

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ahmed Draïa Adrar



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Hydrocarbures et Energies Renouvelables

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en :

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie Chimique

Thème :

**Valorisation des déchets des palmiers dattiers pour
dépollution des eaux**

Préparé par :

Mlle. LAIDI Oum El kheir

Mlle. DAHANI Fatima

Membres de jury d'évaluation :

M. CHADLI Samir	Président	MCA	Univ. Adrar
Mme. DJEDID Kheira	Encadreur	MAA	Univ. Adrar
M. KHELIFI Omar	Co-encadreur	MCA	Univ. Adrar
M. OUAZINE Louanas	Examineur	MCB	Univ. Adrar

Année Universitaire : 2021/2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria

Ministry of Higher Education and
Scientific Research
University Ahmed Draia of Adrar
The central library



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة أحمد دراية- أدرار
المكتبة المركزية
مصلحة البحث الببليوغرافي

شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): خليني عمر
المشرف مذكرة الماستر الموسومة بـ: Valorisation des déchets des palmiers dattiers pour dépollution des eaux

من إنجاز الطالب(ة): الحايبي أم الخير
و الطالب(ة): حاتمي قاطية

كلية: العلوم والتكنولوجيا

القسم: المحروقات والطاقة المتجددة

التخصص: هندسة كيميائية

تاريخ تقييم / مناقشة: 2022/06/16

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

- اهضاء المشرف:

ادرار في: 2022/07/14

مساعد رئيس القسم:



و. خليفي عمر
رئيس قسم المحروقات والطاقة المتجددة
مصلحة البحث الببليوغرافي

ملاحظة: لاتقبل أي شهادة بدون التوقيع والمصادقة.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A ma mère ma raison d'être, ma raison de vivre, la lanterne qui éclaire mon chemin, et m'illumine de douceur et d'amour.

A mon père, en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont il a fait preuve a mon égard.

*A mes chères sœurs **Fatima, Ibtissam**, A mes chers frères et tous la famille **LAIDI**, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.*

*A mon mari **Abdelkader** et tous la famille **AMMAR**, pour ses encouragements, son soutien et son aide durant la préparation de ce manuscrit.*

*A notre co-Encadreur **Dr. KHELIFI Omar**, Aucun mot ne pourra décrire vous dévouement et vous sacrifices.*

*A ma chère binôme mademoiselle **DAHANNI Fatima** pour sa collaboration, sa patience et lien fraternel qu'elle a créé durant l'élaboration de notre travail ensemble.*

*Une dédicace à tous les collègues et la famille du département **HYDROCARBURE ET ENERGIES RENOUVELABLES**
A tous les amies et témoignage de l'amitié sincère qui nous a liées et des bons moments passés ensemble*

LAIDI Oum El kheir



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A ma mère ma raison d'être, ma raison de vivre, la lanterne qui éclaire mon chemin, et m'illumine de douceur et d'amour.

A mon père, en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont il a fait preuve a mon égard.

A mes chères sœurs, A mes chers frères et tous la famille DAHANI, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

*A mon mari **Abdelhamid** et Mon oncle pour ses encouragements, son soutien et son aide durant la préparation de ce manuscrit.*

*A notre co-Encadreur **Dr. KHELIFI Omar**, Aucun mot ne pourra décrire vous dévouement et vous sacrifices.*

*A ma chère binôme mademoiselle **LAIIDI Oum el Kheir** pour sa collaboration, sa patience et lien fraternel qu'elle a créé durant l'élaboration de notre travail ensemble.*

*Une dédicace à tous les collèges et la famille du département **HYDROCARBURE ET ENERGIES RENOUVLABLES**
A tous les amies et témoignage de l'amitié sincère qui nous a liées et des bons moments passés ensemble*

DAHANI Fatima



Remerciements

Premièrement et avant tous nous remercions ALLAH, qui nous a donné la force et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Ce n'était pas facile pour nous de réaliser ce présent travail sans aides ni conseils.

*Pour cela nous tenons à exprimer nos gratitudees et nos plus vifs remerciements à notre Co-encadreur **KHELIFI Omar**, Maître des conférences "A" à l'**Université Ahmed Draia d'Adrar**, pour ses conseils, pour l'intérêt et le temps qu'il nous a consacré durant la réalisation de notre travail, ainsi que pour son encadrement pédagogique, et sa méthodologie de travail. Le mérite d'un mémoire appartient certes aux auteurs, mais également à leur directeur qui l'encadre.*

*Nos chaleureux remerciements vont également les membres du jury **M. CHADLI Samir (MCA)** et **M. OUAZINE Louanas (MCB)** pour le temps qu'ils vont consacré à évaluer ce travail.*

*Nous tenons à présenter nos vifs remerciements à tous les enseignants et étudiant(es) du département **HYDROCARBURE ET ENERGIES RENEUVABLES***

*Une mention particulière pour Monsieur **Dr. LAIDI ABDALLAH**, pour le grand effort qu'il a fait pour m'aider à terminer ce travail.*

Nos parents, nos oncles et tantes, nos cousins(es) et à tous nos amis(es)

Enfin à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour ce travail.

تلوث المياه من التصريفات الصناعية والزراعية يمكن ان يسبب اثار سلبية على البيئة والبشر. ولكن هناك العديد من التقنيات لإزالة هذه الملوثات ومن اهم وأبرز التقنيات الامتزاز والذي طبق من خلال هذه الدراسة التطبيقية.

الهدف من هذا العمل هو دراسة إمكانية معالجة المياه الملوثة وإزالة أحمر الكونغو بواسطة نفايات واحات النخيل بمنطقة أدرار (العراجين). استند العمل إلى دراسة قدرة هذه النفايات على الامتزاز وتم اختبار عوامل مختلفة مثل: زمن التلامس، كتلة، سرعة الدوران، التركيز التي تؤثر على الامتزاز. وبعد اختبار هذه العوامل تم إثبات أن عراجين النخيل تتكيف جيدا مع أحمر الكونغو.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن نفايات نخيل التمر(العراجين) تتكيف بشكل جيد مع الكونغو الأحمر بشروط مقدارها 1 غرام من مادة الامتصاص مع زمن تلامس لمدة ساعة وتركيز 50ملغ/ل.

Résumé

La pollution des eaux issus des rejets industriel et agriculture peut être provoqué des effets néfastes sur l'environnement et sur l'être humain. Mais il existe de nombreuses techniques pour éliminer ces polluants. L'une des techniques le plus utilisées est l'adsorption qui a été appliqué lors de la présente étude.

Le but de ce travail est d'étudier la possibilité de traiter l'eau contaminée et d'éliminer le Rouge Congo par les déchets d'oasis de palmier (les régimes) dans la région d'Adrar. Le travail était basé sur l'étude de la capacité de ces déchets à l'adsorption et a testé divers facteurs tels que : le temps de contact, la masse d'adsorbant, la vitesse d'agitation, la concentration qui affectent l'adsorption.

Les résultats obtenus ont montré que les déchets de palmier dattier (périnée) s'adaptent bien au Rouge Congo dans des conditions de 1 gramme d'absorption avec un temps de contact d'une heure et une concentration de 50 mg/l.

Mots-clés : Rouge Congo, régimes des palmier dattier, adsorption.

Abstract:

Water pollution from industrial and agricultural discharges can have harmful effects on the environment and on humans. But there are many techniques to remove these pollutants. One of the most widely used techniques is adsorption which was applied in this study.

The aim of this work is to investigate the possibility of treating contaminated water and eliminating Congo Red by palm oasis waste (diets) in the Adrar region. The work was based on the study of the capacity of these wastes to adsorption and tested various factors such as: contact time, adsorbent mass, stirring rate, concentration that affect adsorption.

The results obtained showed that date palm waste (perineum) adapts well to Congo Red under conditions of 1 gram of absorption with a contact time of one hour and a concentration of 50 mg/l.

Keywords: Congo red, date palm bunches, adsorption.

