

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE AHMED DRAIA D'ADRAR  
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU  
DIPLOME DE MASTER EN CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

## Thème

Étude Expérimentale de L'élimination du Polluants  
Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des  
Matériaux Naturels

Présenté par :

- ❖ AMMOU Houriya
- ❖ ARAB Aicha

Membres de jury :

M <sup>lle</sup> . BOUDAOUAD Nacera	Président	MAA	Université d'ADRAR
Mr YOUNSI Maamar	Examineur	MAA	Université d'ADRAR
M <sup>lle</sup> . CHERGUI Yamina	Rapporteur	MCB	Université d'ADRAR
M <sup>lle</sup> . TEHAMI Wafaa	Co-Rapporteur	MCB	Université d'ADRAR

Année Universitaire : 2020/2021



## شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): ..... ن شرفي بسبب

المشرف مذكرة الماستر.

الموسومة بـ : .....  
Etude expérimentale de l'élimination  
de polluants organiques et inorganiques par Adsorption sur  
des Matériaux Naturels

من إنجاز الطالب(ة): ..... عمو حورية

والطالب(ة): ..... عراب عليشة

كلية : ..... العلوم والتكنولوجيا

القسم : ..... علوم المادة

التخصص : ..... كيمياء المحيط

تاريخ تقييم / مناقشة: ..... 2021 / 06 / 24

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين  
النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.  
ويامكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والايكترونية (PDF).

- امضاء المشرف:

06 جويلية 2021

ادرار في : .....

مساعد رئيس القسم:

أ. قونسي محمد  
مساعد رئيس قسم علوم المادة مكلف  
بالتدريس والتعليم في التدرج





## ***REMERCIEMENT***

*Louange à Dieu pour sa grâce et merci à Dieu  
qui était avec nous sur notre long chemin et  
nous a éclairés sur le long chemin*

*J'exprime mes plus vifs remerciements et ma  
gratitude à notre superviseur, Mme **YAMINA  
CHERGUI**, pour les efforts qu'elle a déployés  
pour produire cette recherche de manière  
optimale....*

*Nous remercions également tous ceux qui ont  
contribué avec nous de loin on père, même  
sium peu....*

*Des remerciements s'adressent également,  
avant tout, au Pr, **ABD ELKADER IDDOU**, au  
collège des doyens, des professeurs, ainsi que  
les étudiants.*



# Dédicace

*Premier lieu , je remercie dieu le tout puissant qui m'a  
donnée la force de mener à terme ce travail.*

*Dédicace A mes deux adorables et agréables parents,  
mon guide dans ma vie, le symbole de tendresse ma  
chère mère et le généreux père.*

*A ma petite sœur salina. A mes frères A ma belle-famille  
A mes collègue AMMOU HOURIYA. A toute mes  
amies et mes collègues le long de mes études tous les  
personnes qui m'ont en courages et soutenu de près ou  
loin durant la réalisation de ce travail.*

**ARAB Aicha**



# Dédicace

*Voici venu le jour où j'ai souhaité que tout ce que je possédais vienne pour cela, je n'étais pas aussi content de ce que j'ai accompli que de te voir fier de moi.*

*A qui j'ai pris mes doigts pour nous offrir un moment de bonheur, à un phare qui m'a guidé pour être le meilleur, mon amour et mon père bien-aimé, que Dieu lui donne longue vie.*

*Quelqu'un peut-il remercier le soleil parce qu'il a illuminé le monde ! Mon premier amour et ma première dame, la propriétaire du cœur et le grand mérite, qui se sont tenus à mes côtés pas à pas jusqu'à ce que je devienne une femme dont vous êtes fier et chérissez, à la plus belle à mes yeux, ma mère bien-aimée*

*Je dédie mes salutations à mes partenaires de vie mes bien-aimés ; **WAHIBA, SALIHA et RAZIKA** ma nièce **KARIMA** et mon neveu **ZIYAD**. Et à ma collègue Aicha **ARAB***

***Ammou Houriya***

# ***SOMMAIRE***

## SOMMAIRE

Résumé .....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des figures.....	III
Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Etude bibliographique de polluant de l'eau</b>	
I.1. Polluant de l'eau.....	3
I.2. Type de polluant de l'eau .....	3
I.2.1. Polluant organique .....	3
I.2.2. Polluant inorganique .....	4
I.3. Les principaux polluants de l'eau .....	5
I.3.1 Polluant biologique .....	5
I.3.2. Polluant chimique .....	5
I.3.3. Polluant physique .....	6
I.4. les nomes de polluant de l'eau .....	7
I.4. Les matières solides en suspension .....	7
I.4.1. Demande chimique en oxygène (DCO) .....	7
I.4.2. Demande biochimique en oxygène (DBO) .....	7
I.4.3. L'oxygène dissous .....	7
I.4.4. Les micro-organismes .....	8
I.4.5. Le potentiel d'hydrogène .....	9
I.4.6. La température .....	9
I.4.7. Turbidité .....	10
I.5. Les sources de polluant de l'eau .....	10
<b>Chapitre 2 : Etude bibliographique de l'adsorbant</b>	
II.1. L'adsorbant .....	12
II.1.1. Définition .....	12
II.1.2. Les types d'adsorbant .....	12
II.2. les biomatériaux .....	13
II.2.1. Définition .....	13
II.2.2. Les différents class de biomatériaux .....	13
II.3. L'adsorption .....	15
II.3.1. Définition .....	15
II.3.2. Type d'adsorption .....	15
II.3.3. Isotherme d'adsorption .....	16
II.4. Cinétique d'adsorption .....	19
II.5. Capacité d'adsorption .....	20
<b>Chapitre 3 : Méthode et matériel</b>	
III.1. Méthodologie expérimentale .....	21
III.1.1. Origine de matériaux .....	21
III.1.2. Description de matériaux.....	21
III.2. Préparation des matériaux.....	22
III.2. 1. Lavage .....	22
III.2.2. Séchage .....	22
III.2.3. Broyage .....	22
III.2.4. Tamisage .....	22
III.1.5. Les solutions .....	23
III.3. Caractéristique des colorants .....	23
III.3.1. Rhodamine B .....	23

III.3.2. Tartrazine jaune .....	24
III.3.3. Préparation des colorants .....	25
III.4. Les appareils .....	25
III.4.1. La spectroscopie UV-Visible .....	25
III.4.2. La spectroscopie infrarouge .....	26
III.4.3. Centrifugeuse .....	27
III.5. Analyse physico-chimique des matériaux .....	28
III.5.1. Le teneur en humidité .....	28
III.5.2. Le taux de cendre .....	28
III.5.3. Indice d'iode .....	28
<b>Chapitre 4 : Résultat et Discussion</b>	
IV.1. Introduction .....	30
IV.2. L'analyse de spectroscopie infrarouge .....	30
IV.3. L'analyse physico-chimique d'adsorption .....	31
IV.4. Courbe d'étalonnage .....	32
IV.5. L'adsorption des colorants sur des matériaux naturels .....	33
IV.5.1. Les différent paramètre physico-chimique d'adsorption .....	33
IV.6. Modélisation de cinétique d'adsorption .....	36
IV.6.1. Modèle de pseudo-premier-ordre .....	36
IV.6.2. Modèle de pseudo-second-ordre .....	37
IV.6.3. Modèle d'Elovich .....	38
IV.7. Isotherme d'adsorption .....	40
IV.8. Modélisation d'isotherme d'adsorption .....	41
Conclusion général .....	44
Références bibliographiés .....	45



**Résumé :**

L'adsorption est la technologie la plus importante pour résoudre les problèmes de pollution et protéger l'environnement grâce à l'utilisation de matériaux absorbants. Tout changement physique ou chimique de la qualité de l'eau affecte négativement les organismes vivants.

Dans ce travail, nous avons préparé et déterminé les propriétés physiques et chimiques des matériaux absorbants en particulier, nous nous sommes appuyés sur le noyau de datte et les feuilles de palmier comme matériau absorbant. Les colorants utilisés sont comme polluants organiques la rhodamine B et le Tartrazine jaune. Nous avons caractérisé les absorbants par spectroscopie infrarouge, teneur en humidité, teneur en cendres et teneur en iode.

Divers paramètres tels que l'acidité, la masse et le temps de contact ont été étudiés, les adsorbants ont été caractérisés par des modèles de cinétique d'adsorption correspondant au modèle du système pseudo premier ordre, pseudo second ordre et Elovich.

**Mots clés :** adsorption, polluants organiques, matériau absorbant, noyau de dattier et feuilles de palmier.

**Abstract:**

Adsorption is the most important technology in addressing pollution problems and protecting the environment by absorbent materials. Any physical or chemical change in water quality negatively affects living organisms.

In this work, we prepared and determined the physical and chemical properties of the sorbent materials in particular, we relied on date kernel and palm leaves as the absorbent material and Rhodamine B and Tartrazine yellow as the organic pollutants. We analyzed the absorbents by infrared, moisture content, ash content and iodine mark. Various parameters such as acidity, mass and contact time were studied, the adsorbents were characterized by adsorption kinetics models corresponding to the model of the pseudo first order, pseudo second order and Elovich system.

**Key words:** adsorption, organic pollutants, sorbent material, date kernel and palm leaves.

**ملخص**

يعد الامتزاز أهم تقنية في معالجة مشاكل التلوث وحماية البيئة من خلال استعانة بمواد ماصة. وأي تغيير فيزيائي أو كيميائي في نوعية المياه يؤثر سلباً على الكائنات الحية. في هذا العمل قمنا بإعداد وتحديد خصائص فيزيائية وكيميائية للمواد المدمصة على وجه الخصوص، اعتمدنا على نواة تمر وأوراق النخيل كمادة ماصة، ورودامين ب و طارطخازين كملوثات عضوية. قمنا بدراسة تحليلية للممتصات بواسطة الأشعة الحمراء، محتوى الرطوبة، محتوى الرماد وعلامة اليود. تمت دراسة مختلف المعايير مثل الحموضة، الكتلة ووقت الاتصال، تميزت الممتصات بواسطة نماذج حركية الادمصاص الموافقة لنموذج الدرجة الأولى الزائفة، الدرجة الثانية الزائفة و الوفيتش. **كلمات مفتاحية:** إدمصاص، ملوثات عضوية، مادة ماصة، نواة التمر واوراق النخيل.

**LISTE DES TABLEAUX**

	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>Tableau 1 :</b>	Seuil de toxicité des polluants organiques	4
<b>Tableau 2 :</b>	Seuil de toxicité des polluants inorganiques	5
<b>Tableau 3 :</b>	Caractéristique physico-chimique de Rhodamine B	24
<b>Tableau 4 :</b>	Résultat des groupements fonctionnels de caractéristiques les surface de matière	31
<b>Tableau 5 :</b>	Présent quelque caractéristique physico-chimique des différents matériaux utilisés	31
<b>Tableau 6 :</b>	Constant des différents modèles de cinétique d'adsorption de colorant sur des matériaux	39
<b>Tableau 7 :</b>	Les valeurs de constant correspondants à chaque isotherme indiquant des résultats par chaque modèle.	43

**LISTE DES FIGURES**

	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>Figure 1 :</b>	les principales sources naturelle et anthropique des polluants de l'eau	10
<b>Figure 2 :</b>	type d'isotherme	17
<b>Figure 3 :</b>	schéma de noyau	21
<b>Figure 4 :</b>	le noyau de datte	21
<b>Figure 5 :</b>	schéma de feuille de palmier dattier	22
<b>Figure 6 :</b>	la feuille de palmier dattier	22
<b>Figure 7 :</b>	la structure de Rhodamine B	24
<b>Figure 8 :</b>	la structure de Tartrazine jaune	25
<b>Figure 9 :</b>	schéma de principe de spectroscopie UV-Visible mono faisceau	26
<b>Figure 10 :</b>	spectrophotométrie Cary 60 UV-Vis	26
<b>Figure 11 :</b>	Centrifugeuse	27
<b>Figure 12 :</b>	spectre infrarouge de noyau de datte	30
<b>Figure 13 :</b>	spectre infrarouge de feuille de palmier dattier	31
<b>Figure 14 :</b>	courbe d'étalonnage de tartrazine jaune	32
<b>Figure 15 :</b>	courbe d'étalonnage de Rhodamine B	32
<b>Figure 16 :</b>	l'effet de pH sur l'adsorption de Tartrazine jaune sur le noyau de datte et feuille de palmier dattier	33
<b>Figure 17 :</b>	l'effet de pH sur l'adsorption de Rhodamine B sur le noyau de datte et feuille de palmier dattier	33
<b>Figure 18 :</b>	l'effet de masse sur les colorant tartrazine par l'adsorption de noyau de datte et feuille	34
<b>Figure 19 :</b>	l'effet de masse sur les colorant Rhodamine B par l'adsorption de noyau de datte et feuille	34
<b>Figure 20 :</b>	l'effet de temps de colorant tartrazine par l'adsorption de noyau de datte et feuille	35
<b>Figure 21 :</b>	l'effet de temps de colorant Rhodamine B par l'adsorption de noyau de datte et feuille	35
<b>Figure 22 :</b>	modèle pseudo-premier-ordre par tartrazine jaune	36

## LISTE DES FIGURES

	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>Figure 23 :</b>	modèle pseudo-premier-ordre par Rhodamine B	37
<b>Figure 24 :</b>	modèle pseudo-seconde-ordre par tartrazine jaune	37
<b>Figure 25 :</b>	modèle pseudo-seconde-ordre par Rhodamine B	38
<b>Figure 26 :</b>	modèle d'Elovich par tartrazine jaune	38
<b>Figure 27 :</b>	modèle d'Elovich par Rhodamine B	39
<b>Figure 28 :</b>	l'effet de concentration initiale sur l'adsorption du tartrazine jaune sur le noyau de datte et feuille de palmier datte	40
<b>Figure 29 :</b>	l'effet de concentration initiale sur l'adsorption du Rhodamine B sur le noyau de datte et feuille de palmier datte	40
<b>Figure 30 :</b>	modèle de Langmuir du colorant Tartrazine jaune	41
<b>Figure 31 :</b>	modèle de Langmuir du colorant Rhodamine B	41
<b>Figure 32 :</b>	modèle de Freundlich du colorant Tartrazine jaune	42
<b>Figure 33 :</b>	modèle de Freundlich du colorant Rhodamine B	42

***INTRODUCTION***  
***GENERALE***

### INTRODUCTION GENERALE

L'eau est un élément nécessaire à l'habite. Son rôle est essentiel pour l'évolution économique de la civilisation humaine vu son utilisation dans de nombreux secteurs notamment l'industrie et l'agriculture. Cette ressource vitale est très connue par sa grande fragilité. D'où la nécessité de reformer des moyens efficaces pour sa protection contre la pollution [1].

Plusieurs techniques ont été utilisées pour traiter certains polluants solubles dans les effluents des eaux industries et agricoles....etc. Elles sont différentes les unes par rapport aux autres et peuvent être citées à titre d'illustration l'adsorption, l'électrolyse la précipitations [2].

L'adsorption est l'une des techniques les plus optimales pour cette élimination de polluants, à cause de sa grande capacité d'épurer les eaux contaminées. Le charbon actif est l'adsorbant le plus couramment utilisé mais reste très onéreux et nécessite en plus une régénération, constituant un facteur limitant. Ceci a donc encouragé des travaux de recherche en les orientant vers des procédés de traitement faisant appel à des matériaux naturels moins couteux et largement disponibles. En effet la performance et l'efficacité de cette technique d'adsorption dépend d'une façon prépondérante de la nature du support utilisé comme adsorbant, son cout, son abondance, sa régénération, etc. La présente étude s'inscrit dans cette perspective en essayant de tester des matériaux issus de déchets agro-alimentaires, particulièrement les noyaux des dattes et les feuilles de palmier dattier, afin d'éliminer certains polluants organique et inorganique, par adsorption [3].

L'objecte de cette étude est de tester des matériaux, particulièrement le noyau des dattes et le feuille de palmier dattier, afin d'éliminer certains polluants organique et inorganique par l'adsorption.

Le premier chapitre présent une étude bibliographique sue les polluants de l'eau dans la nature en décrivant ses définition, les différents types et principaux polluant de l'eau, les normes physico-chimique et biologique, et les sources polluants de l'eau.

Le deuxième chapitre décrit en détails le procédé d'adsorption ainsi que les types d'adsorbant utilisés dans la technique. Après, présent une étude sur les biomatériaux en décrit ses différentes classes, l'efficacité et le domaine d'application. A fin, présent une étude sur la technique d'adsorption et les différentes modifications apportées aux

matériaux (adsorbants), ceci est suivi par une discussion des différentes isothermes et cinétiques décrit ce processus.

Le troisième chapitre représente en la méthodologie expérimentale ainsi que l'origine et description des matériaux. Ont été écrit la manière de préparation des matériaux et les solutions utilisées. Comme mentionnée les caractéristiques et préparation des colorants. Ainsi que représente l'appareil utilisé dans l'étude expérimentale.

Le quatrième chapitre représente les résultats obtenu dans l'étude expérimentale et indique le compte-rendu expérimentale.

