsorption qui sont:

- Un temps d'équilibre de (PbNO_3 , CoSO_4 , bleu méthylène) égal à 15 min, 10 min donc c'est un procédé applicable facilement à l'échelle industriel.
- Une masse d'adsorbant pour adsorption de (PbNO_3 , bleu méthylène et CoSO_4) égale à 0.005g et 0.012g successivement donc il a une capacité de rétention très importante ce qui est très économique.
- Une température égale à 25°C avec un maximum de rendement; la réaction est exothermique.
- Un pH optimal égal à 6.63; 6.61 et 6.12 ce qui induit que (Pb II, CoII et le BM) adsorbent dans un interval neutre.
- Le maximum d'adsorption de (PbNO_3 , CoSO_4 , bleu méthylène) est atteint avec le rendement d'adsorption 67.3%, 50.20%, et 94.16% avec une capacité d'adsorption de 4.51mg/g, 5.879mg/g et 9.41mg/g.
- La modélisation des isothermes d'adsorption nous a permis de montrer que le modèle de Langmuir décrit l'adsorption du (PbNO_3 , CoSO_4) par noyaux de datte, et le modèle de Freundlich décrit l'adsorption du bleu méthylène.
- L'application du modèle cinétique montre que le processus d'adsorption des (PbNO_3 , CoSO_4 , bleu méthylène) par les noyaux de datte suit bien une cinétique de second pseudo ordre.
- Les grandeurs thermodynamiques confirment que l'adsorption est un phénomène exothermique de type physique.
- noyau de datte c'est un matériau efficace pour l'élimination des métaux lourds étudiés et les colorants cationique.

ANNEXE

Annexes

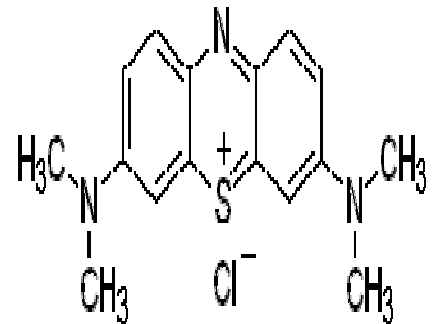
Annexes1 : Les normes des rejets d'effluents en Algérie[1]

Métal	Concentration
Al	5
Cd	0.2
CrIII	3
Cr IV	0.1
Fe	5
Mg	1
Hg	0.01
Ni	5
Pb	1
Cu	3
Zn	5

Annexes2 :

Propriétés physico-chimiques de bleu methylene

- Formule brute : $C_{16}H_{18}ClN_3S$
- Masse molaire : 319,852g/mol
- T° fusion : 180C° .
- Solubilité : 50g/l dans l'eau à 20 C°.
- Solubilité: 40g/l dans l'éthanol à 20 C°.

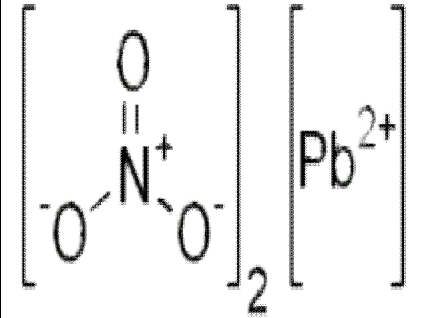


Annexes

Annexes3 :

Propriétés physico-chimiques de Nitrate de plomb(II)

- Formule brute : $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- Masse molaire : 331,2 g/mol
- T° fusion : 269,85 °C
- Solubilité : 520 g·l⁻¹ dans l'eau à 20°C .insoluble (acide nitrique); 1 g / 2 500 ml (éthanol); 1 g / 75 ml (méthane)



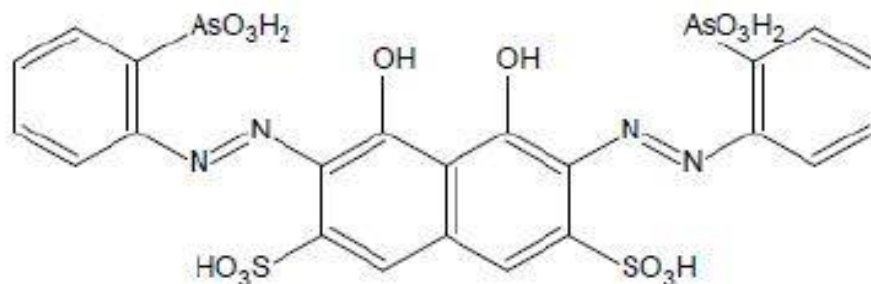
Annexes4 :