Sommaire

Dédicaces.....	I
Remerciements.....	III
Résumé	IV
Sommaire	V
Liste des figures	IX
Liste des tableaux	XI
Nomenclatures et Abréviations.....	XII
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Généralités sur les palmiers dattiers

I.1 Historique sur le palmier dattier	4
I.2 Palmier dattier	4
I.3 Production de dattes et répartition géographique du palmier dattier	6
I.3.1 Dans le monde	6
I.3.2 En Algérie	6
I.3.3 En Adrar	7
I.4 Position systématique.....	8
I.5 Les exigences écologiques du palmier dattier.....	9
I.5.1 Exigences climatiques.....	9
I.5.2. Exigences édaphiques	9
I.5.3. Exigences hydriques	9
I.6 Morphologie	9
I.6.1 Système racinaire.....	10
I.6.2 Système végétative	10
I.6.2.1. Tronc et rejets.....	10
I.6.2.2 Fibres	11
I.6.2.3 La couronne	11
I.6.2.4. Palmes.....	11
I.6.2.5. Spathes ou inflorescences	12
I.6.2.6 Régimes de dates.....	13
I.6.2.7 Fleurs	14
I.6.2.8 Fruits.....	14
I.7 Biologie du palmier dattier	14

I.7.1 Présentation de l'espèce	14
I.8 Le composant de déchets de palmier dattier	15
I.8.1 Cellulose.....	15
I.8.2 Hémicellulose.....	15
I.8.3. Lignine	16
I.9 Déchets des palmiers dattiers.....	16
Références bibliographiques	17

Chapitre II : Phénomène d'adsorption

II.1 Historique	19
II.2 Définition.....	19
II.3 Principe de l'adsorption	19
II.4 Les type d'adsorption	20
II.4.2 Adsorption chimique	20
II.4.1 Adsorption physique.....	20
II.5 Capacités d'adsorption	21
II.6 Importance de l'adsorption	21
II.7 Le mécanisme d'adsorption.....	22
II.8 Facteurs influençant sur l'adsorption.....	22
a) Surface spécifique.....	23
b) Porosité	23
c) Nature de l'adsorbat.....	23
d) Polarité.....	23
e) pH	23
f) Température	23
II.9 Les isothermes d'adsorption	24
II.9.1 Classification des isothermes d'adsorption.....	24
II.9.2 Modélisation d'isotherme d'adsorption.....	25
b) Isotherme de Freundlich	26
c) Isotherme de Temkin.....	27
II.10 Cinétique d'adsorption	27
II.10.1 Equation de pseudo premier ordre.....	28
II.10.2 Equation de pseudo second ordre [21].....	28
II.10.3 Équation de diffusion intra particulaire [23].....	29
II.11 Etude thermodynamique de l'adsorption	29

Références bibliographiques	52
-----------------------------------	----

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1 Introduction.....	32
III.2. Matériels et produits chimiques utilisés	32
III.3 Préparation et caractérisation les déchets de palmites dattiers.....	32
III.3.1 Préparation des cendres des déchets de palmites dattiers (régimes)	33
III.3.1.1 Broyage	33
III.3.1.2 Tamisage	33
III.3.1.3 Lavage	34
III.3.1.4. Séchage	34
III.3.1.5. Combustion	34
III.3.2 Caractérisations les déchets de palmites dattiers	34
III.3.2.1 Perte ou feu.....	34
III.3.2.2 Détermination de la matière sèche.....	35
III.3.2.3 Mesure de pH et de conductivité	35
III.4 Caractérisation par infrarouge IRTF.....	36
III.4.1 Principe.....	36
III.5 Les colorants.....	37
III.5.1 Définition d'un colorant	37
III.5.2 Utilisation des colorants	37
III.5.3 Classification et groupements chromophoriques des colorants	37
III.6 Le Rouge Congo	37
III.6.1 Historique	37
III.6.2 Définition de Rouge Congo.....	38
III.6.3 Structure du Rouge Congo	38
III.7 Les techniques analytiques	38
III.7.1 Préparation de solutions	38
III.7.1.1 Préparation de solution mère.....	38
III.7.1.2 Méthode d'analyse.....	39
III.7.1.3 Etude d'adsorption de Rouge Congo sur les régimes de palmier dattier	43
III.8 Analyse par Spectrophotomètre UV-Visible.....	44
III. 8.1 Principe.....	44
III.9. Analyse par spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier (IRTF)	45
Références bibliographiques	46

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1 Introduction	47
IV.2 Caractérisation des déchets des palmiers dattes (régime)	47
IV.3 Résultat de la Spectroscopie Infrarouge IR	47
IV.4 Courbe d'étalonnage	48
IV.5 Effet de quelques paramètres sur la capacité d'adsorption	49
IV.5.1 Effet de concentration initiale du RC :.....	49
IV.5.2 Effet de la masse de l'adsorbant préparé.....	50
IV.5.3 Effet du temps de contact.....	50
IV.5.4 Effet de la vitesse d'agitation.....	51
IV.6 L'isotherme d'adsorption	52
IV.6.1 Modèle de Langmuir.....	52
IV.6.2 Modèle de Freundlich	52
IV.6.3 Modèle de Temkin.....	53
Références bibliographiques	52
Conclusion générale	56

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les palmiers dattiers

Figure I. 1: Schéma du palmier dattier	5
Figure I. 2: Répartition géographique du palmier dattier dans le monde.....	6
Figure I. 3: Répartition géographique du potentialphoénicicole Algerian	7
Figure I. 4: Schéma du tronc et les rejets.	10
Figure I. 5: fibres de surface des palmiers dattiers.	11
Figure I. 6: Schéma de pétiole.	11
Figure I. 7: Schéma d'une palme	12
Figure I. 8: Spathes mâles et femelles.....	12
Figure I. 9: Inflorescences et fleurs du palmier dattier Spathes.	13
Figure I. 10: Schéma de la hampe florale (Anonyme2).	13
Figure I. 11: Morphologie et anatomie du fruit et de la graine du palmier dattier)	14

Chapitre II : Phénomène d'adsorption

Figure II. 1: Phénomène d'adsorption.....	19
Figure II. 2: Schéma montre la différence entre physisorption et chimisorption d'adsorption. ...	20
Figure II. 3: Mécanisme d'adsorption sur les solides poreux.	22
Figure II. 4: Représentation graphique de la classification de Giles des isothermes d'adsorption.	24

Chapitre III : Matériels et Méthodes

Figure III. 1: Déchet de palmier dattier (régime).	33
Figure III. 2: Broyage des déchets.....	33
Figure III. 3: Etuve pour séchage et matière sèche.....	35
Figure III. 4: Opération de séchage.....	34
Figure III. 5: Four à moufle utilisée (NABERTHERM L1/12 - LT 40/12).....	35
Figure III. 6: Etuve pour séchage et matière sèche.	35
Figure III. 7: l'appareil de pH et conductivité.....	36
Figure III. 8: Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier IRTF (Cary 660).	36
Figure III. 9: Structure de Rouge Congo (formule chimique : $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$).....	38

Figure III. 10: Solution mère du rouge Congo (100 mg/L).	39
Figure III. 11: les solutions filles.....	39
Figure III. 12: Les solutions différent dans le temps d'agitation.....	43
Figure III. 13: Spectrophotomètre UV-Visible.	44
Figure III. 14: schéma de principe d'un spectrophotomètre UV-Visible.	45

Chapitre IV : Résultats et discussions

Figure IV. 1: Spectre Infrarouge de l'adsorbant préparé (avant et après adsorption du RC).....	48
Figure IV. 2: courbe d'étalonnage de la solution RC.	49
Figure IV. 3: Effet de la concentration initiale sur la capacité d'adsorption.....	50
Figure IV. 4: capacité d'adsorption en fonction de la masse d'adsorbant.....	50
Figure IV. 5: Effet du temps de contact sur la capacité et du taux d'adsorption.....	51
Figure IV. 6: Capacité d'adsorption en fonction de la vitesse d'agitation.....	51
Figure IV. 7: Isotherme de Langmuir.	52
Figure IV. 8: Isotherme de Freundlich.....	53
Figure IV. 9: Isotherme de Temkin.....	53