Une conclusion générale décrit concis à les principaux des résultats obtenu ainsi que représenté le conseil future en perspective dépanné les matériaux utilisée.

# ***CHAPITRE I***

## **Étude bibliographique : Polluant de l'eau**



Le polluant de l'eau est un polluant chimique de nature organique et inorganique générés par les différentes activités anthropique. Ce regroupe les solvants, les métaux (Zn, Pb, Cd.....), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les produits pharmaceutique, les pesticide, les sels,...etc. [4]

Parmi les polluants de l'eau, de nombreux micropolluants, issus des activités humaines se trouvant dans l'environnement, peuvent avoir des conséquences néfastes sur les écosystèmes récepteurs, et donc avoir un impact sur la santé de l'homme soit par l'ingestion directe des végétaux et d'animaux contaminés, soit par la consommation de l'eau. Les micropolluants métalliques les plus importants et les plus fréquemment rencontrés sont : le Cu, Zn, Cd, Cr, Pb, Ni, et le Hg. [5,6]

### **I.2. TYPE DE POLLUANT DE L'EAU :**

#### **I.2.1. Polluant organique :**

Les polluants organiques sont les plus nombreux et les plus dangereux. Certaines de ces substances sont même cancérigènes ou mutagènes, d'où l'importance de les éliminer. Ils peuvent être classés en phénols, hydrocarbures, colorants, détergents et pesticides, formant de loin, la première cause de pollution des ressources en eaux. Ces matières organiques sont notamment issues des effluents domestiques (déjections animales et humaines, graisses,... etc.) mais également des rejets industriels. Elles provoquent l'appauvrissement en oxygène des milieux aquatiques, avec des effets bien évidents sur la survie de la faune. Ce sont aussi tous les déchets carbonés tels que la cellulose produite par les papeteries, le sucre ou le lactosérum des industries agro-alimentaires. À l'inverse des matières en suspension (MES), elles constituent une nourriture de choix pour les microorganismes de l'eau et provoquent leur prolifération. Les matières organiques se mettent alors à vider le milieu de son oxygène, ce qui s'avère fatal pour la vie aquatique et les micro-organismes vont le chercher dans les sulfates dissous ( $SO_4^{2-}$ ), qu'elles réduisent en sulfure, qui se dégage sous forme de sulfure d'hydrogène, engendrant une odeur d'œufs pourris. Le seuil de toxicité de polluants organique est présenté sur le tableau (1) suivant [7] :

**Tableau 1 :** Seuil de toxicité des polluants organiques [7].

Polluants	Procédé aérobie	Nitrification	Procédé anaérobie
	(Valeur limite en mg/l)		
Hydrocarbures	50	50	50
Phénol	50	10	(*)
Dinitrophénol	5	(*)	5
Pentachlorophénol	5	(*)	5
Chloroforme	20	20	10
Chlorure de méthylène	50	(*)	(*)
Chlorure	15000	(*)	(*)
Nitrites	40	(*)	(*)
Sulfites	20	(*)	(*)
Ammonie	1600	(*)	(*)

(\*) : Résultats insuffisants.

### 1.2.2. Polluant inorganique :

Les éléments sous forme de traces, présents à l'état solide dans les sols, sont mis en circulation par l'érosion qui les met en solution ou suspension. Le ruissellement sur les surfaces imperméables (sols, chaussée) ainsi que les sources anthropiques s'ajoutent à ces sources naturelles liées à l'érosion. Les métaux lourds sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : mercure, plomb, cuivre, arsenic, nickel, zinc, cobalt, manganèse. Les plus toxiques d'entre eux sont le plomb, le cadmium et le mercure. De nombreuses activités industrielles telles l'électronique, les traitements de surface, l'industrie chimique, utilisent des métaux d'où la possibilité de rejets dans l'environnement [8].

Généralement, l'implantation d'unités industrielles privilégie les sites à proximité des fleuves pour le transport de matières premières, pour l'alimentation en eau de refroidissement des installations et aussi pour les possibilités de rejets des effluents industriels. En effet l'eau a longtemps été l'exutoire qui permettait d'évacuer ces déchets, sans respect des normes. A titre indicatif le tableau (2) suivant présente le seuil de toxicité des polluants minéraux en France [7].

## CHAPITRE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE POLLUANT DE L'EAU

**Tableau 2 :** Seuil de toxicité des polluants inorganique [7]

Polluants	Procédé aérobie	Nitrification	Procédé anaérobie
	<b>Valeur limite en mg/l</b>		
Cuivre	2	1	1
Zinc	5	0.5	5
Plomb	1	0.5	5
Chrome	5	2	5
Nickel	1	0.5	2
Cadmium	0.2	0.5	(*)
Sulfures	20	(*)	100
Cyanures	1	(*)	(*)

(\*) : Résultats insuffisants.

### **I.3. LES PRINCIPAUX POLLUANTS DE L'EAU**

#### **I.3.1. Polluant biologique :**

Les humains sont les plus importants pollueurs biologiques de la planète : les contaminants fécaux sont parmi les polluants biologiques des sources d'eau potable ; par conséquent l'homme et les animaux domestiques sont souvent contaminés par des microbes pathogènes [9].

Les bactéries présentes dans la matière organique peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine et animale [10]. Telles que les streptocoques, *Cryptosporidium*, *Escherichia coli* O157, etc. En outre la pollution virale de la biosphère peut aussi avoir des effets dévastateurs et selon les estimations, il y en a dix fois plus de virus sur la Terre que l'ensemble des cellules vivantes [9].

#### **I.3.2. Polluant chimique :**

Les industries chimiques continuent à synthétiser des milliers des substances chaque année. Plusieurs de ces produits sont spécifiquement conçus pour être toxiques et persistants. Cependant, les contaminants les plus nuisibles à la santé sont les produits chimiques d'origines naturelles qui se trouvent habituellement dans les eaux souterraines.

*1. Le groupe des matières inhibitrices englobant :*

-L'arsenic provient des pesticides, des produits de conservation du bois et de l'exploitation minière.

## CHAPITRE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE POLLUANT DE L'EAU

- Le fluor quand sa concentration dépasse les 10 mg / l.
  - Le sélénium : se trouvant surtout au voisinage des mines.
  - L'uranium : se trouve dans les eaux souterraines, associé aux roches granitiques et aux autres dépôts minéraux.
  - Le fer et le manganèse : peuvent survenir à des concentrations élevées dans certaines eaux de source en conditions anaérobies.
  - Les métaux lourds, et les solvants, tels que le tri et tétrachloréthane, qui se trouvent parfois dans les eaux souterraines et les hydrocarbures en particulier les huiles de pétrole.
2. *Un autre ensemble qui regroupe* : l'azote organique et ammoniacal, le phosphore et les composés organohalogénés.
  3. *les sels minéraux*
  4. *Les hydrocarbures aromatiques* : à faible poids moléculaires et à des concentrations moins de 30 µg/l.
  5. *Le PCB (bi-phényles poly-chlorés)* : autre fois largement utilisé comme lubrifiant et liquide de refroidissement [11].

### **I.3.3.Polluant physique :**

La pollution physique est due essentiellement aux substances en suspension (matières solides). Bien que sa forme commune est la pollution thermique. [12] Elle peut englober également plusieurs autres aspects : couleur, transparence, pH dont on peut citer :

- Les matières en suspension désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et la troublent.
- Les déchets solides divers (objets d'origines variés) posent des problèmes d'esthétiques.
- Les matières colorantes modifiant la transparence du milieu.
- La pollution thermique due au rejet des eaux utilisées pour le refroidissement des installations industrielles diverses.
- Les acides et les alcalins déchargés par l'industrie chimique et d'autres installations industrielles [13].
- Les risques nucléaires résultent des accidents divers ou des rejets des centrales nucléaires, ou dans le pire des cas, à partir d'une explosion nucléaire. Ces polluants sont notamment une série d'éléments et des composés radioactifs y compris les éléments dérivés de l'uranium, le plutonium, le césium, et l'iode [14].

## **I.4. LES NORMES DE POLLUANT DE L'EAU :**

### **I.4.1. Les matières solides en suspension :**

L'eau contient de nombreux composés qui peuvent se regrouper en trois catégories :

*a. Les matières en suspension :* ces produits peuvent être d'origine minérale (sable, limons, argiles) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animal, acides humiques ou fulviques) et les microorganismes tels que bactéries, plancton, algues et virus.

*b. Les matières colloïdales :* ce sont des particules de plus petites taille que les MES (supérieure à 1 micron) dont la décantation est lente.

*c. Matières dissoutes :* ce sont généralement des cations ou des anions, on peut trouver notamment des gaz comme O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S [15].

### **I.4.2. Demande chimique en oxygène (DCO) :**

La demande chimique en oxygène représente tout ce qui peut être oxydé, en particulier certains sels minéraux oxydables (sulfures, sulfites) et la majeure partie des composés organiques. La DCO est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. Elle correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quel que soit leur origine organique ou minérale [16].

### **I.4.3. Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :**

La demande biochimique en oxygène est définie comme étant la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai (incubation à 20°C et à l'obscurité après un temps de 5 jours) pour assurer par voie bactérienne l'oxydation biologique de matière organique dite biodégradables [16].

### **I.4.4. L'oxygène dissous :**

Est un composé de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes qui ont lieu dans les écosystèmes aquatique.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différent facteur, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg(O<sub>2</sub>)/l [17].

### **I.4.5. Les micro-organismes :**

Les micro-organismes qui se trouvent dans l'eau usée sont à l'origine du traitement biologique. Ils comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et helminthes.

*a. Les virus :* ce sont des micro-organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité de cas, sauf pour le Coronavirus ou elle peut aussi avoir lieu par inhalation.

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles. Ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal, parmi les rota virus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'hépatite A [18].

*b. Les bactéries :* Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau (Tableau 4). Leur taille est comprise entre 0.1 et 10  $\mu\text{m}$ . la quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ  $10^{12}$  bactéries/g.

Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries/100 ml dont  $10^5$  Proteus et entérobactéries,  $10^3$  à  $10^4$  streptocoques et  $10^2$  à  $10^3$  Clostridium. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles dont on connaît plusieurs centaines de sérotype différent, dont ceux responsable de la typhoïdes, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermo tolérants [19].

*c. Les protozoaires :* Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogène sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte.

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des

eaux usée. Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia* [20].

*d. Helminthes* : Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10<sup>3</sup> œufs/l. il faut citer, notamment, *Ascaris lombricoïdes*, *Oxyures vermiculaires*, *Trichuris Tricheraï*, *Tænia saginata*.

Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. [21]

#### **I.4.6. Le potentiel d'hydrogène :**

C'est un paramètre qui permet la mesure de la concentration des protons H<sup>+</sup> dans un milieu aqueux en déduisant sa nature (acide, basique ou neutre), ce paramètre joue un rôle très important dans le développement de la vie aquatique. De plus, le pH influe sur le comportement de certains éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la mise en solution et donc la toxicité en rendant les métaux bio disponibles. Généralement, les valeurs de pH des eaux naturelles sont comprises entre 6 et 8,5 [22].

#### **I.4.7. La température :**

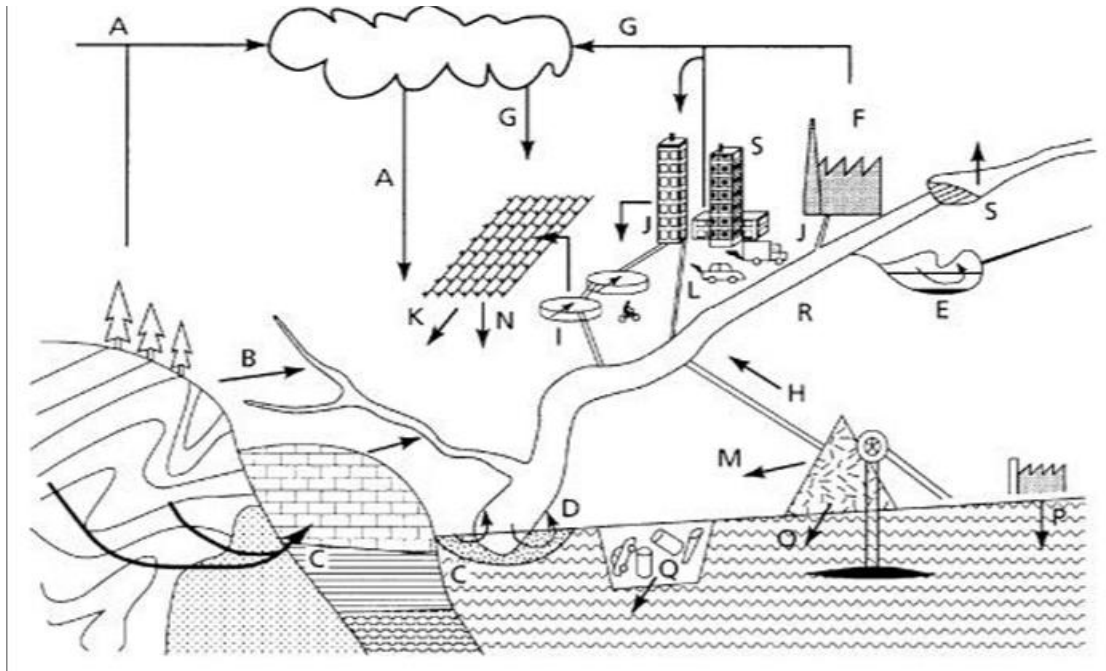
La température est un facteur écologique important pour les milieux aqueux. Elle est liée d'une part, aux variations saisonnières et journalières de la température ambiante et d'autre part, aux rejets des activités anthropiques (eaux de refroidissement). Sa perturbation peut influencer la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans les processus bactériens comme la nitrification et la dénitrification. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C, par contre elle est fortement diminuée pour des températures comprises entre 12 et 15°C. Les températures inférieures à 5°C sont défavorables à ce phénomène. Plusieurs paramètres dépendent de la température de l'eau comme le pH et l'oxygène dissous [23].

**I.4.8. La turbidité :**

C'est un paramètre indiquant la réduction de la limpidité de l'eau. Cela est dû à la présence des matières en suspension non dissoutes (MES) provenant de l'érosion et du lessivage des sols, ou des matières particulaires issues de la dégradation de la matière animale et végétale. Elle est exprimée généralement en NTU (Néphélocimétrie Turbidité Unit) ou FTU (Formazin Turbidité Unit) [24].

**1.5 LES SOURCES DE POLLUANT DE L'EAU :**

En général, les eaux souterraines sont moins vulnérables à la pollution que les eaux de surface. Il existe des sources naturelles de contamination des eaux, tels que les ressorts des poisons, les suintements de pétrole, l'érosion et la sédimentation (figure 1) ; mais la plupart des discussions sur la pollution de l'eau se rapportent aux changements d'origine humaine qui affectent la qualité de l'eau ou son utilisation. La pollution de production peut être considérée sous la rubrique des quatre grands secteurs d'activités humaines : l'industrie, l'énergie, le transport et l'agriculture. Avec l'augmentation marquée de la population et l'industrialisation, un nouvel ensemble des polluants est apparu.



**Figure 1 :** Les principales sources naturelles et anthropiques des polluants de l'eau

a- Les sources et les voies naturelles : [25]

A. les retombées océaniques et les sels ;



## **CHAPITRE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE POLLUANT DE L'EAU**

- B. le lessivage des sols et l'érosion ;
- C. la dissolution minérale par les eaux souterraines ;
- D. les processus biogéochimiques dans les écotones ;
- E. les processus au sein des masses d'eaux ;
- F. l'évaporation.

### **b- Les sources anthropiques et leurs voies : [26]**

- G. la pollution atmosphérique ;
- H. la libération directe des eaux des mines ;
- I. la sortie des eaux usées urbaines ;
- J. le rejet des déchets industriels dans les eaux ;
- K. les eaux de ruissellement provenant des terres agricoles ;
- L. les eaux de ruissellement provenant des zones urbaines ;
- M. Les eaux de ruissellement provenant des résidus des mines ;
- N. le lessivage des sols contaminés aux eaux souterraines ;
- O. la lixiviation de résidus de mines des eaux souterraines, des décharges de polluants
- P. Les fuites ;
- Q. les libérations des déchets vers les eaux souterraines.
- R. les canalisations ;
- S. Les barrages.

# ***CHAPITRE II :***

**Étude**

**bibliographique**

**Adsorbant,  
Biomatériaux,**

**Adsorption**

## **CHAPITRE II :ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ADSORBANT**

### **II.1 DEFINITION DE L'ADSORBANT :**

L'adsorbant est un constituant et matériaux utilisés sous forme de granulés sphériques ou des tiges ont été optimisées pour un certain type d'adsorption. Ils doivent avoir une bonne résistance à l'abrasion et à la température et avoir des pores de faible diamètres, ce résulte en une surface spécifique élevée. Il n'existe donc pas une unique liste de caractéristique permettant de définir un adsorbant. Mais plutôt existe un très grand nombre de type de matériaux pouvant avoir des propriétés très différentes. Elle joue un rôle déterminant dans la fixation du substrat, par la taille de ses particules. En effet plus la taille est petite, plus la surface de contact sera grande. Ce qui va alors augmenter son pouvoir de rétention. En outre, cette surface s'accroît lorsque le support est poreux [27].