Propriétés physico-chimiques de Cobalt(II) sulfate

- Formule brute : CoSO_4
- Masse molaire : 154,99 g/mol
- T° fusion : 735 °C
- Solubilité : 383 g·l⁻¹ à 20 °C



Annexes5 : Structure développée du complexant Arsenazo(II)



Référence Bibliographie

1. *Décret exécutive N° 93-160 réglementant les rejets effluents liquide industriels Du 10 juillet 1993.*

Résumé :

Ce travail vise à éliminer le problème de la pollution de l'eau résultant des micropolluants, qu'ils soient organiques (colorant bleu de méthylène) et inorganiques (PbII et CoII) par le matériau naturel (noyaux de datte). Dans cette étude, plusieurs facteurs physiques différents affectant le processus d'adsorption ont été modifiés, tels que le temps d'agitation, la masse du matériau naturel, la température, ainsi que la concentration de polluants et le pH de la solution. L'utilisation de la masse du matériau naturel (noyau de datte) pour chacun des micropolluants est (PbII et CoII) 0,005 g et 0,012 g pour le cobalt, et le meilleur milieu qui augmente le maximum le taux de fixation des (bleu méthylène, PbII et CoII) est un milieu neutre à température ambiante. Les indicateurs thermodynamiques confirment également que ce processus d'adsorption est de type physique et exothermique. Le noyau de datte est un bon matériau adsorbant pour se débarrasser du colorant BM et des métaux PbII et CoII.

Les mots clés: noyaux de datte, pollution de l'eau, plomb, cobalt, bleu de méthyle, adsorption.

Abstract :

This work aims to eliminate the problem of water pollution resulting from micro pollutants, whether organic (methylene blue dye) and inorganic (PbII and CoII) by the natural material (date cores). In this study, several different physical factors affecting the adsorption process were changed, such as stirring time, mass of natural material, temperature, as well as pollutant concentration and solution pH. The use of the mass of the natural material (date cores) for each of the micropollutants are (dye and lead) 0.005g and 0.012 g for cobalt, and the best medium that increases the maximum rate of fixation of (methylene blue, lead and cobalt) is a natural medium at room temperature. Thermodynamic indicators also confirm that this adsorption process is physical and exothermic type. Date cores is a good adsorbent material to get rid of BM dye ,PbII and CoII metals.

ملخص :

يهدف هذا العمل لقضاء على مشكلة تلوث المياه الناتجة عن ملوثات دقيقة سواء كانت عضوية (colorant bleu de méthylène) ولا عضوية (PbII و CoII) بواسطة المادة الطبيعية (نواة التمر) ، وتم في هذه الدراسة تغيير عدة عوامل فيزيائية مختلفة تؤثر على عملية الامتزاز مثل الوقت تحريك وكتلة مادة الطبيعية ودرجة الحرارة وكذلك تركيز ملوثات ودرجة حموضة المحلول . من خلال الدراسة تأثير زمن تلامس على عملية الامتزاز تبين أن لنا ادمصاص سريع إلى حد ما لملوثات (PbII,CoII) 15 دقيقة و 10 دقائق (colorant bleu de méthylène) ، بالإضافة إلى ذلك استخدام كتلة مادة الطبيعية (نواة التمر) اقل لكل من (colorant bleu de méthylène PbII) 0.05 غ و (CoII) 0.012 غ وأفضل وسط يمكن أن يبلغ معدل تثبيت (colorant bleu de méthylène) (94.30%) وهو أعلى من معدل PbII (68.30%) (CoII) (50.20%) هو وسط محايد ودرجة حرارة الغرفة . كما تؤكد المؤشرات الديناميكية الحرارية أن هذه عملية الامتزاز من نوع فيزيائي وناتج حرارة . استخلصنا من هذه الدراسة أن نواة التمر مادة ماصة جيدة نوع ما لتخلص من الاصبغ ومعادن.