Liste des tableaux

Chapitre II : Phénomène d'adsorption

Tableau II. 1: Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique 21

Chapitre IV : Résultats et discussions

Tableau IV. 1: Caractérisation des régimes des dattes. 47

Tableau IV. 2: Valeurs des densités optiques correspondantes aux différentes concentrations. 48

Tableau IV. 3: Les paramètres d'adsorption pour les différents modèles étudiés..... 50

Nomenclatures et Abréviations

RC :Rouge Congo

RPD :Régime des palmiers dattiers

KL : Paramètre de Langmuir(l/mg)

IRTF :Infrarouge à Transformée de Fourier

pH : Potentiel Hydrogène

T : Température moyenne annuelle en (°C)

C_0 : Concentration initiale du rouge Congo (mg L^{-1})

C_e : Concentration d'équilibre du rouge congo (mg L^{-1})

q_e : Capacité d'adsorption à l'équilibre (mg.g^{-1})

q_m : Capacité maximale d'adsorption de la monocouche, exprimé en (mg/g)

K_F : Constantes de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant

K_T : Constante de Temkin d'adsorption (L mg^{-1})

R : Taux d'élimination (%)

B : Constante de Temkin liée à l'énergie d'adsorption (J mol^{-1})

V : Le volume de la solution et m la masse de l'adsorbant ()

ϵ : Coefficient d'extinction (dépend la longueur d'onde) en ($\text{l.mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$).

L : La distance traversée par la lumière (épaisseur de la cuve) (en cm) .

kl : Constante de Langmuir

n : Constant de Freundlich dépende de la nature de l'adsorbat et la température

bT : Constante de Temkin.

R : Constante des gaz parfaits (8.314J/molK).

Introduction générale

Introduction générale

La pollution est l'un des problèmes auxquels sont confrontés les humains et l'environnement, en particulier après le développement technologique qui accompagne la vie la pollution contemporaine se présente sous ses différentes formes, qu'il s'agisse de la pollution de l'air, de l'eau ou du sol du fait de la présence de certaines substances

Organiques et inorganiques nocifs, ou dus à l'augmentation ou à la diminution des proportions de certains composés basiques dans l'environnement que proportions naturelles à elle, cela se produit à la suite d'interventions humaines ou en raison de certains phénomènes naturels [01].

La pollution de l'eau est considérée comme l'un des polluants environnementaux les plus importants et les plus dangereux pour les besoins humains en eau, et sa survie est liée à la survie et à la pureté de l'eau. Cependant, malgré cela, il n'a pas été traité en raison de l'augmentation des activités de la population les zones agricoles et industrielles, en particulier dans les zones proches des sources de ces eaux, ce qui a réduit leurs propriétés naturelles et chimique du fait de la concentration accrue de nombreux polluants dans cette eau [02].

Le problème de la purification de l'eau est devenu une préoccupation pour de nombreux chercheurs et institutions de protection de l'environnement les polluants de l'eau sont les produits chimiques utilisés dans diverses industries, en particulier les colorants et les produits chimiques résultant de décomposition des colorants utilisés dans les industries textiles, car les colorants sont l'un des composés organiques les plus importants et les plus importants utilisé dans les industries chimiques dans le monde [03].

La plupart des colorants sont conçus pour être résistants à l'environnement, comme la lumière du soleil, de sorte que leur présence dans l'eau provoque un problème étant donné qu'il devient plus difficile de dégrader et d'éliminer ces composés, l'élimination de ces composés des systèmes aquatiques est une question difficile. Par conséquent, l'adsorption est l'une des plus importantes de ces techniques pour sa grande efficacité dans ce domaine et la simplicité de la technologie utilisée à cette fin par rapport à d'autres méthodes, ainsi que son coût économique plus faible, et de nombreux chercheurs se sont récemment tournés vers développer de nouveaux matériaux adsorbants utilisant certains matériaux d'origine naturelle, qui sont quasiment dépourvus de toute industrie à notre époque présent depuis les unités de traitement des déchets vivants avant d'être rejeté dans l'environnement [01].

Et parce que notre région regorge de palmiers et laisse chaque année d'importantes quantités de matières lignocellulosiques. (On appelle ça des déchets de palme : ils sont constitués de frondes, de carnivores, de lauréats, de troncs et de fibres), les brûler est nocif pour l'environnement. Son accumulation dans les fermes occupe les zones désignées pour la culture et est considérée comme un déchet solide.

Partant de là et parallèlement aux diverses recherches ici et là sur les matériaux lignocellulosiques, nous avons vu que nous nous plongeons dans cette recherche au milieu du diagnostic et de la valorisation des déchets de palmier (frondes). Dans cette recherche, nous aborderons quatre-saisons.

La structure de ce mémoire se décompose en quatre chapitres décrits ci-dessous :

- Le premier chapitre est dédié aux généralités sur palmiers dattiers.
- Le deuxième chapitre présente des informations sur le phénomène d'adsorption.
- Le troisième chapitre est consacré les matériels et les méthodes, les produits utilisés ainsi que le protocole expérimental.
- Le quatrième chapitre est réservé adonner des discussions et des interprétations des résultats d'étude de quelques paramètres influençant l'adsorption tels que le temps de contact, la masse d'adsorbant, la concentration initiale et la vitesse d'agitation.

Enfin, nous terminons ce mémoire avec une conclusion générale dans laquelle sont incluses les perspectives de ce travail.

Références bibliographiques

- [01] ز. أسماعيل حسن (2017). التخلص من ملوثات المياه بواسطة ظاهرة الإمتزاز. درجة البكالوريوس. جامعة القادسية.
- [02] ن. خضير كاظم. الخصائص المناخية في محافظة النجف وأثرها في تلوث مياه شط الكوفة خلال سنة (2008). كلية التربية للبنات.
- [03] ر. محمد الشمري، ن. جواد الزركاني، ح. محمد الشمري، م. كريم عبد علي. مقارنة امتزاز صبغة السفرانين (Safranin O) القاعدية من محاليلها المائية على سطحي السيليلوز النقي ونخالة الرز. جامعة الكوفة.

Chapitre I :
Généralités sur les palmiers dattiers

I.1 Historique sur le palmier dattier

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

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

I.2 Palmier dattier

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une Monocotylédone arborescente à tronc onopodial. Le stipe contient des faisceaux libéroligneux qui semblent relier directement chaque racine à une palme bien déterminée ; les vaisseaux conducteurs ont des cloisons terminales à perforations scalariformes. Dans son jeune âge, le palmier dattier possède un cambium extra-fasciculaire dans le méristème, sous le point végétatif, qui a pour rôle de faire grossir le tronc ; cette assise de prolifération des cellules lui donne son calibre définitif puis disparaît. Il est doté d'un simple bourgeon terminal ou zone de croissance en longueur. Le stipe est couvert régulièrement des cicatrices de l'ancien palmer.

Le système racinaire très développé comprend une racine primaire unique et Temporaire et des racines secondaires grêles, longues, obliques ou horizontales, parfois Aériennes, mais généralement noyées dans une masse spongieuse de racines mortes

Les palmes (Djérid) sont insérées, en hélices très rapprochées, sur le stipe par une gaine pétrolier bien développée (corn) enfouie dans un fibrilleux, feutrage appelé life ; leur pétiole (rachis) est semi-cylindrique, épineux vers la base (chouque) et constamment dur ; le limbe, entier et fripé au début de la croissance, se développe ensuite, découpé en folioles ; sa nervation est pennée. Le limbe des folioles, à cuticule épaisse, est toujours coriace et recouvert d'une mince couche de cire : la nervure de chaque foliole fait saillie à la face inférieure ; les folioles sont r :

dupliquées. Les palmes peuvent resser de 2 à 6 mètres de longueur et vivent de 3 à 7 ans. On en compte de 200 par arbre environ.