#### **II.1.2. Les types d'adsorbant :**

En plus des adsorbants naturels, de nouveaux adsorbants sont développés.

##### ***a- Les zéolithes :***

Le mot "zéolithe" est constitué de mots grecs qui lui donnent la signification de "pierre qui bout". Ces sont type de pierreux silicates et aluminates, et elle ensemble de composée constituée principalement des silicates et aluminates hydratés à l'état cristallin.

Ces composés possèdent la propriété de perdre lentement leur eau de cristallisation par chauffage modéré, sans changer de structure cristalline. Ils deviennent spongieux et très adsorbants. Il existe des zéolithes artificielles, avec des pouvoirs adsorbants très importants. Ils possèdent la propriété de fixer les sels de métaux lourds qui se trouvent dans les eaux [28].

##### ***b- Adsorbants minéraux :***

Les alumines et oxydes métalliques divers ; bien que présentant, pour certains, des surfaces spécifiques importantes (300 à 400 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>). Ces solides adsorbent plus sélectivement que les charbons. Leur capacité dépend étroitement du pH et de leur mésoporosité. En dessous du point isoélectrique, seules les molécules chargées négativement sont adsorbées sur les sites positifs. Dans l'état actuel de leur développement, ils ne peuvent être compétitifs vis-à-vis du charbon actif pour adsorption de MO de l'eau. Cependant, certains de ces solides, comme les alumines ou les oxyhydroxydes ferriques, présentent un réel intérêt pour l'élimination du fluor, des phosphates des nitrates [28].

## **CHAPITRE II :ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ADSORBANT**

### ***c- Adsorbants organiques***

Résines macromoléculaires à surfaces spécifiques comprises entre (300 et 750 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>); leurs capacités sont très médiocres par rapport à celles des charbons actifs. Ces revanche, ces résines ont une meilleure cinétique d'adsorption et sont souvent plus faciles à régénérer (énergie de liaison faible) [28].

## **II.2. LES BIOMATERIAUX :**

### **II. 2.1. Définition :**

Les biomatériaux sont matériaux non vivant utilisées dans l'interaction avec systèmes biologique.

Définition élaborée à Chester en 1986 par la conférence de Consensus organisée sous l'égide de la Société Européenne des Biomatériaux. Un biomatériau est un matériau appelé à travailler sous contrainte biologique, mais aussi et à la fois sous contrainte mécanique, chimique et biochimique. Il soutient ou remplace les fonctions de cellules ou de tissus humains [29].

### **II.2.2. Les différentes classes de biomatériaux :**

Le domaine des biomatériaux est très vaste et regroupe plusieurs produits. Les développements récents des biomatériaux céramiques ou polymères pourrait nous donner l'impression qu'il n'y a plus d'avenir pour les biomatériaux métalliques. En fait, si les céramiques et polymères présentent des caractéristiques intéressantes, ils présentent toujours des lacunes, spécialement dans leurs propriétés mécaniques. C'est pourquoi il est très important de penser en terme de biomatériaux métalliques, de rassembler les propriétés mécano-chimiques des deux types pour compenser leurs différentes faiblesses. Les différents types des biomatériaux peuvent être classés en quatre groupes :

- Les métaux et alliage métallique,
- Les céramiques,
- Les polymères,
- Les autres matériaux d'origine naturelle ou synthétisé [30].

#### **a- Les métaux et alliage métallique :**

Ce sont en quelque sorte les «ancêtres» des biomatériaux puisque ce sont les premiers qui ont été utilisés pour faire des implants [31].

## **CHAPITRE II :ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ADSORBANT**

1. Les aciers inoxydables : l'intérêt de l'acier dans ce domaine réside dans ses excellentes propriétés mécaniques. Ils sont largement utilisés en chirurgie orthopédique [32].

2. Les alliages cobalt – chroment : sont principalement utilisés dans le domaine des chirurgies cardiovasculaires, orthopédiques et l'implantation dentaire. On les trouve également utilisés en implant dentaire, barre spinale et dans la reconstruction d'orbite oculaire. Les alliages les plus connus sont CoCrMoNi (Vitallium : Co, Cr : 28%, Mo : 6%, Ni : 2%), CoCrNi et CoCrMo [33,34].

3. Les alliages à base de nickel : Le nickel est un métal facile à travailler, donc les alliages à base de nickel ont servi pour la fabrication de prothèses dentaires. Comme les alliages déjà présentés, ces matériaux sont aussi susceptibles d'être fissurés par corrosion, raison pour laquelle ils sont peu utilisés [30].

4. Les alliages à base de titane : Le titane et ses alliages sont de loin les biomatériaux métalliques les plus fréquemment utilisés, grâce à leurs bonnes propriétés mécaniques. Ils représentent des matériaux de choix pour les applications biomédicales [30].

5. Les métaux nobles : A cette catégorie, on rattache le tantale, le palladium, le platine, l'or, l'argent, l'iridium et le niobium. La plus connue est l'utilisation de l'or en dentisterie. Le coût élevé de ces matériaux rend leur utilisation de plus en plus rare [30].

### **b- Les céramiques**

Les céramiques se caractérisent par une température de fusion élevée et un comportement fragile, qui déterminent leurs domaines d'application. Elles incluent des oxydes, des sulfures, des borures, des nitrures, des carbures, des composés intermétalliques. Dans le domaine des biomatériaux, on rencontre principalement les céramiques bio-inertes représentées par l'alumine et la zircone. Ils présentent des propriétés mécaniques intéressantes, principalement en compression. La plus connue, le TZP (tetragonal zirconia polycrystal –  $ZrO_2 + 3\% Y_2 O_3$ ) est employée au sein de prothèses de hanche totale. Il faut signaler tout particulièrement les utilisations et les développements de deux céramiques à base de phosphate de calcium dite bioactives : l'hydroxyapatite (HA) et le phosphate tricalcique (TCP). La caractéristique de ces céramiques est une composition chimique qui se rapproche le plus possible de celle de l'os naturel : le phosphate de calcium [35].

## **CHAPITRE II :ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ADSORBANT**

### **c- Les polymères :**

Les utilisations des polymères dans le domaine des biomatériaux sont extrêmement nombreuses. Les deux grandes tendances de l'usage des polymères concernent : les polymères fonctionnels qui sont susceptibles d'avoir une fonction chimique particulière à l'interface matériau-tissu vivant, à savoir par exemple la capacité d'interaction avec les tissus osseux et Les polymères résorbables tels que les copolymères d'acide lactique et d'acide glycolique qui sont utilisables en chirurgie orthopédique traumatologique. A cause de leur module d'Young très faible, les polymères ne sont pas très utilisés comme matériaux soumis à des charges mécaniques. Aucun polymère ne remplit parfaitement toutes les demandes cliniques [36].

### **d- Les matériaux d'origine naturelle ou composite :**

Les matériaux d'origine naturelle et composite sont actuellement sources de nombreuses recherches. Les premiers présentent l'intérêt d'avoir la même structure que l'os qui est lui-même un matériau composite. Enfin, les matériaux d'origine naturelle (corail, nacre, chitosane, ...) présentent l'avantage d'être totalement biocompatibles [37].

## **II.3. L'ADSORPTION :**

### **II.3.1. Définition de l'adsorption :**

L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant en particulier par une modification de concentration à l'interface de deux phases non miscibles [38].

L'adsorption est un procédé de transfert de matière entre une phase liquide (ou gazeuse) chargée en composés organiques ou inorganiques et une phase solide, l'adsorbant. A l'inverse de la précipitation, l'adsorption est plutôt efficace dans le domaine de faibles concentrations. Ses principaux inconvénients résident dans la compétition pour l'adsorption entre molécules de tailles différents et le prix relativement élevé des matériaux [39].

### **II.3.2. Type de l'adsorption :**

Toute molécule ou atome qui s'approche d'une surface subit une attraction qui peut conduire à la formation d'une liaison par deux possibilités, physique ou chimique.

#### ***a. Adsorption physique :***

L'adsorption est un phénomène réversible qui résulte connecte molécules d'adsorbant sur la surface l'adsorbat à médiation des forces de Van Der Waal.

## **CHAPITRE II :ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ADSORBANT**

Ce phénomène consiste essentiellement dans la condensation de molécules sur la surface du solide et il est favorisé en conséquence par un abaissement de température [39].

Les espèces ainsi adsorbées gardent les molécules d'eau qui leur sont associées. Plusieurs couches d'atomes ou de molécules peuvent se déposer de cette manière. L'adsorption physique est généralement facilement réversible. La faculté d'un matériau à retenir des cations par adsorption physique est appelée C.E.C (capacité d'échange cationique) [44,41].

### ***b. Adsorption chimique***

L'adsorption chimique résulte d'une interaction chimique qui se traduit par un transfert d'électrons entre le solide et l'adsorbat. Il y a alors formation d'un composé chimique à l'adsorbant. Elle met en jeu une ou plusieurs liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbât et l'adsorbant. La chimisorption est généralement irréversible, produisant parfois une modification des molécules adsorbées. Ces dernières ne peuvent pas être accumulées sur plus d'une monocouche. Seules sont concernées par ce type d'adsorption, les molécules directement liées au solide [39,41].

### **II.3.3. Isotherme adsorption :**

D'une façon générale, tous les systèmes adsorbant/adsorbât ne se comportent pas de la même manière. Les phénomènes d'adsorption sont souvent abordés par leur comportement isotherme. Cette isotherme est une courbe qui représente la relation entre la quantité adsorbée par unité de masse et la concentration du soluté en solution. De telles courbes sont obtenues en laboratoire à température constante [40].

Le phénomène d'adsorption, quand il correspond à un état d'équilibre (cas de la physisorption mais nécessairement de la chimisorption), est généralement présenté par une courbe d'isotherme d'adsorption (ou isotherme).

L'isotherme est une courbe qui représente la variation de la quantité de soluté adsorbé par unité de masse d'adsorbant  $q_e$  (mg/g) en fonction de la concentration du soluté adsorbable en solution  $C_e$  (mg/L), à une température constante [42].

## CHAPITRE II :ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ADSORBANT

### a-Type d'isotherme adsorption :

Certains auteurs ont compilé de nombreuses isothermes de Langmuir et ont constaté qu'elles présentaient 4 types (Figure 2) qui ont été reliés assez précisément à divers modes de fixation.

**Type S** : Indique une adsorption verticale de molécules monofonctionnelles polaires sur un adsorbant polaire et dans un solvant polaire.

-**Type L** : Adsorption à plat de molécules bi-fonctionnelles.

-**Type H** : Commence d'une valeur positive mais pas de zéro, indique une haute affinité, c'est-à-dire que l'adsorption est totale aux faibles concentrations.

-**Type C** : La ligne droite signifie qu'il y a compétition entre le soluté et le solvant pour occuper les sites, avec toujours le même partage, concerne des molécules flexibles pouvant pénétrer loin dans les pores pour y déplacer le solvant [43].

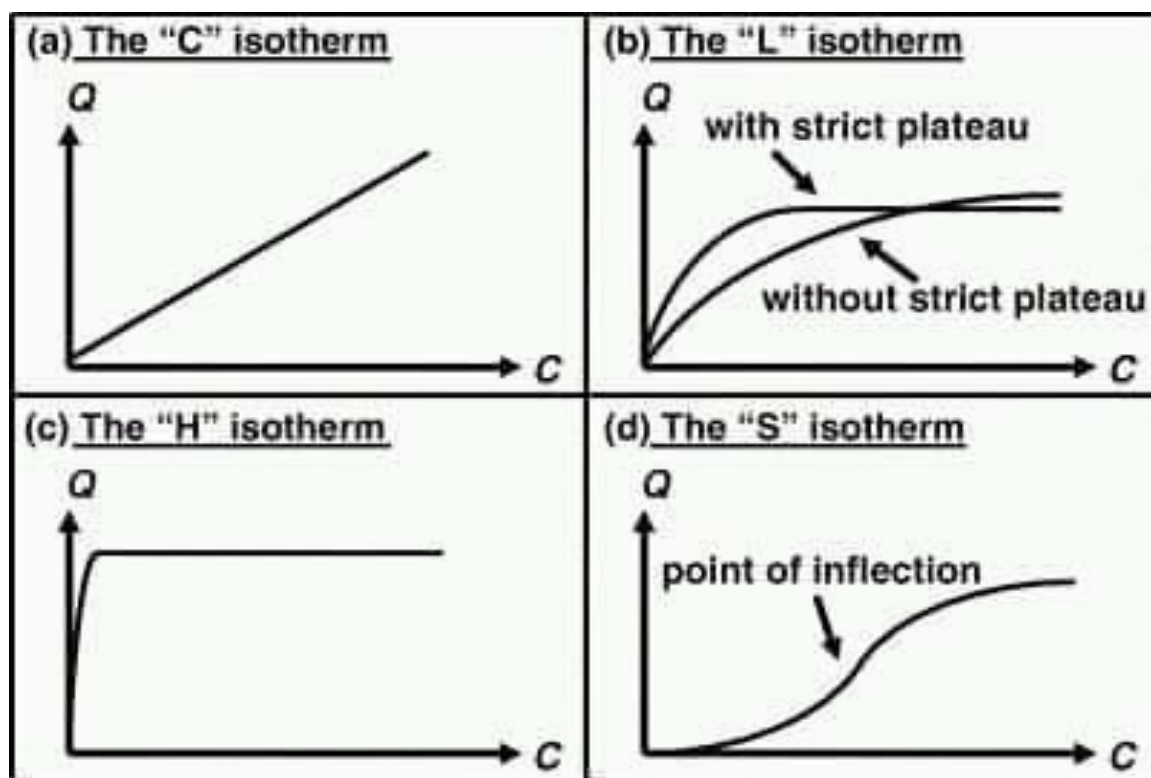


Figure 2 : Types d'isothermes.

### b-Modélisation des isothermes d'adsorption :

De nombreux auteurs ont proposé des modèles théoriques ou empiriques pour décrire la relation entre la masse d'adsorbant fixée à l'équilibre et la concentration sous



## CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ADSORBANT

laquelle elle a lieu. Il s'agit de relations non cinétiques que l'on nomme isothermes, dont nous n'exposerons que les plus utilisées [44].

### •Modèle de Langmuir :

C'est le modèle le plus utilisé pour commenter les résultats trouvés au cours de l'adsorption des composés organiques en solution aqueuse. Nous résumons ci-dessous ses principales caractéristiques [45]. A une température constante, la quantité adsorbée  $q_e$  est liée à la capacité maximale d'adsorption  $q_m$ , à la concentration à l'équilibre  $C_e$  du soluté et à la constante d'affinité  $K_L$  par l'équation:

$$q_e = \frac{q_m k_l C_e}{1 + k_l C_e} \quad (1)$$

Des développements de l'équation (1) conduisent à des formes linéaires de l'isotherme de Langmuir, deux d'entre elles sont très utilisées :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{k_l C_e q_m} \quad (2)$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{k_l q_m} \quad (3)$$

Quand  $q_e$  (la quantité adsorbée de soluté à l'équilibre) et  $q_m$  (la capacité maximale d'adsorption) sont exprimées en mg/g, et  $C_e$  (la concentration de soluté à l'équilibre en mg/l), le constant  $k_l$  est exprimé en l/mg [45].

Notons que certains auteurs définissent le rapport  $R_l$  (équation 4) comme une grandeur sans unité indiquant si l'adsorption d'autant plus favorable que  $R_l$  tend vers zéro, et d'autant plus défavorable que  $R_l$  tend vers 1 [45].

$$R_l = \frac{1}{1 + k_l C_0} \quad (4)$$

### •Modèle de Freundlich :

Le modèle simple et empirique de Freundlich est aussi très souvent utilisé. On considère qu'il s'applique à de nombreux cas, notamment dans le cas de l'adsorption en multicouches avec des interactions possibles entre les molécules adsorbées.

$$q_e = k_f C_e^{1/n} \quad (5)$$

$K_f$  et  $1/n$  : constantes de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant donné vis-à-vis un soluté donné [39].

## CHAPITRE II :ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ADSORBANT

La forme exploitée la plus courante est le tracé en échelle logarithmique des variations de  $q_e$  en fonction de  $C_e$  :

$$\ln q_e = \ln k_f + \frac{1}{n_f} \ln C_e \quad (6)$$

### II.4. CINÉTIQUE D'ADSORPTION :

La cinétique du phénomène d'adsorption est déterminée par le transfert de matière à l'interface liquide - solide où sont localisées toutes les résistances au transfert. L'équation fondamentale est celle qui régit les phénomènes de transfert de matière en général entre deux phases, en exprimant le flux d'adsorption proportionnellement à l'écart entre la quantité adsorbée  $q$  à l'instant  $t$  et la quantité adsorbée à l'équilibre ( $q_e$ ) [39].