Le palmier dattier est une plante dioïque dont l'inflorescence très caractéristique est une grappe d'épis. Les fleurs sont sessiles et insérées sur un axe charnu ramifié. L'ensemble est entouré d'une gaine : la spathe. Les fleurs mâles possèdent six étamines à déhiscence interne. Dans les fleurs femelles, l'ovaire comporte en général trois carpelles libres ; chacune d'elles renferme un ovule anatrope ; basilaire-axile ($2n = 36$) ; beaucoup de ces ovules avortent, un seul ovule par fleur est fécondé et un seul carpelle redéveloppe. Les fleurs mâles ont une odeur caractéristique rappelant un peu l'anis. Les fleurs femelles sont inodores.

Le fruit est une baie. Le mésocarpe est fibre-charnu, l'endocarpe uni à la graine est membraneux.

La graine ou amande a un embryon circulaire en dépression (ou non) et un albumen corné de matière cellulosique.

Le palmier dattier, monocotylédone dioïque, a une fécondation obligatoirement croisée et souvent les individus d'une même population ne fleurissent pas tous en rhème rems [2]. Le *Phoenix dactylifera*, métis non fixé à grande hétérozygotie, à la propriété de former des rejets (Debar) généralement à la base du stipe et chaque rejet planté donne un palmier dattier ayant alors les mêmes caractères que la pie-mère, ce que Ion ne peut obtenir par semis (Figure I.1).

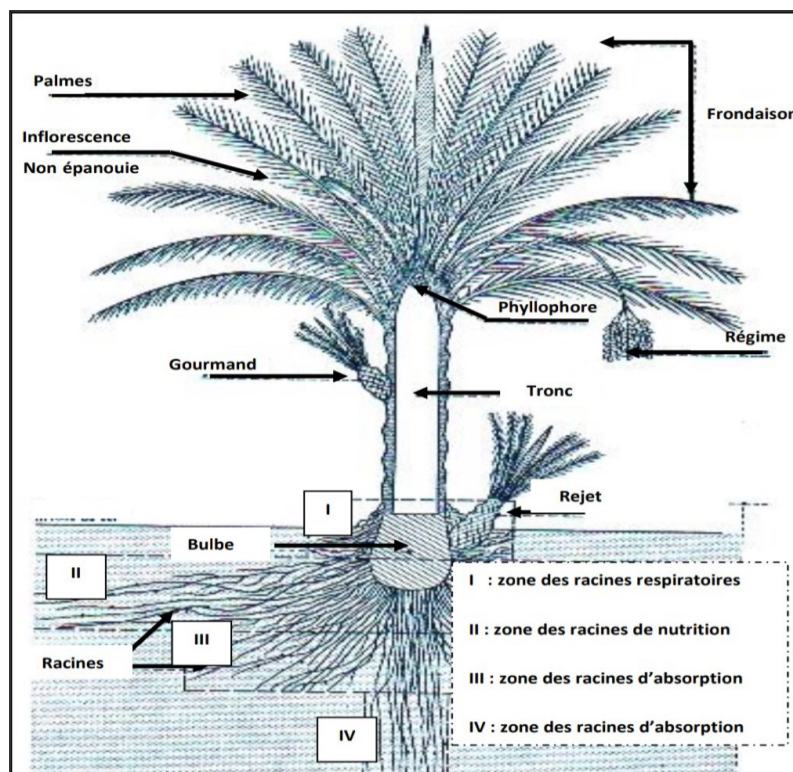


Figure I. 1:Schéma du palmier dattier [3].

I.3 Production de dattes et répartition géographique du palmier dattier

I.3.1 Dans le monde

Le dattier est une espèce xérophile, il ne peut fleurir et fructifier normalement que dans les déserts chauds [4]. Le palmier dattier fait l'objet d'une plantation Intensive en Afrique méditerranéenne et au Moyen-Orient (Figure I.2). L'Espagne est l'unique pays européen producteur de dattes, principalement dans la célèbre palmeraie d'Elche [5]. Aux Etats-Unis d'Amérique, le palmier dattier fût introduit au XVIII èmesiècle. Sa culture n'a débuté réellement que vers les années 1900 avec l'importation de variétés irakiennes [6]. Le palmier dattier est également cultivé à plus faible échelle au Mexique, en Argentine et en Australie .

La production mondiale de dattes est d'environ 7 millions de tonnes par année et a plus que doublé depuis les années 1980. Cela place la datte au 5ème rang des fruits les plus produits dans les régions arides et semi- arides. D'après la F.A.O, la production mondiale de dattes est estimée à 7.62 millions de tonnes en 2010. [7]

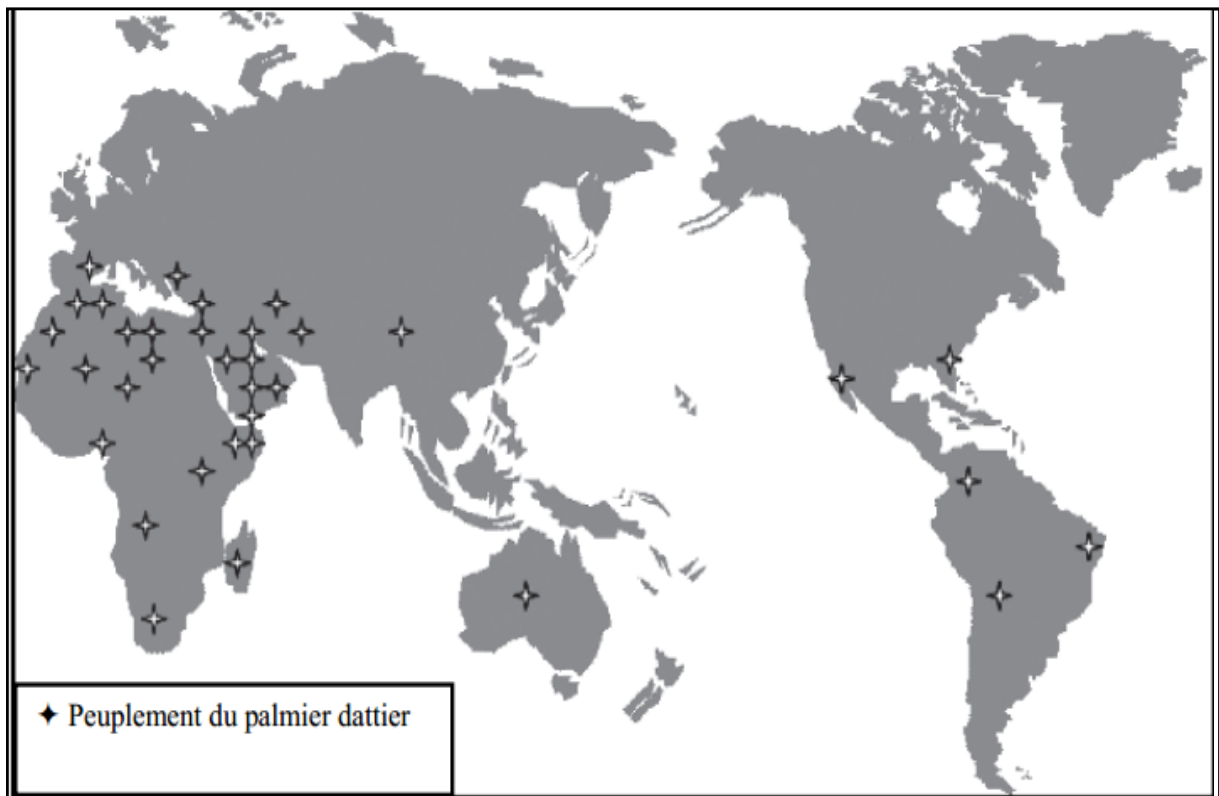


Figure I. 2: Répartition géographique du palmier dattier dans le monde.

I.3.2 En Algérie

La production est estimée à 492.217 tonnes dont 244.636 tonnes (50 %) de dattes demi molles (DegletNour), 164.453 tonnes (33 %) des dattes sèches (Dégela Beida et analogues) et 83.128 tonnes soit 17 % des dattes molles (Gars et analogues). Actuellement, la palmeraie algérienne est

constituée de plus de 11 millions de palmiers répartis à travers 09 wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf. Le palmier dattier se trouve également dans d'autres wilayas situées dans des zones de transition entre la steppe et le Sahara que l'on considère par rapport aux palmeraies sahariennes, de « marginales ». [8]

En Algérie, la superficie occupée par le palmier dattier couvre 103.129ha. Elle diffère d'une wilaya à une autre. La superficie la plus importante concerne les wilayas de Biskra et d'El-Oued atteignant toutes les deux 53.533ha soit 52%, soit plus de la moitié de la superficie totale par le palmier dattier (Figure I.3)

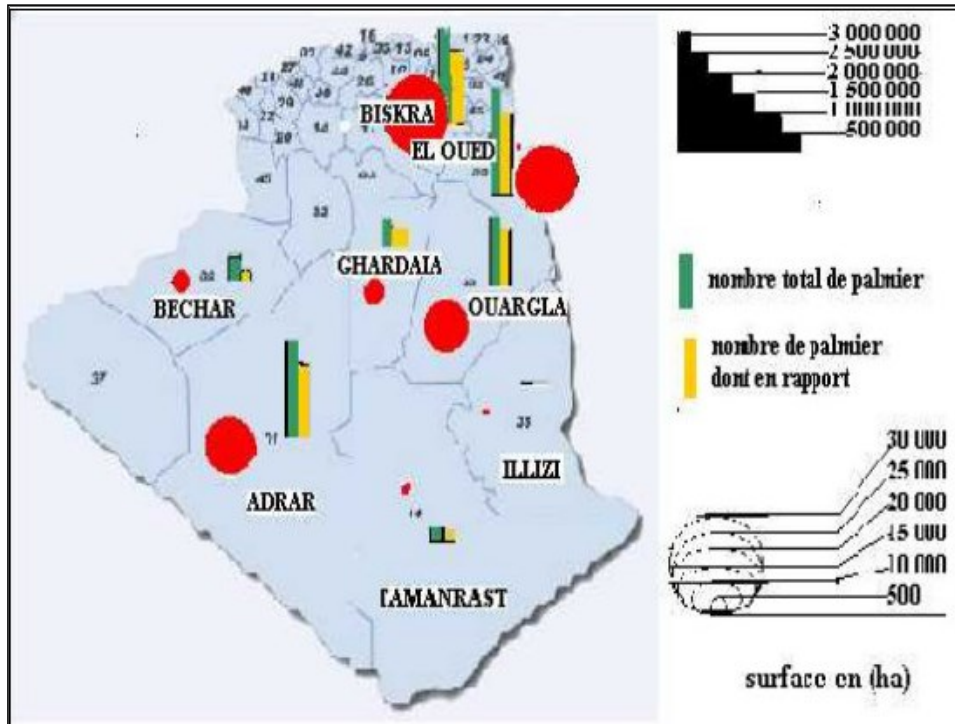


Figure I. 3: Répartition géographique du potentialphoenicicole Algerian [9].

I.3.3 En Adrar

Sud-ouest algérien. Qui sont le Gourara (Timimoune), le Touat (Adrar) et le Tidikelt (Aboule) Pour ce du Touat, et le Gourara : elles s'étendent sur une bande de terrain de plus de 500 km de cercle, ce sont les régions les plus habitées de la wilaya. Le centre administratif point de vue géographique, la wilaya d'Adrar comprend trois régions o e) bordure de l'erg occidental et vers le Nord la commune du Tinerkouk en partie éco par le même erg. Pour le Touat son centre administratif est Adrar, il s'étend de Kabeya Nagos 35 unodwy OE ans panse Auray e padou ne d'Aboule à In Salah qui constitue ses principaux centres. Compare au Touat, Gourant région du Tidikelt présente peu de ksour (pluriel de ksar-agglomérations) Eston distantes les unes des autres. Le nombre de ksour correspond généralement à la note de palmeraies avec quelques exceptions ; la wilaya d'Adrar en compte 245 ksour La phoeniculture constitue la principale ressource des habitants des régions sud. Les statistiques donnent le chiffre de près de 3 millions

de palmiers pour le secteur traditionnel et 14.502 ha pour la superficie de 29.104 ha dont 14.602 ha pour la mise en valeur. Elle est devenue importante tant par le profit financier qu'elle engendre que par la pérennité de vie qu'elle permet. Son adaptation aux conditions locales a permis le développement des économies de base à l'échelle régionale. L'évolution de la palmeraie dans la wilaya d'Adrar a été significative pendant le plan agricole lui a permis de jouer [10]

Pleinement son rôle dans la création période 1985-2003 du fait des vastes programmes initiés pour son extension (Tale Depuis 1983 à ce jour, la superficie du palmier dattier presque doublé dans la wilaya avec un atout du rajeunissement pour les nouvelles plantations. Contrairement aux palmeraies du sud est où on trouve un potentiel important cultivars de très bonne qualité dattiers ('Réglet nouer', Gars', etc.), le patrimoine phénicien de la région d'Adrar est constitué essentiellement de cultivars dits "khôl ils sont plus ou moins sensibles au bayoud, de qualité dattiers secondaire et consommés localement ou exportés vers les pays africains limitrophes (Mali et Niger) sous forme de troc. Le rendement par palmier reste faible déplorer de 25 kg/palmier. L'ensemble de palmeraies souffre d'un manque d'eau, accentué par la mauvaise conduite de l'irrigation la présence de la fusariose du palmier dattier (bayou). Cette situation se traduit par le dépérissement des palmiers et la baisse des rendements. Les forment une population hétérogène qui est nommée francs, ces dattiers sont appelés "khat", "dégout", "ignés", "Adam", "naja", selon les localités. Méthodes d'Etude d'Adrar, demandant ainsi un temps aussi long pour réaliser un inventaire exhaustif de tous les jardins de la région, l'étude a été portée sur un choix de dix jardins moyennement L'inventaire pratiqué fait appel à un dénombrement exhaustif de tous les pans appartenant à chaque jardin. Du fait de la grande étendue des palmeraies d'entretien par ksar [11].

Palmeraies sont irriguées par des foggaras (galeries drainantes) on compte à travers la wilaya d'Adrar dont 700 seulement en activité. Pollinisation anthropophile ; ils ne font l'objet d'aucune sélection bien qu'on leur reconnaisse des qualités pollinisatrices variables b. les femelles

I.4 Position systématique

La classification botanique du palmier dattier donnée par [12] est la suivante :

Embranchement : Phanérogames.

Sous embranchement : Angiospermes.

Groupe : Monocotylédones.

Ordre : Palmâmes.

Famille : Acéracée

Genre : Phoenix

Espèce : Phoenix dactyliferaL

I.5 Les exigences écologiques du palmier dattier

Plusieurs aspects concernant les exigences écologiques du palmier dattier sont abordés dans cette partie tel que : les exigences climatiques, les exigences édaphiques, et les exigences hydriques.

I.5.1 Exigences climatiques

Le dattier est une plante thermophile, l'activité végétale se manifeste à partir d'une température de 7°C à 10°C, héliophile (un bon éclaircissement) et sensible à l'humidité de l'air [13]. Il doit bénéficier, pour une production normale, d'un climat, sec et ensoleillé [14].

Durant la fructification, le dattier a besoin d'une somme de température variant de 5000 à 6000°C. Les vents ont une action sur la propagation de quelques déprédateurs du palmier dattier comme l'Ectomyelois crotoniate et Parlatoria Blanchard. Dans la répartition spatiale de l'infestation de ce déprédateur la direction Nord est la plus infestée correspondant à la direction des vents dominants au niveau des palmeraies de la région d'Ouargla.