La connaissance des paramètres de l'équilibre d'adsorption permet de déduire les capacités d'adsorption d'un support. La détermination des paramètres cinétique doit en plus être réalisée pour la prévision de l'allure des courbes. Le transfert d'un adsorbat de la phase liquide vers un site d'adsorption, fait intervenir les étapes suivantes :

- **1ère étape** (la diffusion externe) : le transfert des molécules de soluté de la phase liquide externe vers la phase liquide liée à la particule solide (par diffusion et par convection).
- **2ème étape** (la diffusion interne) : le transfert du soluté à travers le film liquide vers la surface externe de l'adsorbant (caractérisé par le coefficient de transfert  $K_f$ ).
- **3ème étape** : la diffusion de l'adsorbat à l'intérieur de la particule de l'adsorbant sous l'effet du gradient de concentration. La molécule adsorbat peut diffuser d'un site d'adsorption à un autre soit à l'état libre (après désorption) dans la phase liquide intraparticulaire (migration caractérisée par un coefficient de diffusion  $D_f$ ), soit à l'état adsorbé, d'un site d'adsorption vers un site adjacent (migration de surface caractérisée par un coefficient de diffusion  $D_s$ ).
- **4ème étape** : l'adsorption.

Le calcul de la constante d'adsorption ( $k_{ad}$ ) est obtenu à partir d'un modèle cinétique simple, celui de Lagergren :

$$\frac{dQ}{dt} = k_{ad}(Q_e - Q_t)^\alpha \quad (7)$$

Avec :  $Q_e$  : capacité d'adsorption à l'équilibre.

$Q_t$  : capacité d'adsorption à l'instant  $t$ .

## CHAPITRE II :ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ADSORBANT

$K_{ad}$  : constant de vitesse d'adsorption du substrat.

$\alpha$  : ordre de la réaction.

Dans le cas ou  $\alpha=1$  (cas le plus fréquence) une linéarisation peut conduire à la détermination de la constant  $K_{ad}$  à condition que les valeurs expérimentales soient vérifiées. Après intégration l'équation A devient :

$$\frac{dQ_e}{Q_e - Q_t} = K_{ad} * dt \Rightarrow \text{Ln} (Q_e - Q_t) = -K_{ad} * t + \text{Ln} Q_e \quad (8)$$

$K_{ad}$  est déterminée graphiquement en représentant  $\text{Ln} (Q_e - Q_t)$  en fonction du temps [39].

### II.5. CAPACITE D'ADSORPTION :

La capacité d'adsorption d'un solide dépend :

-De la surface développée ou surface spécifique du matériau. Les solides dans les milieux naturels (argiles, silice...) possèdent des surfaces spécifiques variables avec l'état physicochimique du milieu aqueux (pH, nature des cations liés, saturation de la surface par les molécules organiques...). Ainsi certaines argiles comme les bentonites (montmorillonite par exemple) ont une surface accessible à la plupart des molécules, variant de 40 à 800 m<sup>2</sup>/g. Leur capacité d'adsorption est très variable mais constitue le paramètre essentiel de la régulation des échanges et de la mobilité des éléments dans le milieu naturel. Les adsorbants industriels (essentiellement les charbons actifs développent des surfaces spécifiques élevées 600 à 1200 m<sup>2</sup>/g, caractéristiques d'une très forte microporosité). D'autres adsorbants comme les hydroxydes métalliques formés au cours de la coagulation-floculation développent eux aussi de très grandes surfaces dont l'extension est étroitement dépendante du pH.

-De la nature des liaisons adsorbant-adsorbant, c'est-à-dire de l'énergie libre d'interaction. Cette énergie est directement mesurable dans le cas de l'adsorption des gaz. Par contre, en milieu aqueux, les techniques calorimétriques n'enregistrent que l'enthalpie différentielle d'adsorption correspondant à la différence des énergies d'adsorption des molécules adsorbées et de désorption de l'eau à l'interface.

-Du temps de contact entre le solide et les solutés.

-La capacité d'adsorption augmente lorsque :

A/-La concentration du soluté augmente,

B/-La surface spécifique de l'adsorbant augmente,

C/-Le poids moléculaire du soluté augmente [46].

# ***CHAPITRE III***

# **Matériels & Méthodes**

Ce chapitre est consacré à la description de l'ensemble des expériences effectuées ainsi que les méthodes d'analyses utilisées. Le phénomène d'adsorption des colorants cationique et anionique par des matériaux naturels.

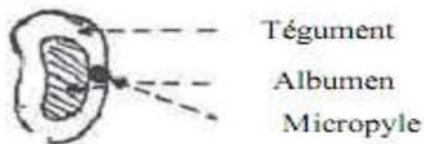
### **III.1. METHODOLOGIE EXPERIMENTAL :**

#### **III.1.1. Origine de matériaux :**

Les noyaux des dattes et les feuilles de palmier dattier ont été cultivé dans leurs habitats naturels à Oueled-Saïd en ville de Timimoun au nord d'Adrar-Alger-.

#### **III.1.2. Description de matériaux :**

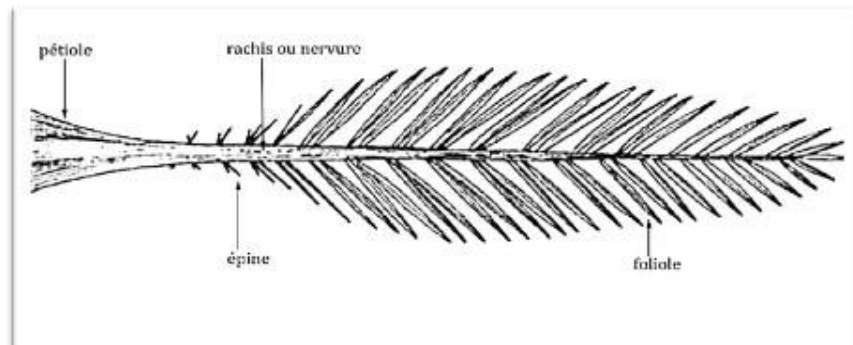
**a. Le noyau des dattes :** est un pépin de forme conformation et immensité portée ; son poids moyen oscille autour du gramme. Il represent 7 à 30% du poids de la date [47].



**Figure 3 :** schéma de noyau de datte

**Figure 4 :** le noyau de datte

**b. La feuille de palmier dattier :** est constituée de feuille appelés (Djérid) (Figure 5). Elles sont composées, pennées et insérées en hélice. Les folioles sont disposées de manière irrégulière le long du richis, les folioles inférieur de chaque feuille sont transformées en épines. Le richis de palme est long et dur, il est convexe à sa face inférieure et en gouttière à sa face supérieure (Figure 6). Les palmes sont insérées sur le stipe par un pétiole épais et bien développé «Cornaf» la courant d'un palmier adulte est formée de 100 à 125 palmes actives, le renouvellement étant approximativement de 10 à 20 nouvelle feuilles par an. Les palmes peuvent mesurer de 2 à 6m de longe selon les cultivars, l'âge du palmier et les conditions culturales [48].



**Figure 5** : schéma de feuille de palmier dattier.



**Figure 6** : la feuille de palmier dattier.

### **III.2. PRÉPARATIONS DES MATÉRIAUX :**

**III.2. 1. Lavage** : a été effectuée par récoltées de matériaux de palmier dattier. Ont été lavée plusieurs fois à l'eau de robinet pour éliminer les enduits et les poussières.

**III.2.2. Séchage** : a été effectuée après lavage des matériaux. Ont été utilisée l'énergie solaire, en vue prévenir vraisemblable dommage des propriétés physico-chimique des matériaux. Pendante quelque jours.

**III.2.3. Broyage** : est allure d'estimée à l'obtention de particule homogène pour le besoin des études laboratoire dont le diamètre est compris entre 315  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$ .

**III.2.4. Tamisage** : les tailles de particule utilisées pour les essais d'adsorption ont été isolées mécaniquement au moyen d'un tamiseur dont la dimension des mailles correspond à un diamètre compris entre 315  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$ .

#### **III.2.5. Les solutions :**

• Les solutions mère de concentration 1 g/l pour les colorants son préparées à partir de sa poudre. Les solutions étudiées ont été synthétisées par dilutions de la solution mère

jusqu'à l'obtention des concentrations désirées. Le pH de solution en mesurant à l'aide de pH-mètre.

- Les solutions étalonne des colorants sont préparées à partir de la solution mère déjà préparée, et qui ont aussi servi à l'établissement de la courbe d'étalonnage permettant ainsi le lecteur des concentrations.

- La solution de Na Cl de concentration 0.01N est préparée à partir de sa poudre.

- Préparation indice d'iode :

1- préparez un KI :

On a : 0,1M de I<sub>2</sub> et 0,2M de KI

Solution : 01 trouvez la masse 1,66g de KI une peut de fiole de 25ml complète avec l'eau distilles.

Solution : 02 trouvé la masse 1,27g de I<sub>2</sub> on ajutez la masse d'iode dans la solution 01 et un put de fiole 50ml complète avec l'eau distilles est affecter bien en attendant l'soluble et obtenue de l'indice diode.

- Préparez le thiosulfate de Na :

On a : trouve la masse de 2,48g de poudre thiosulfates de Na peut en fiole de 100ml complété avec l'eau distillés.

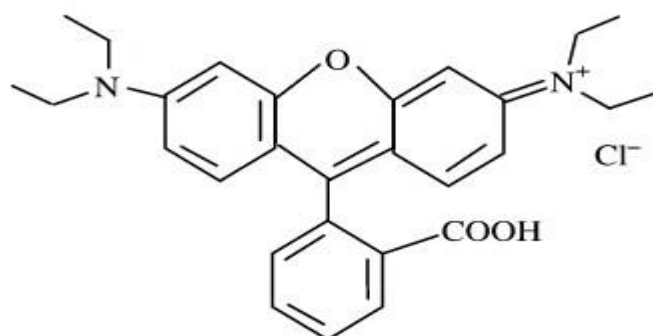
### **III.3. CARACTERISTIQUES DES COLORANTS :**

#### **III.3.1 Rhodamine B :**

La Rhodamine B, le composé modèle de cette étude, est un colorant basique de la classe des xanthènes. Elle se présente sous forme de cristaux d'un vert sombre. Elle est largement utilisée comme colorant dans l'industrie textile et alimentaire, et comme traceur fluorescent dans l'eau pour déterminer la vitesse et la direction des écoulements des rivières souterraines.

La Rhodamine B est un colorant nocif en cas d'ingestion, irritant pour les voies respiratoires et la peau. Elle peut provoquer des lésions oculaires graves en cas de contact avec les yeux. En outre, elle est potentiellement génotoxique, neurotoxique et cancérigène. Les effets mutagènes de la Rhodamine B sur les animaux, les bactéries et les insectes sont bien établis. Des expériences faites sur des animaux de laboratoire ont montré que la Rhodamine B peut provoquer des effets reproductifs et tumoraux. La structure moléculaire de la Rhodamine B est présentée sur la Figure 7. Les principales

caractéristiques physiques et chimiques de la Rhodamine B sont regroupées dans le Tableau 3 [49].



**Figure 7** : la structure de Rhodamine B.

**Tableau 3** : caractéristiques physique et chimique de Rhodamine B [49].

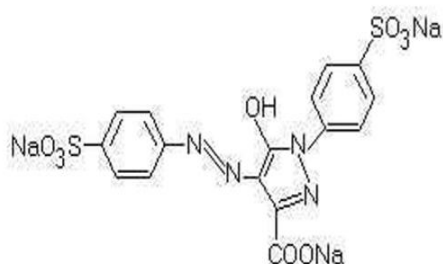
Identification du produit		Propriétés physique et chimiques	
Formule chimique	C <sub>28</sub> H <sub>31</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Cl	Aspect	Solide vert
Abréviation	Rh B	Couleur	Rouge
Autre nom (IUPAC)	N-[(CARBOXYPHENYL)- 6-(DIETHYLAMINO)-3H-XAN THEN-3-YLIDE] DIETHYLAMMONIUM CHLORIDE	Odeur	Inodore
Numéro CAS	81-88-9	Solubilité dans l'eau	34g/l à 20°C
Masse moléculaire	479.02 g/mole	Solubilité dans l'éthanol	Parfaitement soluble 0.79g/cm <sup>3</sup> à 20°C
		Densité	3.7
		pK <sub>a</sub>	1.15*10 <sup>5</sup> à
		ε (L mol <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )	pH 7
		λ <sub>max</sub>	551-555

### III.3.2 Tartrazine jaune :

Est un sel tri sodique de l'acide (sulfo-4-phénylazo-1)-4-(sulfo-4-phényl)-1 hydroxy-5 pyrazolecarboxylique-3 également connue sous le nom de FD&C N°5 ou E102 en Europe. Sa formule moléculaire chimique est : C<sub>16</sub>H<sub>9</sub>N<sub>3</sub>O<sub>9</sub>S<sub>2</sub> (Figure 8) et sa masse



molaires 534.36 g/mol. Ce colorant alimentaire appartient à la classe des colorants mono azoïques, il est de couleur jaune orange, fond à 350°C [50].



**Figure 8 :** structure de Tartrazine jaune.

### III.3.3 Préparation des colorants :

Des solutions mères du Rhodamine B et du Tartrazine jaune avec une concentration de 1000 mg/l ont été préparées en mélangeant 1g de poudre de Rhodamine B ou Tartrazine jaune avec de l'eau distillée. La solution mère a été convenablement diluée par l'eau distillée à la concentration initiale désirée.

### III.4. LES APPAREILS :

#### III.4.1 La spectroscopie UV-Visible :

Les propriétés optiques des échantillons dans les domaines de l'UV et du visible ont été étudiées par spectroscopie d'absorption UV-visible.

•**Principe** : La spectroscopie électronique est une spectroscopie d'absorption concernant des transitions de l'état fondamental vers un état excité. Elle consiste à mesurer l'atténuation d'un rayon lumineux incident d'intensité ( $I_0$ ) en fonction de la longueur d'onde lorsque celui-ci traverse un milieu homogène d'épaisseur ( $l$ ) contenant une espèce absorbante. La technique consiste à détecter et quantifier l'intensité du rayonnement dont la longueur d'onde varie entre 200 et 1400 nm, l'échantillon peut absorber, transmettre ou réfléchir les photons émis.

L'absorbance est régie par loi de BEER-LAMBERT qui s'écrit comme suit :

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon \cdot l \cdot c \quad (9)$$

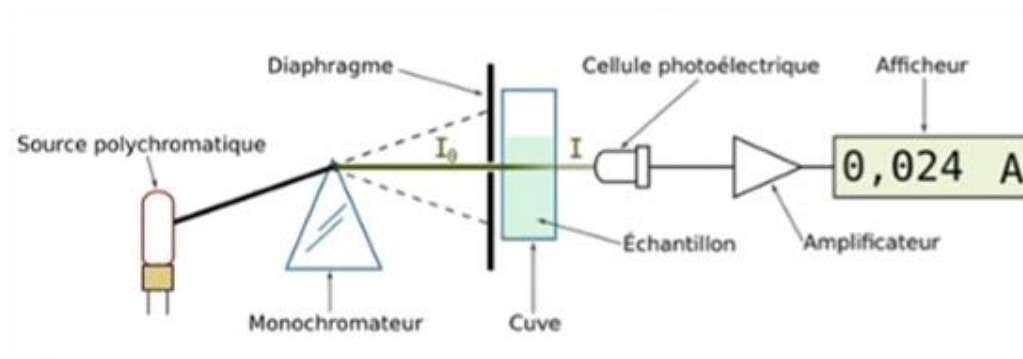
Avec :

$I_0$  et  $I$ , les intensités de la lumière incidente et transmise respectivement.

$l$  : parcours ou trajet optique (correspond à la largeur de la cellule).

$C$  : concentration en solution de l'espèce absorbante.

$\epsilon$  : coefficient d'extinction molaire [51].



**Figure 9 :** Schéma de principe de spectroscopie UV-Visible mono faisceau.



**Figure 10 :** spectrophotométrie Cary 60 UV-Vis.

### III.4.2 Spectroscopie infrarouge (FTIR) :

#### •Définition :

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier permet d'obtenir sur la nature des liaisons chimiques et peut être employée pour l'identification de composés. En effet, cette technique caractérise les transitions vibrationnelles au sein des molécules ou cristaux, produit des spectres comportant des bandes d'adsorption dont la position est caractéristique des liaisons de vibration du composé étudié. Il existe différents types de vibration : l'élongation (symétrique ou antisymétrique), la déformation angulaire, le balancement, le mouvement hors plan ou la torsion. Les plus fréquentes sont l'élongation, la déformation angulaire et le mouvement hors plan.

#### •Principe :

Le spectre infrarouge d'un échantillon est établi en faisant passer un faisceau de lumière infrarouge au travers de cet échantillon. Le domaine infrarouge entre  $4000\text{ cm}^{-1}$  et  $400\text{ cm}^{-1}$  correspond au domaine d'énergie de vibration des molécules. Lorsque la

longueur d'onde du faisceau émis est proche de l'énergie de vibration de la molécule, cette dernière absorbe le rayonnement et on enregistre une diminution de l'intensité réfléchié ou transmise. De ce fait, l'énergie du rayonnement IR se retrouve diminuée après interaction, conduisant à l'apparition d'une bande d'absorption à cette fréquence. Cette absorption n'est pas systématique ; elle dépend de la géométrie de la molécule ainsi que de sa symétrie. La position de ces bandes d'absorption va dépendre en particulier de la différence d'électronégativité des atomes et de leur masse. Par conséquent, cette technique a été utilisée afin d'identifier les fonctions de molécules présentes dans un échantillon ainsi que les molécules éliminées par le processus de synthèse comme dans notre cas [48].