I.5.2. Exigences édaphiques

Le palmier dattier s'accommode aux sols de formation désertique et subdésertique très divers, qui constituent les terres cultivables de ces régions. Il croît plus rapidement en sol léger qu'en sol lourd, ou il entre en production plus précocement. Il exige un sol neutre, profond, bien drainé, assez riche ou susceptible d'être fertilisé [14].

Le dattier est très tolérant au sel [13]. Il végète normalement à des concentrations supérieures à 10 g/l, la concentration extrême de la solution de sel est de 15%. Au-delà de 30% le dattier dépérit. [15]

I.5.3. Exigences hydriques

Le palmier dattier peut vivre en atmosphère sèche, pourvu que les besoins en eau au niveau des racines soient satisfaits. Les apports d'eau doivent être suffisants pour couvrir tous les besoins du palmier dattier, pour compenser les pertes par infiltration et par évaporation à la surface du sol et pour lessiver le sol afin d'éliminer les sels accumulés. [16]

I.6 Morphologie

C'est un grand palmier de 20 à 30 m de haut, au tronc cylindrique (le stipe), portant une couronne de feuilles, les feuilles sont pennées divisées et longues de 4 à 7 m. L'espèce est dioïque et porte des inflorescences mâles ou femelles. Les fleurs femelles aux trois carpelles sont indépendantes, dont une seule se développe pour former la datte (le fruit). [17]

I.6.1 Système racinaire

Le système racinaire du palmier dattier est fasciculaire, les racines ne se ramifient pas et n'ont relativement que peu de radicelles. Le bulbe ou plateau racinal est volumineux et émerge en partie au-dessus du niveau du sol. [18]

I.6.2 Système végétative

I.6.2.1. Tronc et rejets

Le tronc, qu'on appelle généralement « stipe », est cylindrique, c'est-à-dire d'un même diamètre de bas en haut, sauf à la base, où l'on trouve les racines Respiratoires (Figure I.4). Le tronc pousse au fur et à mesure de la croissance du bourgeon Terminal, ou apex, ou encore phallophore et de l'émission des palmes.

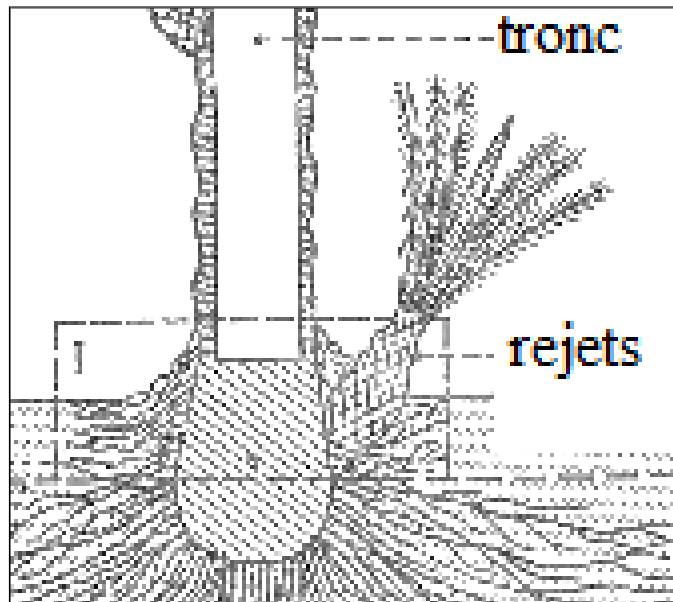


Figure I. 4: Schéma du tronc et les rejets.

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

Entre les pétioles, le tronc est recouvert d'un fibrilleux, qui est une bourre fibreuse, sorte de tissage végétal que l'on appelle « life ».

Dans la partie terminale du tronc, on trouve les palmes en activité, c'est -à-dire les palmes vertes qui sont insérées en hélices très rapprochées. [18]

I.6.2.2 Fibres

Les palmiers dattiers ont une structure fibreuse, avec quatre types de fibres [19] Fibres de feuilles dans le pédoncule :

Fibres de baste dans les tiges Fibres de bois dans le tronc, les fibres de surface autour du tronc (appelées localement : life) (FigureI.5) [20].



Figure I. 5: fibres de surface des palmiers dattiers.

I.6.2.3 La couronne

La couronne ou frondaison est l'ensemble des palmes vertes qui forment la couronne du palmier dattier. On dénombre de 50 à 200 palmes chez un palmier dattier adulte. Les palmes vivent de trois à sept ans, selon les variétés et le mode de culture. Elles sont émises par le bourgeon terminal ou « phallophore », pour cela, on distingue : la couronne basale, la couronne centrale et les palmes du cœur [16, 17].

I.6.2.4. Palmes

Une palme, ou (Djérid), est une feuille composée pennée (se dit des feuilles composées de folioles disposées de part et d'autre d'un axe médian). La base pétolière, ou pétiole (appelée Kornat), (FigureI.6) engaine partiellement le tronc et est en partie recouverte par le fibrilleux, ou life [18].

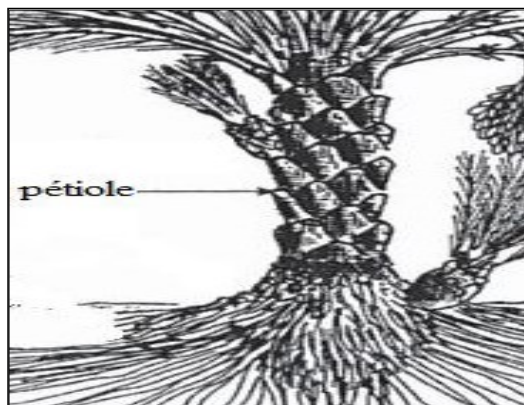


Figure I. 6: Schéma de pétiole. [13]

La base du rachis, ou pétiole, est semi-cylindrique, plus ou moins ailé, et porte les épines (Choucas), et les folioles. Le pétiole est dur et relativement rigide (Figure I.7)

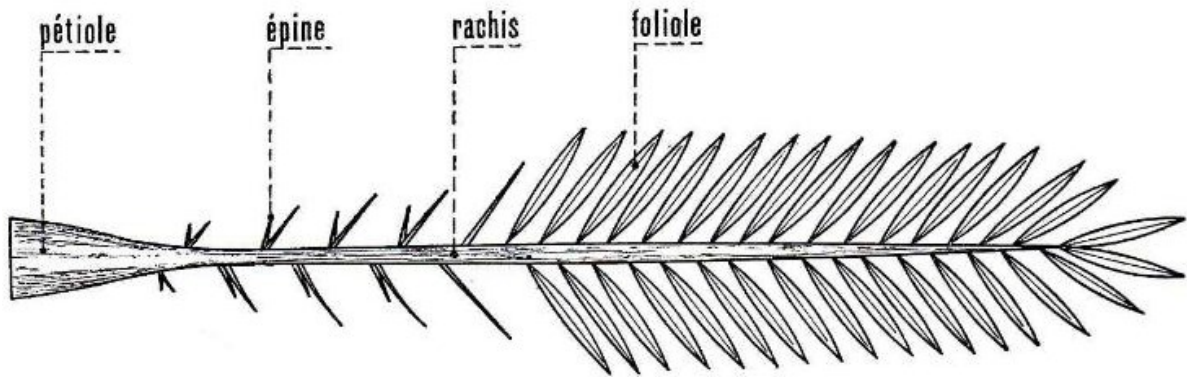


Figure I. 7: Schéma d'une palme [13].