### **III.4.3 Centrafigeuse :**

Est un appareil destiné à imprimer une force centrifuge, grâce à un mouvement de rotation, à un mélange généralement liquide/solide.

La force centrifuge est une accélération qui s'exerce vers l'extérieur de l'axe de rotation et permet la sédimentation au fond du tube des particules les plus lourdes, le liquide plus léger surnagent.



*Figure 11 : Centrafigeuse*

**III.5. Analyse physico-chimique des matériaux :****III.5.1 Le teneur en humidité :**

Ont pesé 0.5 g de matériaux (Noyau de dattier et feuille de palmier dattier), put dans un creusé en céramique et pesé  $M_2$  ( $M_2$  est masse de creusé+ l'échantillon), séchage dans l'étuve également la température à  $110^{\circ}\text{C}$ , pendant à séchée les matériaux [52].

L'équation de la teneur en humidité comme suivant :

$$\% H = \frac{(M_3 - M_2)}{M_1} * 100\% \quad (10)$$

Avec :

H : la teneur en humidité (%)

$M_1$  : la masse initiale de matériaux égal 0.5 g

$M_2$  et  $M_3$  : la masse de creusé rempli avant et après en séchage en g.

**III.5.2 Le taux de cendre :**

On trouvant une quantité de matériaux (0.5 g). Rempli la masse dans un creusé céramique dans un étuve avec 24h à  $T=80^{\circ}\text{C}$ . Après les 24h, déplacée le creusée dans le four à  $T=650^{\circ}\text{C}$  avec 3h. Après refroidissement ont pesé à nouveau le creusé [52].

L'équation du taux de cendre comme suivant :

$$\% C = \frac{(M_3 - M_2)}{M_1} * 100\% \quad (11)$$

Avec :

C : le taux de cendre (%)

$M_1$  : la masse initiale de matériaux (0.5g).

$M_2$  et  $M_3$  : la masse de creusé rempli avant et après en séchage en g.

**III.5.3 Indice d'iode :**

Mesurée 10ml de solution d'iode à 0.1N dans un erlenmeyer, ajoutée quelque goutte d'emprise d'amidon. Après, dosage de thiosulfate de sodium à disparition la couleur. ( $V_b$ )

Préparée 15ml de solution d'iode (0.1N), ajoutée 0.05g de matériaux dans erlenmeyer avec l'agitation à 4min. filtrée la solution.

Après, on trouve 10ml de filtrat et ajoutée quelque goutte d'emprise d'amidon. Afin, dosage de thiosulfate de sodium (0.1N).  $V_s$

L'équation d'indice d'iode écrit comme :

$$I_d = \frac{(V_b - V_s) \cdot N \cdot (126.9) \cdot \left(\frac{15}{10}\right)}{M} \quad (12)$$

Avec :

$(V_b - V_s)$  : différence des résultats du titrage à l'essai à blanc et à l'essai avec absorbant en (ml de thiosulfate de sodium).

N : normalité de solution de thiosulfate de sodium en (mol/l).

126.9 : la masse atomique d'iode.

M : la masse de l'adsorbant en g.

***CHAPITRE IV***

**Résultats**

**&**

**Discussions**

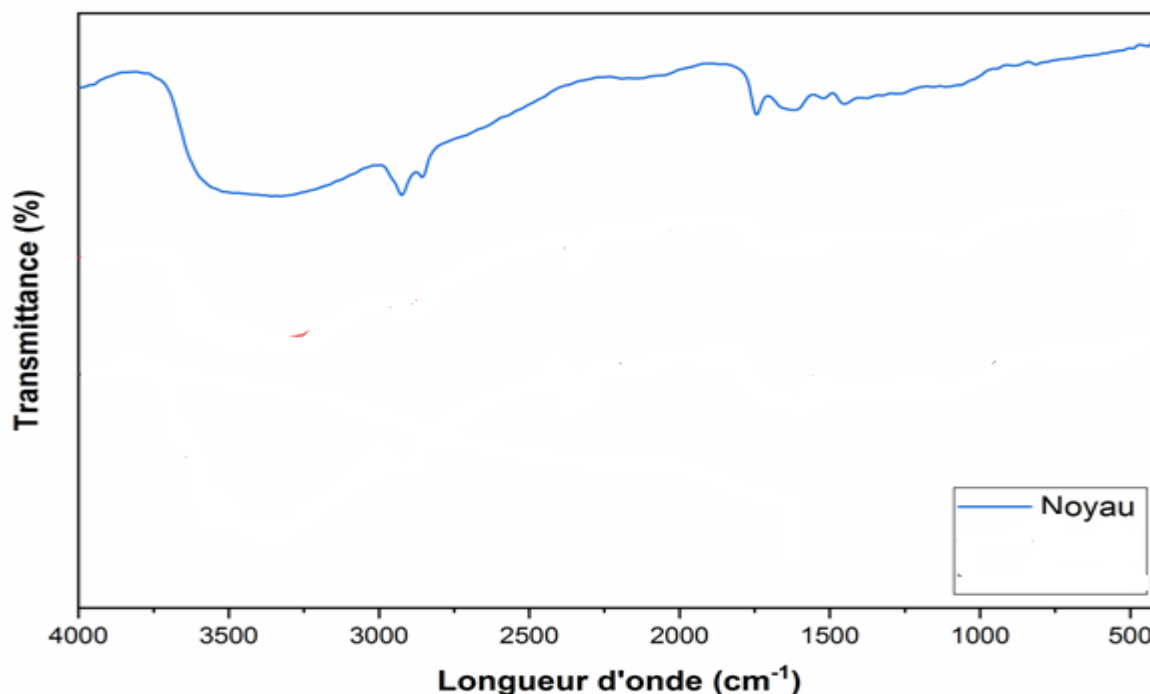
### IV .1. INTRODUCTION

Le but de cette partie est d'étudier l'élimination des colorants (Rhodamine B et Tartrazine jaune) par les matériaux naturels (Noyau de datte et feuille de palmier dattier) qui ont été choisis pour leurs efficacités, afin de pouvoir effectuer une comparaison des résultats obtenus.

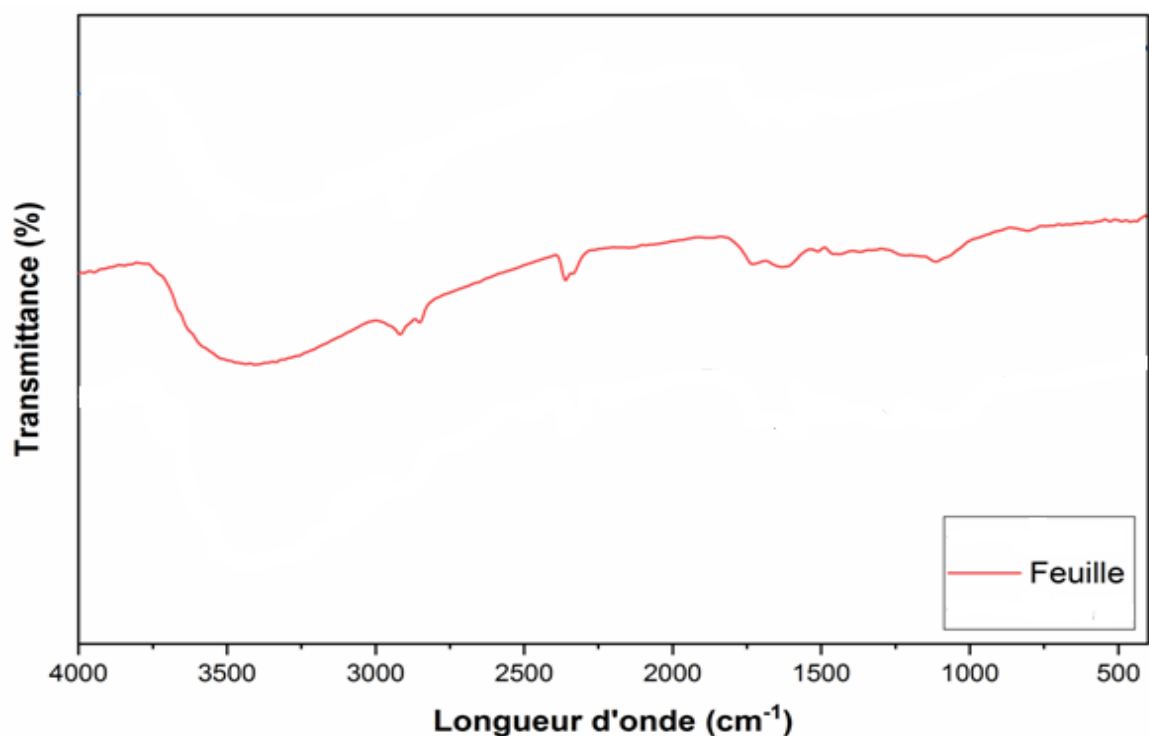
L'étude a été effectuée en mode batch sous contrôle de plusieurs paramètres : concentration initiale du colorant, pH de la solution et le temps de contact. On termine notre étude expérimental par l'étude des paramètres des modèles cinétiques (pseudo-premier-ordre, pseudo-second-ordre et Elovich), et les modèles d'adsorption de Langmuir et de Freundlich.

### IV .2. ANALYSE PAR SPECTROSCOPIE INFRAROUGE A FOURIER (FTIR)

L'analyse des matériaux par spectroscopie infrarouge au sein de laboratoire de science et technologie, département de science de matériaux, Université Ahmed Draya-Adrar-. Afin, d'identifier la plus possible les principales fonctions chimiques présentes à la surface des matériaux.



*Figure 12 : spectre infrarouge de noyau de datte.*



*Figure 13 : spectre infrarouge de palmier dattier.*

**Tableau 4** : Résultats des groupement fonctionnelle caractéristiques les surfaces des matériaux :

Liaison	Noyau	Feuille
<b>C-O</b>		1118.4935
<b>C=C</b>	1448.2563	
<b>C=O</b>	1631.4578	1625.6725
<b>C-H</b>	2927.36	2925.4392
<b>O-H</b>	3463.4732	3448.0457

### IV .3. LES ANALYSES PHYSICO-CIMIQUES D'ADSORPTION

**Tableau 5** : présent quelque caractéristique physico-chimique des différents matériaux utilisée :

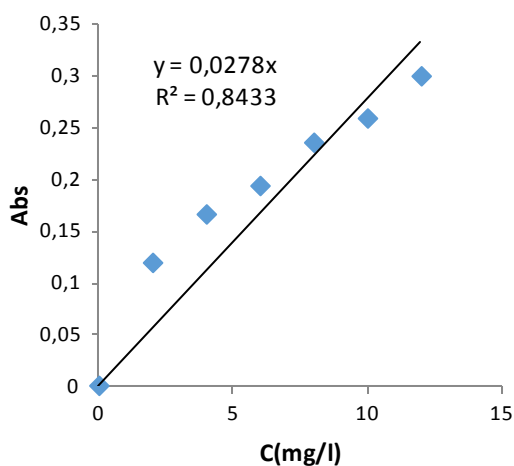
	Taux d'humidité (%)	Teneur de cendre (%)	Indice d'iode (mg/g)
<b>Noyau</b>	9.62	85.04	140.859
<b>Feuille</b>	8.44	14.46	95.175



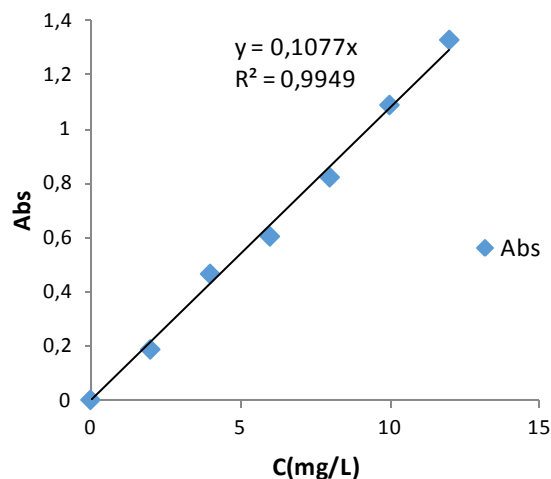
A partir des résultats du tableau 5 on remarque que le taux d'humidité des matériaux est faible par rapport à la teneur de cendre des matériaux. Les taux d'humidité est varié de 9.62% à 8.44% respectivement pour le noyau de datte et feuille de palmier dattier, et la teneur de cendre varie de 85,04 à 14,46 %.

#### IV.4. Courbe d'étalonnage :

Le spectrophotomètre utilisé est l'appariel (Cary 60), les courbes d'étalonnage ont réalisé, avec des concentration en soluté varié de 2 à 12mg/l, les résultats ont été obtenue à la longueur d'onde maximale d'absorption de Rhodamine B (565 nm) et Tartrazine jaune (426 nm). Les résultats présents dans les figures 14 et 15 suivantes :



*Figure 14 : courbe d'étalonnage de Tartrazine Jaune*



*Figure 15 : courbe d'étalonnage de Rhodamine B*

#### IV.5. ADSORPTION DES COLORANTS SUR NOS MATÉRIAUX

Pour étudiées les différents paramètres physico-chimique comme la masse de l'adsorbant, le pH de solution, le temps contact et la concentration.

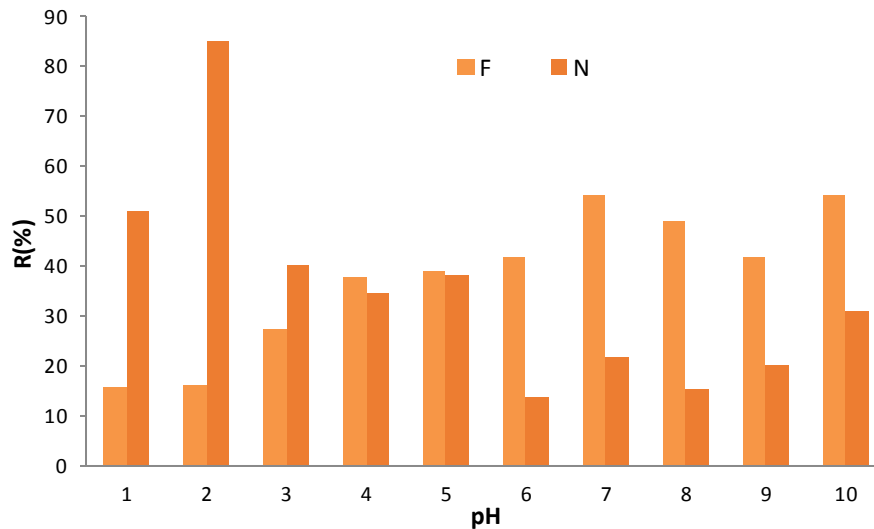
- Détermination les modèles cinétique (pseudo premier ordre, pseudo seconde ordre et Elovich).
- Détermination les isothermes d'adsorption.

##### IV.5.1 Les différents paramètres physico-chimiques d'adsorption

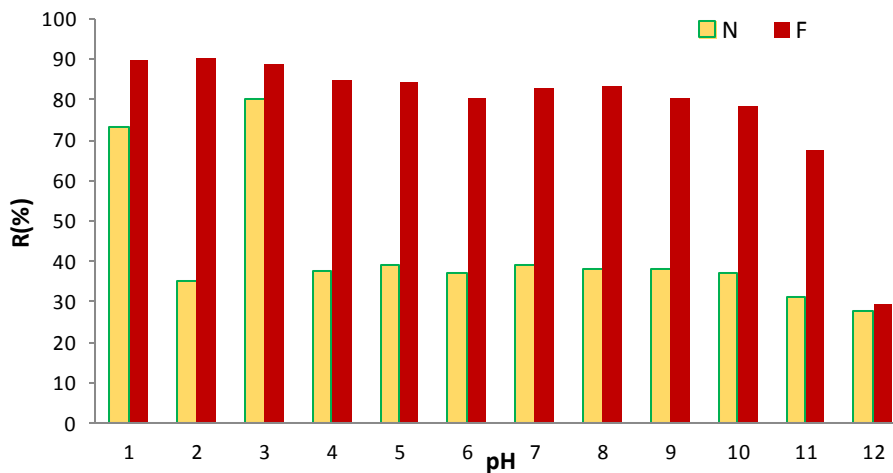
###### a- L'effet de pH

Dans ce cas l'effet de pH sur la cinétique a été étudié pour les valeurs 1 à 12 pour des matériaux. En utilisée 50ml de colorant de concentration 50mg/l, pour de pH différent, à quantité utilisée est 1g/l, à température ambiante, le temps contact est 60 min.

Les résultats sont représentés sur les figures 16, 17 suivantes :



**Figure.16 :** l'effet de pH sur l'adsorption de Tartrazine jaune sur le noyau de datte et feuille de palmier dattier,  $C_0=50\text{mg/l}$ ,  $V=50\text{ml}$ ,  $m=1\text{g}$ ,  $t=60\text{min}$ .