I.6.2.5. Spathes ou inflorescences

Le Palmier dattier est une plante dioïque. Les organes de reproduction sont composés d'inflorescences mâles ou femelles portées par des palmiers différents. Les spathes ont une forme d'épis protégés par une bractée ligneuse close et fusiforme. Elles sont de couleur vert-jaunâtre et sont formées à partir de bourgeons développés à l'aisselle des palmes (Figure I.8). [21]



Figure I. 8: Spathes mâles et femelles.

a) L'inflorescence feel

Les inflorescences femelles (SF) présentent une élongation marquée du pédoncule ainsi qu'une bi latéralisation. Les inflorescences et les épillets sont plus longs (Figure I.9). Ceci est lié à leur position relative sur le rachis [22].

b) L'inflorescence male

L'inflorescence mâle (SM) à une forme conique (Figure I.9) et le nombre de méristèmes floraux est plus élevé sur les épillets. La longueur de ces derniers semble indépendante chez les mâles de la position relative sur le rachis. [22]

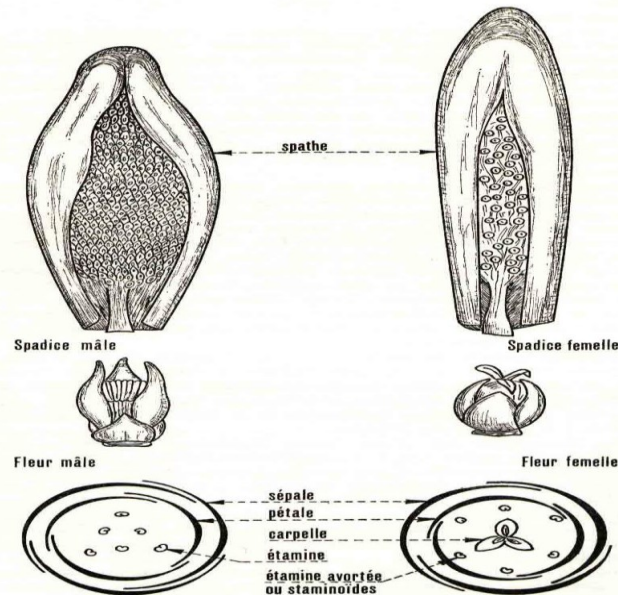


Figure I. 9: Inflorescences et fleurs du palmier dattier Spathes.

I.6.2.6 Régimes de dates

Un régime de dattes est la partie qui supporte les fruits du palmier. Il est accroché au palmier par la hampe (Figure I.10), qui est d'ailleurs tellement résistante qu'elle doit être sciée pour être décrochée. Il peut contenir plus de 1000 fruits. [20]

La hampe florale : Les couleurs de la hampe florale sont: vert, jaune, jaune-orange, orange étrange foncé[23]

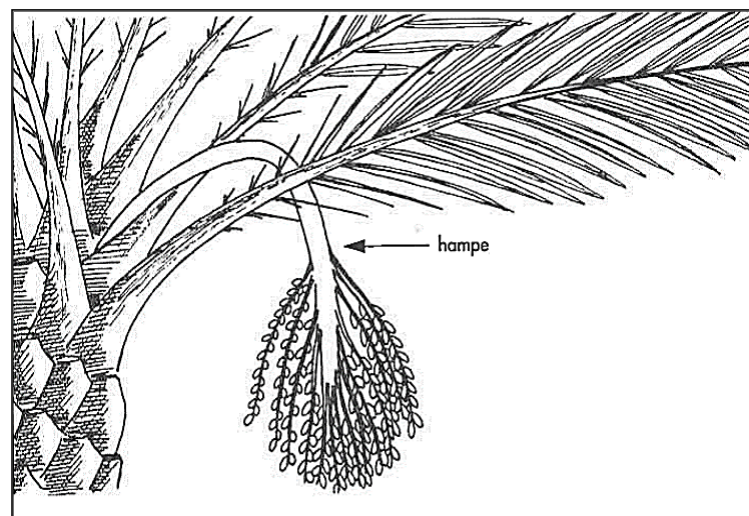


Figure I. 10: Schéma de la hampe florale (Anonyme2).

I.6.2.7 Fleurs

Les fleurs sont unisexuées à pédoncule très court. Elles sont de couleur ivoire, jaune-verdâtre selon le sexe et le cultivar ou la variété. En période de pollinisation, les spathes s'ouvrent d'elles-mêmes suivant la ligne médiane du dos [21].

I.6.2.8 Fruits

Les fruits du dattier sont appelés dattes et sont groupés en régimes. La datte est une baie contenant une seule graine, vulgairement appelée noyau. La datte est constituée d'un mésocarpe charnu, protégé par un fin épicarpe. Le noyau est entouré d'un endocarpe parcheminé, il est de forme allongée, plus ou moins volumineux, lisse ou pourvu de protubérances latérales en arêtes ou ailettes, avec un sillon ventral ; l'embryon est dorsal, sa consistance est dure et cornée [17] (Figure I.11).

- Le fruit est constitué de :
- La peau externe (épicarpe) ;
- La pulpe ou chair (mésocarpe) ;
- L'enveloppe interne (endocarpe) ;
- Le péricarpe ;
- La graine ou le noyau.

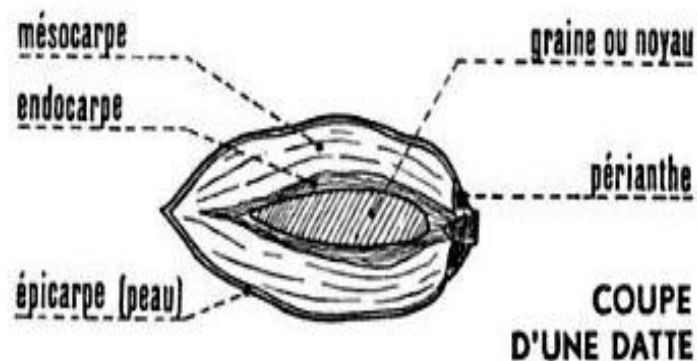


Figure I. 11: Morphologie et anatomie du fruit et de la graine du palmier dattier) [13].

I.7 Biologie du palmier dattier

I.7.1 Présentation de l'espèce

Le palmier dattier est une plante dioïque. Il comporte des pieds mâles (Dakar) et des Pieds femelles (Dakhla). Il se multiplie aussi bien par semis de graines (noyaux) que par plantations des rejets (djebels).

La multiplication par noyaux ne reproduit pas fidèlement la « variété » dont il est issu. On obtient en moyenne par semis de noyaux, 50% de sujets mâles et 50% de sujets femelles l'hétérozygotie des plants originaux provoque une très forte hétérogénéité de la descendance.

A l'origine, cette méthode de multiplication permettait aux phoeniculteurs d'opérer des sélections parmi les meilleurs plants issus de noyaux et de les multiplier ensuite par voie végétative. Ainsi, les individus de palmiers actuels ne sont que le produit de cette sélection et ne sont en fait que des cultivars [8].

En résumé, la multiplication du palmier dattier se fait donc par :

Rejet : qui reproduit intégralement les caractéristiques du pied mère (sexe, aptitudes, Qualité des fruits...). C'est la seule méthode utilisée par les phoeniculteurs pour la reproduction du dattier Gourmand ou roua : les gourmands se développent haut sur le tronc ou sur lestiez. Ils s'enracinent moins vite, ont un taux de reprise plus faible, mais surtout ils ont une très forte tendance à dégénérer

Culture in vitro : face aux maladies cryptogamiques ET virales (exemple : Bayou ou Fusariose vasculaire du dattier) et pour pallier aux problèmes de disparition des variétés ne présentant peu ou plus de rejets, les techniques de multiplication in vitro peuvent être un relais efficace des techniques traditionnelles.

I.8 Le composant de déchets de palmier dattier

I.8.1 Cellulose

Est l'un des aspects polysaccharides, et le composant principal de la racine cellulaire du plant (paroi), c'est aussi bateau structurel qui en fait un protecteur pour la cellule sa proportion est différente de la plante a une autre en fonction de sa nature, et apprécie généralement entre 30-50 pour cent. la cellulose responsable de l'essentiel des propriétés mécaniques du bois. [21][24]

1 unités sont liées entre elles par de liaison (1-4) glycosidiques.