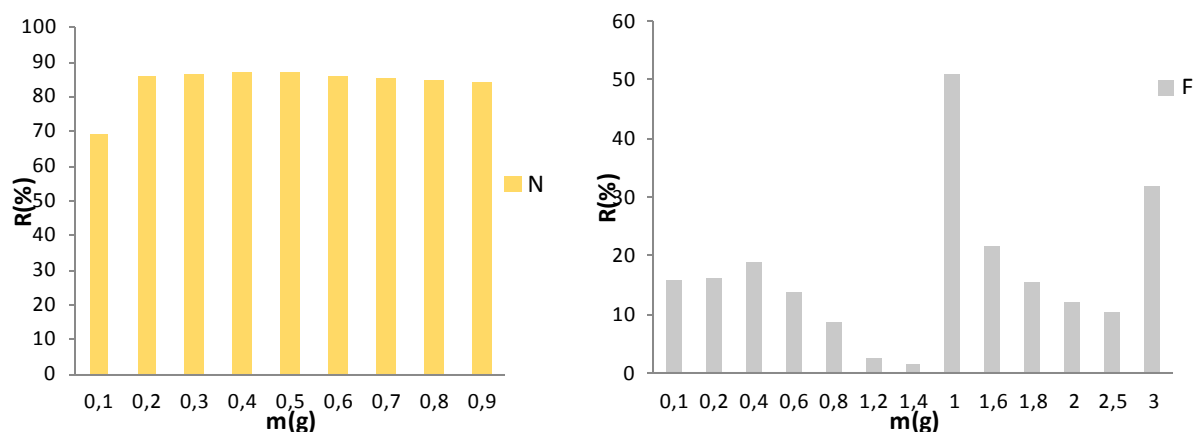
**Figure 17 :** l'effet de pH sur l'adsorption de Rhodamine B sur le noyau de datte et feuille de palmier dattier,  $C_0=50\text{mg/l}$ ,  $V=50\text{ml}$ ,  $m=1\text{g}$ ,  $t=60\text{min}$ .

A partir des figures 16 et 17 obtenus, la comparaison entre les différents adsorbants est illustrée sous forme de rendement d'élimination des colorants en fonction des valeurs de pH. Nous remarquons d'après l'expérience, le rendement du Rhodamine B sur des matériaux (noyau de datte et feuille de palmier dattier) à donner un maximum de 89 et 80%, respectivement. Et il diminue en augmentant le pH. A pH acide, l'augmentation est élevée pour le Noyau de datte, et augmente sensiblement pour la feuille dattier palmier dattier. Par contre au pH élevé, le nombre des ions  $\text{H}^+$  diminue ce qui engendre une bonne interaction entre les ions du colorant et les sites de la surface. Pour une autre expérience le rendement d'élimination est au maximum pour un pH=6 au noyau de datte [53].

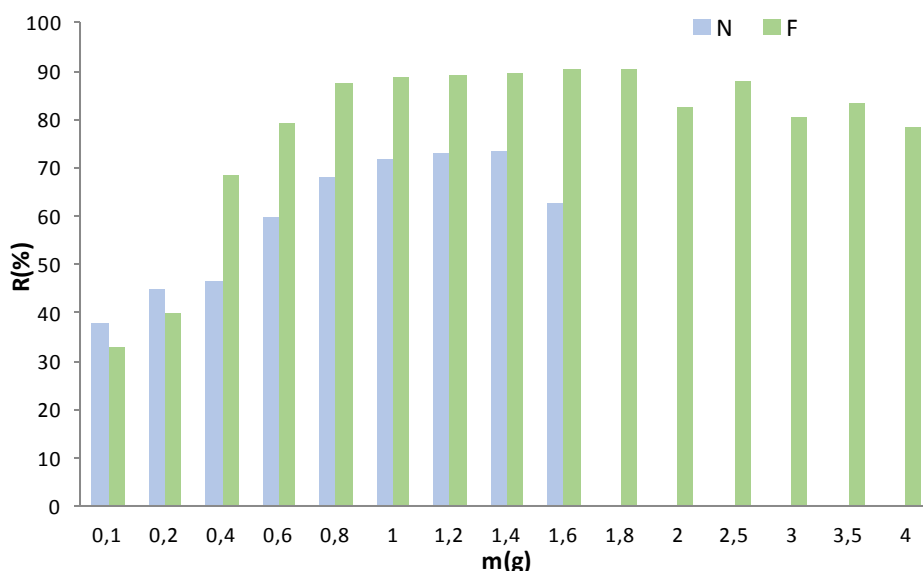
**b- L'effet de masse**

L'effet de masse des matériaux Noyau de datte (N), et feuille de palmier dattier (F), sur l'adsorption des colorants est étudié dans intervalle de masse qui varie de 0,1 à 4g de l'adsorbant. Le volume de solution du colorant est égal à 50ml, et la concentration des deux colorants est égale à 50mg/l, à une température ambiante, le temps d'agitation est égale à 60min.

Les résultats sont représentés sur les figures 18, 19 suivante :



**Figure 18 :** l'effet de masse sur les colorants Tartrazine jaune par l'adsorbant noyau de datte et feuille de palmier dattier,  $C_0=50\text{mg/l}$ ,  $V=50\text{ml}$ .



**Figure 19 :** l'effet de masse sur les colorants Rhodamine B par l'adsorbant noyau de datte et feuille de palmier dattier,  $C_0=50\text{mg/l}$ ,  $V=50\text{ml}$ .

Pour déterminée la masse optimale nécessaire d'élimination des colorant Rhodamine B et Tartrazine jaune, on a tracé le rendement de la quantité adsorbé en fonction du masse d'adsorbant. Les résultats montrent que dans tous les cas, le pourcentage d'élimination des deux colorants augmente avec l'augmentation de la masse d'adsorbant. Une autre expérience, donne une masse d'adsorbant, qui est égale à 2g, pour éliminer la Rhodamine B, et le pourcentage d'élimination atteint une valeur de 90% [54].

**c- L'effet de temps :**

Les différents résultats sont obtenus en traçant  $q_{ads}$  en fonction du temps.

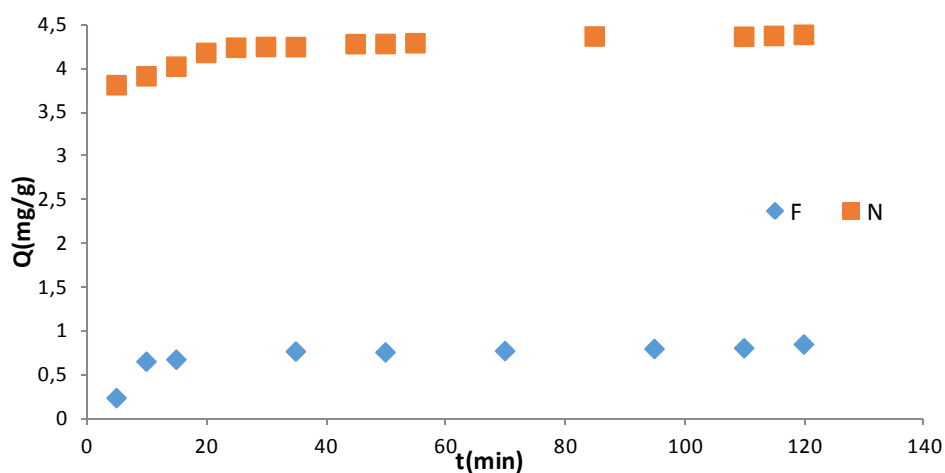


Figure 20 : l'effet du temps de contact sur l'adsorption de colorant Tartrazine jaune sur le Noyau de datte et feuille de palmier dattier,  $C_0=50\text{mg/l}$ ,  $V=50\text{ml}$ .

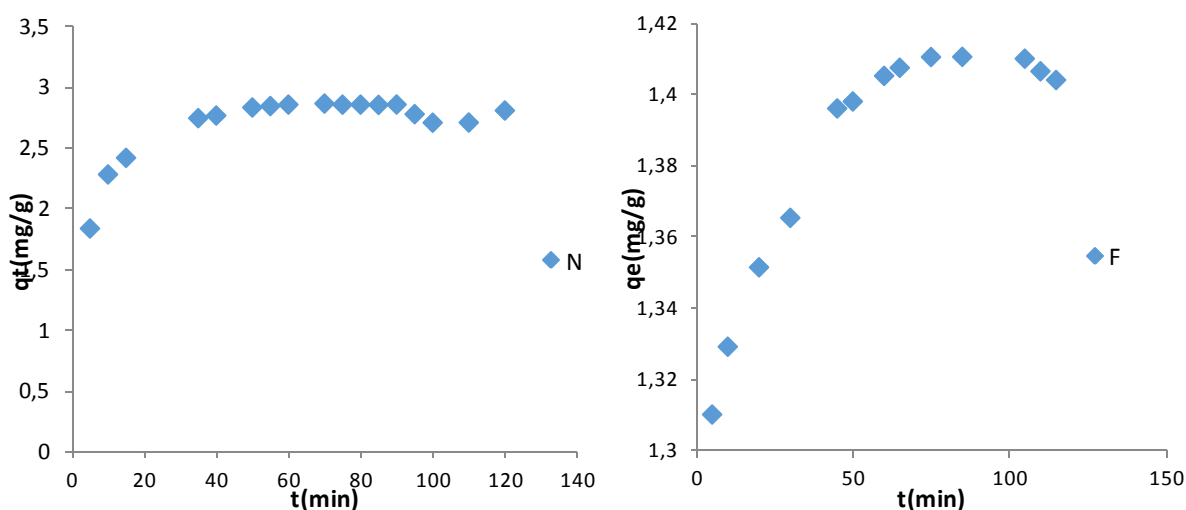


Figure 21 : l'effet du temps de contact sur l'adsorption de colorant Rhodamine B sur le Noyau de datte et feuille de palmier dattier,  $C_0=50\text{mg/l}$ ,  $V=50\text{ml}$ .

A partir des résultats présents dans les figures 20, 21 montrent que la quantité adsorbée du Rhodamine B sur les matériaux N et F, augment rapidement dans les 50 minutes premières pour atteindre un optimum de 2,8 et 1,41 mg/g respectivement. Pour le Tartrazine jaune nous observons une augmentation sensiblement dans les dix minutes premières, et la quantité d'adsorption maximum est de 2,8 et 1,4 mg/g respectivement, pour les deux matériaux (N, F).

## IV.6. MODÉLISATION CINÉTIQUE D'ADSORPTION

La cinétique d'élimination des colorants sur les différents matériaux testés est modélisée selon les modèles : pseudo-premier-ordre, pseudo-second ordre et d'Elovich. L'adéquation entre les données expérimentales et les modèles se base sur les valeurs des coefficients de détermination  $R^2$ . Plus la valeur de  $R^2$  se rapproche de l'unité, plus le modèle décrit correctement la cinétique d'élimination. En plus de la valeur du coefficient de détermination, la validité du modèle cinétique est aussi basée sur la valeur calculée de la quantité éliminée à l'équilibre ( $q_e$ ). En effet, plus cette valeur est similaire à la valeur expérimentale, plus le modèle est adéquat.

### IV.6.1. Modèle de pseudo-premier-ordre :

La validité de ce modèle est testée en traçant  $\ln(q_e - q_t)$  en fonction du temps ( $t$ ), (Figures 22 et 23). Les pentes (négatives) des droites nous donnent les valeurs de la constante de vitesse  $k_1$  pour les différents supports (N, F). Parallèlement, les différentes ordonnées à l'origine (égales à  $\ln(q_e)$ ) permettent de déduire la quantité calculée éliminée à l'équilibre ( $q_e$ ). Les paramètres cinétiques du modèle pseudo-premier ordre sont consignés dans le Tableau 6.

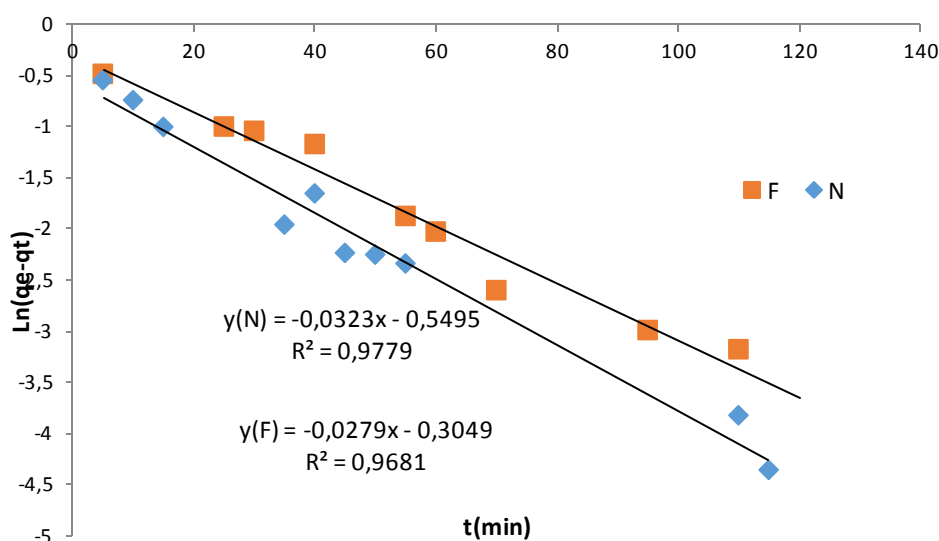


Figure 22 : modèle pseudo-premier-ordre par de Tartrazine jaune.

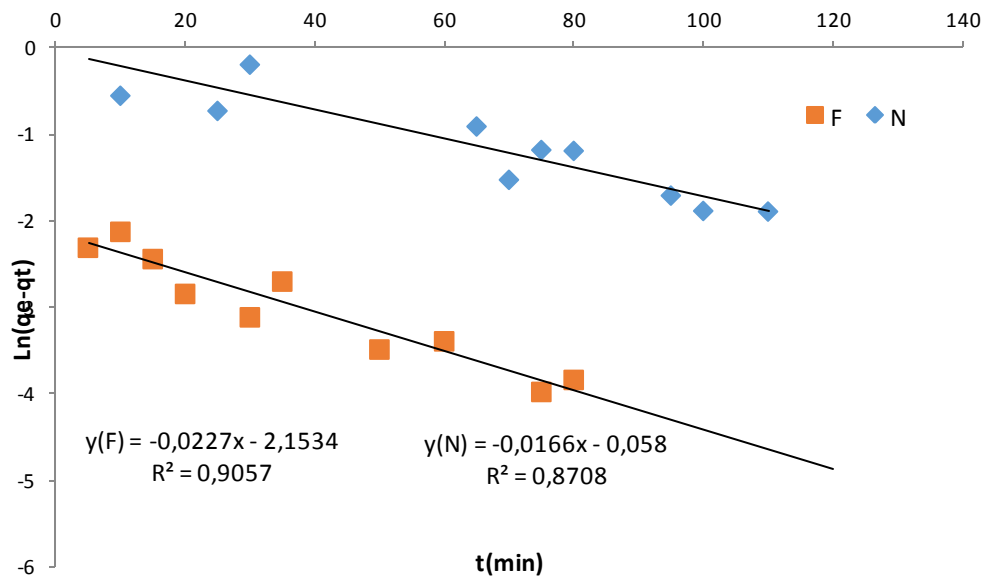


Figure 23 : modèle pseudo-premier-ordre par de Rhodamine B.

IV.6.2. Modèle de pseudo-second-ordre :

À partir de l'équation représentant cette cinétique sous sa forme linéaire, la constante de vitesse  $k_2$  de biosorption du colorant peut être déduite en traçant  $(t/q_e)$  en fonction du temps  $(t)$ .  $q_e$  est déterminée à partir de l'ordonnée à l'origine. Les représentations graphiques des données expérimentales pour les différents supports sont illustrées sur les Figure 24 et 25 et les paramètres du modèle sont rassemblés dans le Tableau 6.

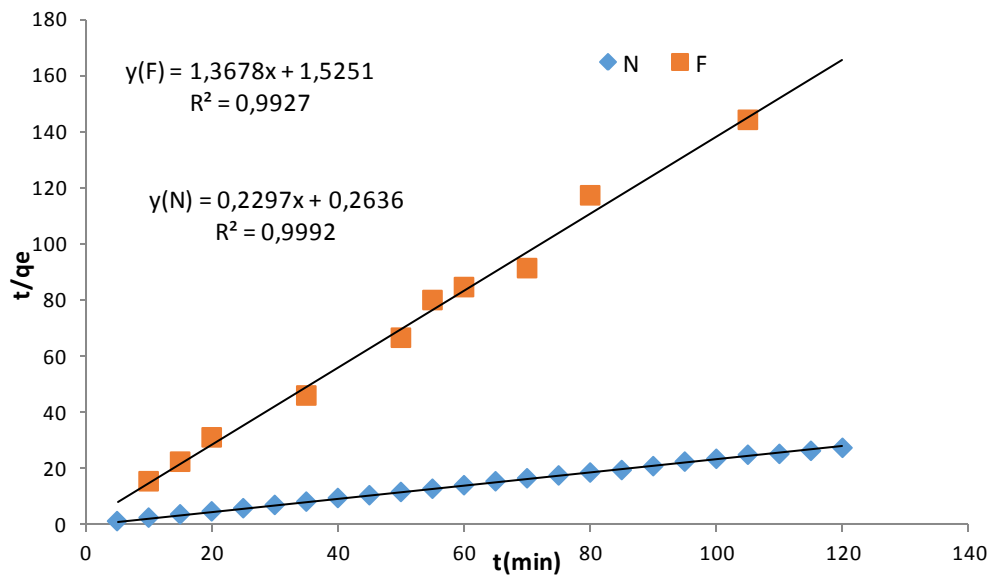


Figure 24 : modèle seconde-ordre par de Tartrazine jaune.

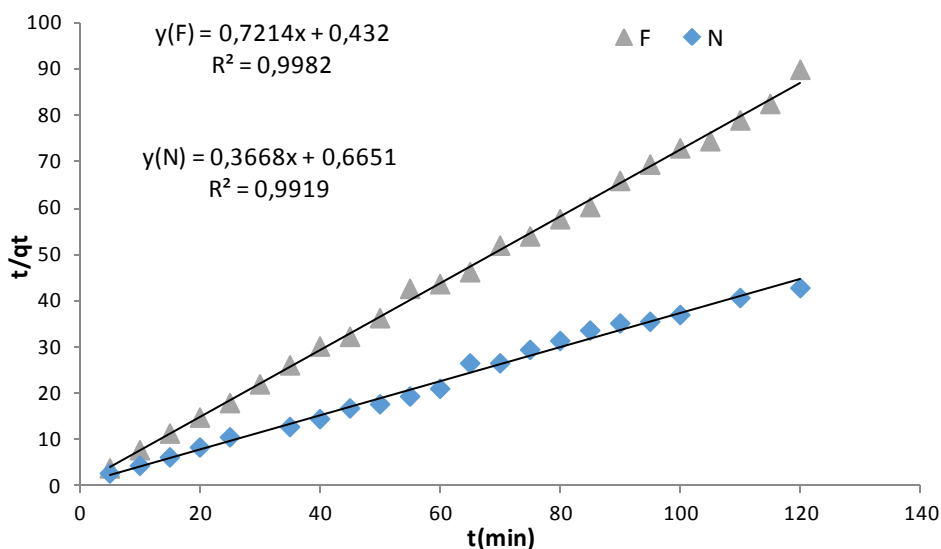


Figure 25 : modèle seconde-ordre par de Rhodamine B.

IV.6.3. Modèle d'Elovich :

A partir de l'équation de cinétique d'Elovich, En traçant une courbe  $q_e$  en fonction  $\ln t$ . Accordée, l'équation d'Elovich avec l'équation droit linéaire. Pour déterminée les valeurs  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $R^2$ .

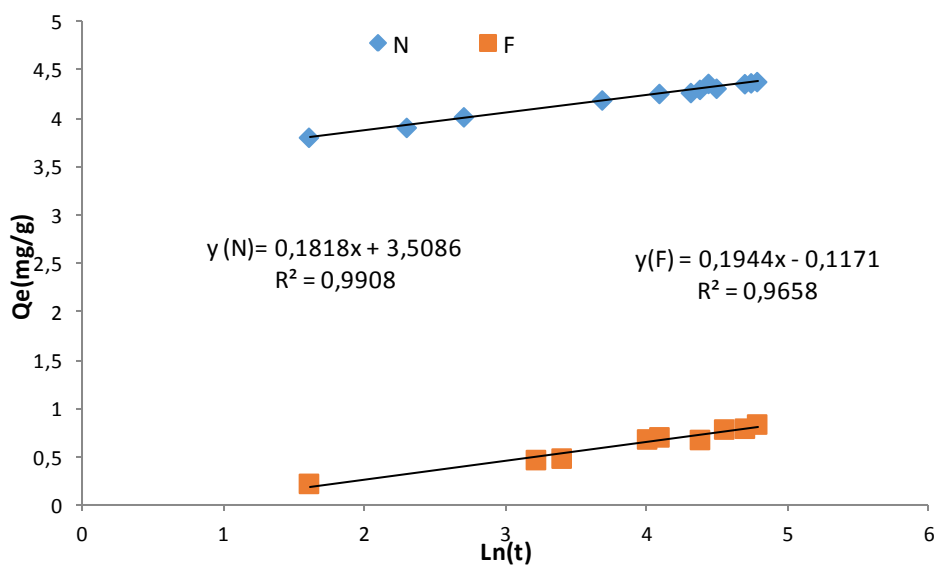


Figure 26 : modèle d'Elovich Tartrazine jaune

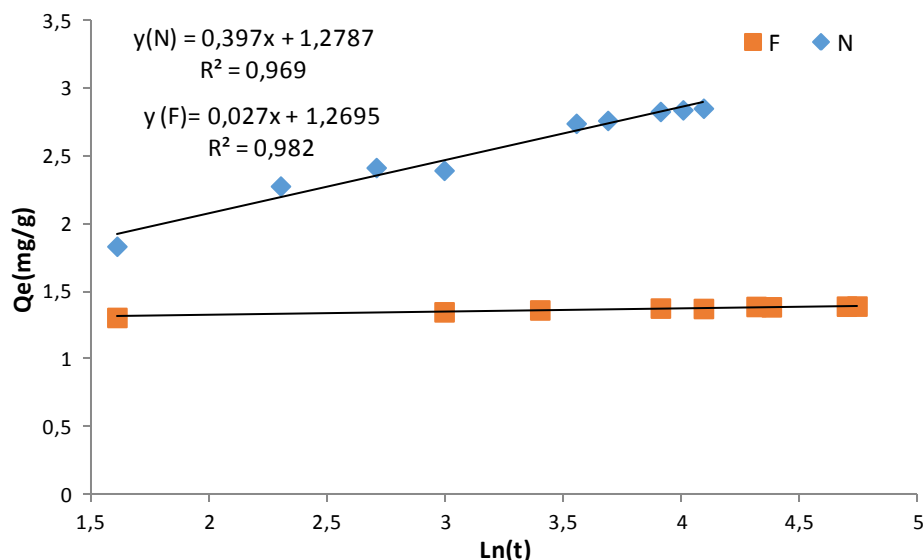


Figure 27 : modèle d'Elovich Rhodamine B

Tableau 6 : constants des différents modèles de cinétique d'adsorption de colorant (Rhodamine B et Tartrazine jaune) sur des matériaux (noyau de datte et feuille de palmier dattier) :

Rhodamine B									
	Pseudo-premier-ordre			Pseudo-second-ordre			Elovich		
	$K_1$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$Q_e$ (mg/g)	$R^2$	$K_2$ (g/mg.min)	$Q_e$ (mg/g)	$R^2$	$\alpha$ (mg/g.min)	$\beta$ (g/mg)	$R^2$
Noyau	0.0166	0.9436	0.8708	0.2023	2.7262	0.9919	9.9434	2.5188	0.969
Feuille	0.0227	0.1160	0.9057	1.2048	1.3861	0.9919	$7.0989 \cdot 10^{18}$	37.037	0.982
Tartrazine jaune									
Noyau	0.0323	0.5772	0.9779	0.2001	4.3535	0.9992	$4.3756 \cdot 10^3$	5.5005	0.990
feuille	0.0279	0.7371	0.9681	0.882	2.7262	0.9927	0.1064	5.1440	0.965

A partir des résultats obtenus, la modélisation des cinétiques d'adsorption (pseudo-premier-ordre, pseudo-second-ordre- et Elovich), Les paramètre cinétique des différents modèles testés sont regroupés dans le tableau6. D'après les résultats, nous remarquons que les résultats sont adéquats au modèle cinétique pseudo second ordre testé avec des coefficients de corrélations  $R^2$  supérieur à 0,99, pour éliminer les colorants Rhodamine B et Tartrazine jaune.



IV.7. ISOTHERME D'ADSORPTION

La concentration initiale du polluant a une influence important sur la capacité d'adsorbant .pour étudié son effet les valeurs suivant : 10 à 900mg/l, à quantité des matériaux, pH de colorant et le temps contact sont désirées. Température ambiante.

Les résultats obtenus sont représenté sur les figures 28, 29 suivantes :

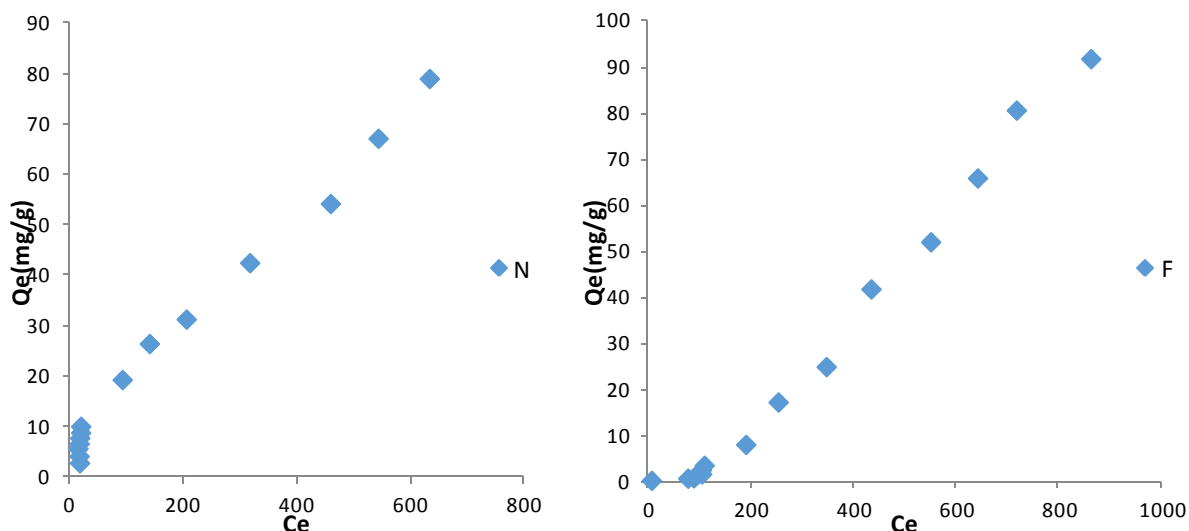


Figure 28 : l'effet de concentration initiale sur l'adsorption du Tartrazine jaune sur le noyau de datte et feuille de palmier dattier,  $C_0=50\text{mg/l}$  et  $V=50\text{ml}$ .

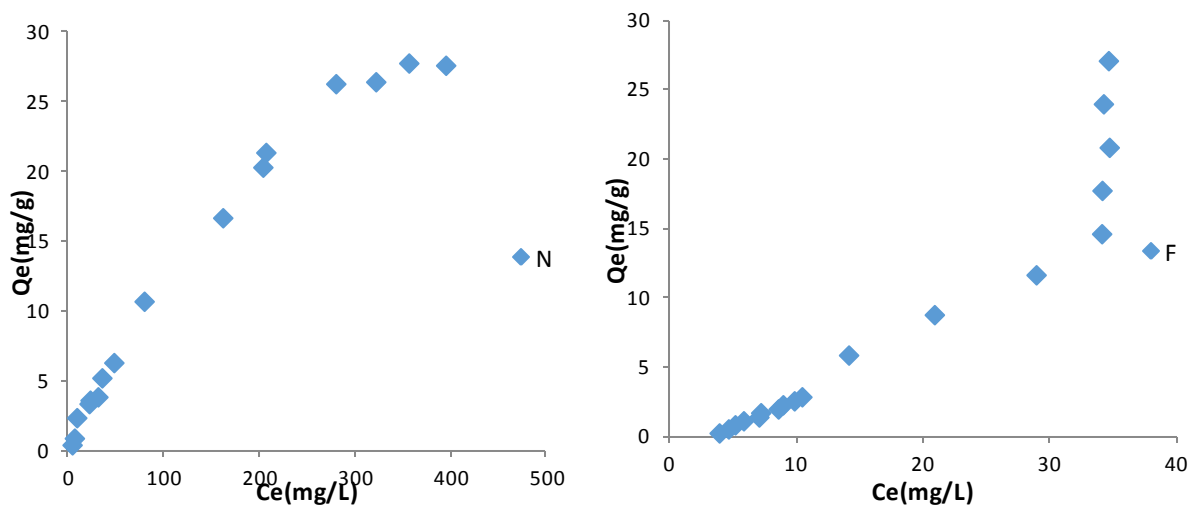


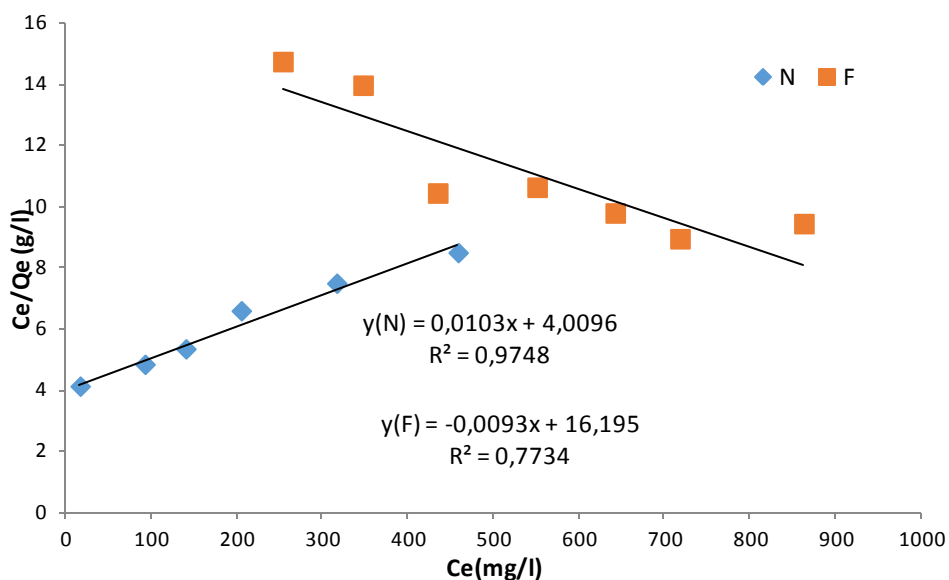
Figure 29 : l'effet de concentration initiale sur l'adsorption du Rhodamine B sur le noyau de datte et feuille de palmier dattier,  $C_0=50\text{mg/l}$  et  $V=50\text{ml}$ .

A partir des figures 28 et 29, nous remarquons que la capacité d'adsorption des adsorbants augment avec l'augmentation de la concentration d'équilibre des colorants. Et elle est accordée

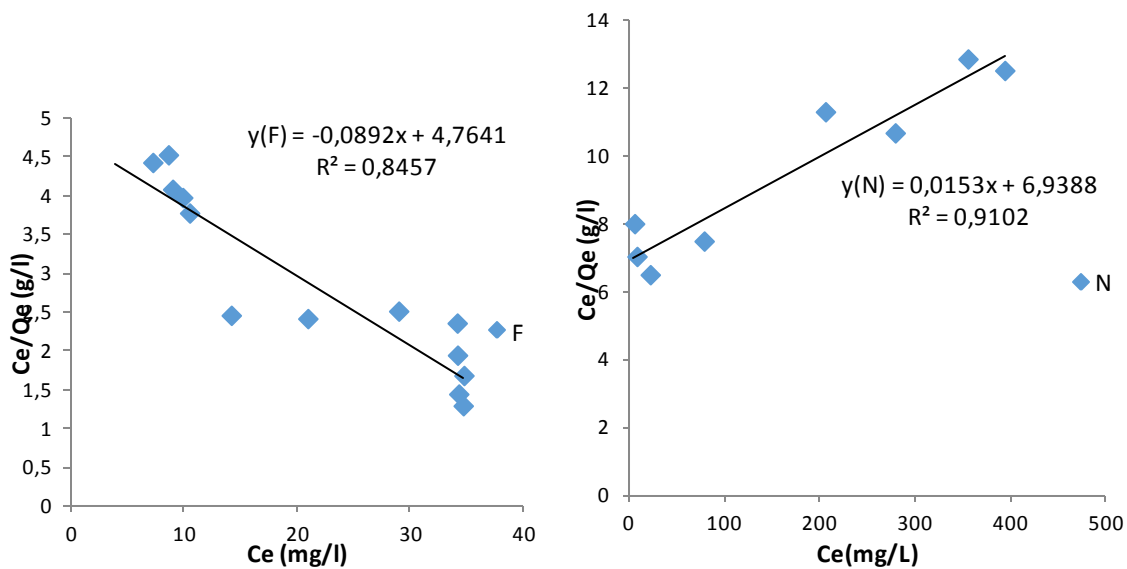
avec le type S dans le type d'isotherme d'adsorption, et on observe une isotherme de type H pour la Rhodamine B par le matériau (Noyau de datte). Cela est dû à une augmentation de la force d'entraînement du gradient de concentration [55].

**IV.8. MODÉLISATION D'ISOTHERME D'ADSORPTION :**

A partir des données obtenu de modélisation d'isotherme d'adsorption, ont été analysée les deux modèles le plus discuté est Langmuir et Freundlich dans chapitre deux.



**Figure 30 :** modèle de Langmuir du colorant Tartrazine jaune



**Figure 31:** modèle de Langmuir du colorant Rhodamine B

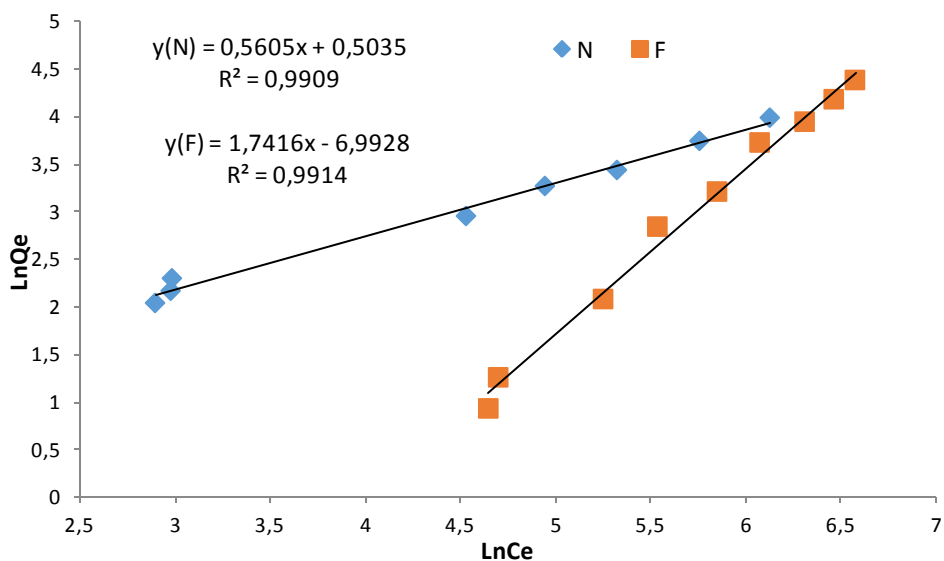


Figure 32 : modèle de Freundlich du colorant Tartrazine jaune

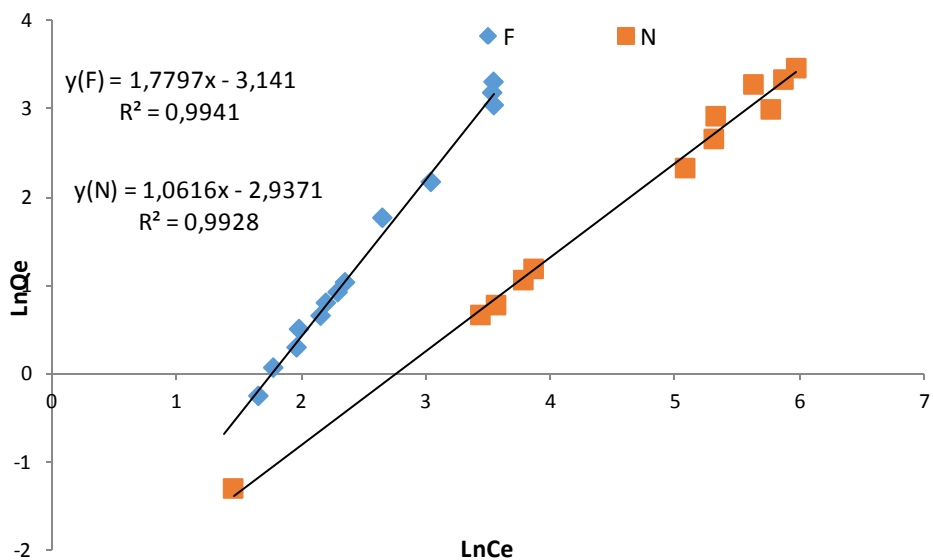


Figure 33: modèle de Freundlich du colorant Rhodamine B

**Tableau 7 :** Les valeurs de constant correspondent à chaque isotherme indiquant des résultats par chaque modèle :

		<b>Rhodamine B</b>		<b>Tartrazine jaune</b>	
		Noyau	feuille	noyau	Feuille
<b>Langmuir</b>	$Q_{max}$ (mg/g)	65.3594	11.2107	97.0873	107.5268
	$K_l$ (l/mg)	0.0022	-0.0187	0.0025	-0.00057
	$R^2$	0.9102	0.8457	0.9748	0.7734
<b>Freundlich</b>	$n_f$	0.9419	0.5618	1.7841	0.5741
	$K_f$ (mg/g)(l/mg) <sup>1/n</sup>	1.6545	0.04323	1.6545	0.00091
	$R^2$	0.9928	0.9941	0.9914	0.9914

A partir des résultats obtenus (tableau 7), la modélisation des isothermes d'adsorption (Langmuir et Freundlich) le modèle d'adsorption qui est adéquat avec nos supports, pour mieux décrire nos données expérimentaux est le modèle de Freundlich avec un coefficient de détermination supérieur à 0,99 pour les deux matériaux (N, F) afin d'éliminer les colorants Rhodamine B et Tartrazine jaune.

***CONCLUSION***

***GÉNÉRALE***

### CONCLUSION GENERALE

Le but de cette étude est de préparer des matériaux naturels afin d'obtenir un produit applicable dans l'élimination des polluants organique et inorganique (en utilisant des colorant comme polluant organique).

Avant d'étudier la possibilité d'éliminer le colorant, les matériaux ont été caractérisés par leur teneur en humidité, le FTIR...etc. les résultats obtenus par les matériaux ont montré que le noyau de datte et feuille de palmier dattier présentent des caractéristiques très distinctives.

L'étude de l'adsorption des colorants (Rhodamine B et Tartrazine jaune) sur le noyau de datte et les feuilles de palmier dattier a été suivie sur la fonction de diverses informations physique et chimiques telles que la quantité du matériau utilisé, le pH, le temps de contact et la concentration en polluant. Des études cinétiques et les modèles des isothermes d'adsorptions ont été menées pour le processus d'interpolation des colorants. Divers études sportifs, pseudo-premier-ordre, pseudo-second-ordre et Elovich, Langmuir et Freundlich.

Nous avons montré que l'adsorption est généralement contrôlée par le processus de diffusion et l'élimination des colorants (Tartrazine jaune, Rhodamine B) est favorisée à pH acide.

La masse optimale est égale à 1,8g pour éliminer la Rhodamine B sur la feuille de palmier dattier, et la quantité maximale adsorbée est égal à 4,5 mg/g durant un temps de contact de 120 min sur le colorant de Tartrazine jaune par le noyau de datte.

Le modèle cinétique le plus favorable est le modèle pseudo-second-ordre avec un coefficient de corrélation proche de l'unité pour les colorants sur les supports utilisés.

Le modèle d'isotherme le plus favorable est le modèle de Freundlich vue de son coefficient de détermination qui est supérieur à 0,99, pour l'élimination des polluants sur le noyau de datte et les feuilles de palmier dattier.

Enfin, il est intéressant d'étendre le champ de cette étude en réalisant des tests d'absorbance complémentaires avec d'autre traitements et avec certains polluants et de faire une étude comparative entre des variables et des milieux tels que les le noyau de datte et feuille de palmier dattier, en utilisant d'autres méthodes de caractérisation pour mieux contrôler la structure de noyau de datte et feuille de palmier dattier.

***RÉFÉRENCES***

***BIBLIOGRAPHIES***

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIÉS :

- [1]. C. MOUSSA HAIDAR. Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litan, Liban : Approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat. Université de LORRAINE. 22/10/2014
- [2]. B. MEROUFEL. Adsorption des polluants organique et inorganique sur des substances naturelles : kaolin, racines de Calotropis et noyaux de dattes. Thèse de doctorat. Université de LORRAINE. 2015.
- [3]. A. KHALFAOUI. Étude expérimentale de l'élimination de polluants organique et inorganique par adsorption sur des matériaux naturels : application aux peaux d'orange et de banane. Thèse de doctorat. Université de MENTOURI CONSTANTINE. 2012.
- [4]. B. BENKADDOR. Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie). Thèse de doctorat. Université de PERPIGNAN VIA DOMITIA, Université de MOSTAGANEM. P 15. 2 octobre 2018.
- [5]. S.ZAIMECHE. Contribution à l'étude de l'action d'agents polluants sur des végétaux bio indicateurs. Thèse de doctorat. Université des FRERES MONTOURI CONSTANTINE. P 1. 2014/2015.
- [6]. D. GOLDSTEIN.BERNARD. Encyclopédie of public health.Edition. 2002.
- [7]. E. KOLLER. Traitement de pollution industrielle.2004.
- [8]. OCDE (Organisation De Coopération et De Développement Économiques). ‘ ‘ Indicateurs environnementaux pour l'agriculture’’. Paris. FRANCE. Novembre 2001.
- [9]. J.T.TREVORS et M. H. SAIER. Régulation of pollution. Water Air Soil pollution. 2007.
- [10]. C. BURIKS. Pollution of the natural environment. The Oxford companion to the earth. Edition Paul Hancock and Brian J. Skinner. Oxford University Press. Oxford Reference Online. Oxford University Press.. 2000.
- [11].M. JOHN LAST. A Dictionary of public health. Edition Oxford ; New York : Oxford University Press. 2007.
- [12]. Encyclopedia of science technology and ethics. Edition in chief Carl Mitcham. USA. Vol 3. P813-817. 2008.
- [13]. E. KOLLER. Traitement de pollution industrielle : Eau - Air - Déchets - Sols - Boues. Edition Dunod Librairie Eyrolles-Paris FARNCE. 2009.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIÉS

- [14]. A. BRIDGMAN HOWARD. Encyclopédie of Global change: pollution. Edition Andrew S. Goudie. Oxford University Press. (2001)
- [15]. J. BECHAC, P. BOUTIN, P. NUER. Traitement des eaux usées. Edition Eyrolles. Paris. FRANCE. 1984.
- [16]. A.AZZOUZ. Etude comparative de la capacité d'adsorption des naturels vis-à-vis de certains polluants. Mémoire de magister. Université des sciences et de la technologie d'ORAN MOHAMED BODIAF. P 5 et 6. 6/7/2011.
- [17]. F. REJSEK. Analyse des eaux : Aspects règlementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine(CRDP). Bordeaux. P 358. 2002.
- [18]. CSHPF. Health recommendation for the disinfection of urban wastewater, water section, rapport. P 22. 1995.
- [19]. T. ASANO. Wastewater reclamation and reuse, water quality management library. Edition CRC Press. Volume 10. 1998.
- [20]. J. A. FABY. L'Utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Document technique. P 80. 1997.
- [21]. G. LEYNAUD. Les pollutions thermiques, influence de température sur la vie aquatique BTI. Ministère de l'agriculture. 1968.
- [22]. M.F. JOHNSON. R.L. WILBY. Seeing the landscape for the tress: metrics to guide riparian shade management in river catchments water resources research 2015; 51; 3754-3769.
- [23]. N. NEHME. Évaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière de Litani, Liban : approche environnemental. Thèse de doctorat. Université de lorraine (France). P 359. 2014.
- [24]. E. DERWICH. L. BENAABIDATE. Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haute Sebou en aval de sa confluence avec OUED FES. Journal. P 101-112. Jun 2010.
- [25]. H. HAYZOUN. Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropique et industrielle dans le bassin du Sebou. Thèse de doctorat. Université de TOULON (France). P 175. 2014.
- [26]. H. MICHEL MEYBECK. Encyclopedia of global change: water quality. Edition Andrew S. Goudie. Oxford University Press. 2001.
- [27]. D.O.COONEY, Adsorption design for wastewater treatment, Edition Lewis Publisher CRC press. 1998.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIÉS

---

- [28]. N. BOUZIANE. Elimination du 2-micraptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre. Mémoire de magister en chimie. Université MENTOURI DE CONSTANTINE. P 27. 30/5/2007.
- [29]. D. F. WILLIAMS. Definitions in biomaterials. Progress in biomedical Engineering. Proceedings of a consensus conference of the European Society for biomaterials. Journal. 1987. Volume 4. P 3-5.
- [30]. L. CHETIBI. Elaboration et étude des biomatériaux nanostructures de type Hydroxyapatite/MWCNTs/TiO<sub>2</sub>/Ti. Thèse de doctorat. Université CONSTANTINE 1. P 4. 13/01/2014.
- [31]. E. CHABAULT. Nanofriction of UHMWPE on Gold and Cobalt-Chromium Alloys. Rapport de PFE INSA Clemson University. 2002.
- [32]. A. MICHIARDI. C. APARICIO. J.A PLANELL. F J GIL. Surface coating and technology. Journal. 2007.
- [33]. C. KUPHASUK. Y OSHIDA. C J ANDRES. S T HOVIJITRA. M T BARCO. D T BROWN. Prosthet Dent 85. Journal. 2001. P 195-202.
- [34]. C. PICONI. G. MACCAURO. Bio mater 20. Journal. P 1-25. 1999
- [35]. J. WANG. P. LAYROLLE. M. STIGTER. Bio mater 25. Journal. P 583-592. 2004
- [36]. L. G. GRIFFITH. Acta mater 48. Journal. P 263-277. 2000
- [37]. W. C. CALLISTER. Fundamentals of mater. Sci and Eng. Edition. 2005.
- [38]. B. MEROUFEL. Adsorption des polluant organique et inorganique sur des substances naturelles : Kaolin, rocines de Calotropis procera et noyaux des dattes. Thèse de doctorat. Université de LORRINE. P 73. 18/12/2015.
- [39]. A. KHALFAOUI. Etude expérimental de l'élimination de polluant organique et inorganique par l'adsorption sur des matériaux naturelle : application aux peaux d'orange et de banane. Thèse de doctorat. Université de MENTOURI DE CONSTANTINE. P 19. 2012.
- [40]. N. BOUALLA. A. BENZIANE. Etude expérimentale sur l'élimination de nitrates par adsorption sur des argiles activées et non activées de la Sebkhah d'Oran. Journal. P 59. 7/2/2011.
- [41]. A. GHANADZADEH, A M. ZANJANCHI, R. TRIBANDPAY. The role of host environment on the aggregative properties of some ionic dye materials. Journal. P 167-174. 2002.
- [42]. M. ZAMOUCHE. Utilisation d'un nouveau sorbant à faible cout, les pommes de cèdre, pour l'enlèvement d'un colorant cationique à partir de solutions aqueuses. Mémoire de magister. Université BADJI MOKHTAR-ANNABA. P36. 2010.

- [43]. F. EDELIN. L'épuration physico-chimique de l'eau. Edition Liège. Paris. FRANCE. 1998.
- [44]. I. LANGMUIR. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. Journal. Vol40. 1918.
- [45]. M. O. ZACAR. I. A. S. ENGIL. Equilibrium data and process design for adsorption of disperse dyes onto alunite. Journal. Vol45. 2004.
- [46]. K. R. HALL. L. C. EAGLETON. A. ACRIVOS. T. VERMEULEN. Pore and solid diffusion kinetics in fixed-bed adsorption under constant pattern conditions. Journal. Vol 5. 1966.
- [47]. B. MEROUFEL. Adsorption des polluant organique et inorganique sur des substances naturelles : Kaolin, rocines de Calotropis procera et noyaux des dattes. Thèse de doctorat. Université de LORRINE. P 64. 18/12/2015.
- [48]. D. BRANI. Optimisation des conditions opératoire de synthèse verte de nanoparticules de ZnO à l'aide d'extrait des feuilles de Phœnix Dactylifera.L. Thèse de doctorat. Université MOHAMED KHIDER-BISKRA. P 8.11/11/2020.
- [49]. H. P. BOEHM. Chemical identification of surface groups. Advances in Catalysis 16. Journal. 1966.
- [50]. N. HOUDJEDJI. M. NEE. Evaluation du risque toxicologique du colorant alimentaire tartrazine, à court terme chez la Souris swiss. Thèse de doctorat. Université d'ORAN. 2011/2012.
- [51]. L. TRUFFAULT. Synthèse et caractérisation de nanoparticules à base d'oxydes de cérium et de fer pour la filtration des UV dans les produits solaires. 2010
- [52]. M. J. AHMED, S. K. DHEDAN. Equilibrium isotherms and kinetics modeling of methylene blue adsorption on agricultural wastes-based activated carbons. Fluid Phase Equilibria 317. 9-14. 2012.
- [53]. M. ABDALLAH. A. HIJAZI. M. HAMIEH. M. ALMEH. J. TOUFAILY. H. RAMMAL. Etude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de l'eucalyptus selon la taille des particules. J. mater. Environ. Sci, 7/11/2016. 4036-4048.
- [54]. M. ZAMOUCHE. Utilisation d'un nouveau sorbant à faible cout, les pommes de cèdre, pour l'enlèvement d'un colorant cationique à partir de solutions aqueuses. Mémoire de magister. Université BADJI MOKHTAR-ANNABA. 2010
- [55]. M.K. JHA, R.R. UAPDHAYAY, J.C. LEE. V. KUMAR. Treatment of rayon waste effluent for the removal of Zn and Ca using Indian BSR resin. Desalination. Vol228. P 97-107. 2008.