I.8.2 Hémicellulose

Est un polysaccharide a chaines principales qui représente de 20 à 40 pour cent de la biomasse, c'est un polymère ramifié dont la structure est formée à partir monomère, les hémicelluloses sont amorphes et possède un degré de polymérisation bien inférieur à la cellulose. De plus l'hémicellulose est fortement hydrophile du fait de leurs nombreuses ramifications. [21][24]

I.8.3. Lignine

Lignine est un polymère qui se situe entre les microfibrilles de cellulose et d'hémicellulose, joue le rôle d'un liant qui permet de les fixer les uns aux autres afin de former la paroi cellulaire. Elle est amorphe, hydrophobe.

I.9 Déchets des palmiers dattiers

Avec une inquiétude croissante concernant l'épuisement des ressources fossiles et les risques environnementaux causés par leur utilisation excessive, on s'attend à ce que le monde dirige vers des sources naturelles renouvelables telles que les ressources en biomasse. Les fibres naturelles comme renforcement ont un grand intérêt pour les nouvelles technologies qui traitent de l'aspect environnemental. Récemment, les développements technologiques modernes et les communications améliorées ont influencé l'utilisation des produits dattiers (hors dattes).

Les résidus de palmiers dattiers sont l'une des sources intéressantes des fibres naturelles car elles sont renouvelables et abondamment disponibles. Selon le Palmier fournit huit types de résidus (Tronc, pétiole, febrilium, rachis, épines, Feuille, Spathe, grappes), dont on peut ajouter aussi les grains de dattes comme neuvième résidu. Ses résidus sont collectés à partir du processus d'élagage saisonnier comme une pratique agricole essentielle.

En effet, les feuilles de palmier dattier sont l'une des sources naturelles importantes de fibres où les applications ont été étendues à presque tous les champs. D'autre part, le palmier dattier est considéré comme une source de matières premières à des limites industrielles. [25]

Le palmier dattier a une grande importance socioéconomique, en particulier en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Ces pays représentent 62 millions des 105 millions d'arbres disponibles dans le monde entier sur une superficie de plus d'un million d'hectares. Ces « arbres » sont cultivés non seulement pour leurs fruits précieux (dattes), mais aussi pour produire du carburant, du bois et des abris pour les cultures terrestres. La production des dattes est d'environ 6,5 millions de tonnes métriques dans le monde et génère une activité commerciale importante.

Dans le monde, 1,5 millions de tonnes par an de déchets de palmier dattier sont abandonnés, 125 000 tonnes (8,33 %) pour l'Algérie sont à considérer. Aujourd'hui, la Production mondiale, l'utilisation et l'industrialisation des dattes ne cessent d'augmenter et selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) la Production des dattes est à la hausse, comme enregistrée pour certains pays producteurs comme l'Égypte (1 352 950 tonnes métriques), Arabie Saoudite (1 078 300 tonnes), Iran (1 023 130 tonnes), Émirats arabes unis (775 000 tonnes) et Algérie (710 000 tonnes). [25]

Références bibliographiques

- [1] Omar Khelifi (2018) « Etude de l'adsorption du nickel et du cuivre sur un charbon actif préparé à partir des boues de station d'épuration ». Thèse doctorat Université 8 Mai 1945 Guelma. P 72-73
- [2] Toutain G. « Le palmier dattier culture et production », p85-86-87-88-89-90-91-92. Al Awami. 25 Octobre 1967.
- [3] Belguedj M, « Les ressources génétiques du palmier dattier :Caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-est algérien ». 2002.
- [4] Amorsi G. « Le palmier dattier en Algérie, Ed, Tlemcen », 131p, 1975.
- [5] Toutain G., 1996. Rapport de synthèse de l'atelier « Techniques culturales du Palmier dattier ». In : Options méditerranéennes, série, N° 28. Le palmier dattier dans L'agriculture d'oasis des pays méditerranéens. Ed. IAM, Zaragoza, Spain. pp: 201-205.
- [6] Matallah M.A.A., 2004. « Contribution à l'étude de la conservation des dates variété Réglet-Nouer : Isotherme d'adsorption et de désorption ». Mémoire *D'Ingénieur agronome*, Institut National Agronomique (INA). *INA. El- Harrach, 79 p*
- [7] Food and Agriculture Organization (FAO), 2010. « Statistiques Agricoles mondiales ». FAO-STAT.
- [8] Buelguedj, M., 2007. « Evaluation du sous-secteur des dattes en Algérie », INRAA El-Harrach.
- [9] Direction des Services Agricoles de la Wilaya d'Ouargla (DSA). 2001. « Statistiques agricoles ». Services des statistiques agricoles
- [10] Almi Kenza,(2018) « Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmier Dattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie ». Thesedoctorat.
- [11] Liver first is on date palm. Act hurt 994, its 2013
- [12] Mark R. (2006). Introduction to fruit corps.

- [13] Munier P. « Le palmier dattier, Maison neuve et lacrosse », Paris. 367p(1973).
- [14] Toutain, G. « Eléments d'agronomie saharienne : de la recherche au Développement ». Ed. JOUVE, Paris, 276, 1979.
- [15] Bouguedoura N., 1991. Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier. « Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteurs ». Thèse de Doctorat. U.S.T.H.B. Alger, 201p.
- [16] Peyron G. Cultiver le palmier dattier. Ed. Grid. Montpellier, pp: 11-67. 2000
- [17] Ben Cheikh A. « Les Champignons Accompagnés De L'embryon Du Palmier Dattier ». Mémoire de magister, Université KasdiMerbah, Ouargla, Algérie, 75p(2011).
- [18] Anonyme2. Les palmiers dattier au Maroc.
- [19] Kriker A. (2005). « Caractérisation des fibres de palmier dattier et propriétés des bétons et mortiers renforcés par ces fibres en climat chaud sec ». Thèse de doctorante d'état. ENP.
- [20] Taallah. (2014). « Étude du comportement physico-mécanique du bloc de terre comprimée avec fibres ». Thèse de doctorat, Université Mohamed khider, Biskra. Algérie.182p.
- [21] Azhar Halée et Abdulgafoor ENA. L'adsorption de Cr (IV) par fibre de palme dattier.
- [22] Zango. (2011) « Étude comparative de l'architecture et de la géométrie de l'inflorescence mâle et femelle du palmier dattier ». Biodiversité végétale tropicale (BVT). Pp. 1-47.
- [23] Hannachi et al, (2005). « Descripteurs du palmier dattier Phoenix dactylifera_L ». International Plant Genetic Resources Institute.69p.
- [24] Mona Yazdanshenas et al. Adsorption of basic blue 41 form Aqueous solution onto Coconut fiber Particles
- [25] Slimane Abdelaziz et Sali Bou djemaa,(2019) « Caractérisation et Quantification des déchets du Palmier dattier dans la région d'Adrar ».Mémoire de master.

Chapitre II :

Phénomène d'adsorption

II.1 Historique

Les phénomènes dont l'adsorption ont été observés initialement dans les liquides par Lowitz en 1785, La première application industrielle a été réalisée quelques années plus tard dans une raffinerie de canne à sucre pour décolorer les sirops. En 1860, le charbon de bois a été utilisé pour éliminer le goût et les odeurs des eaux [1]. Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Kayser en 1881 pour différencier entre une condensation de gaz à la surface d'un solide, et une adsorption de gaz processus dans lequel les molécules de gaz s'adsorbent à la surface du solide. Le terme large de sorption a été proposé en 1909 par Mc. Bain qui désigne aussi bien le phénomène d'adsorption que celui d'absorption.

II.2 Définition

Le phénomène d'adsorption est un phénomène de dépôt de molécules en phase fluide (adsorbat) sur une surface solide appelé adsorbant. Tous les constituants d'un mélange ne s'adsorbent pas à la même vitesse et dans les mêmes proportions. Cela est un phénomène de séparation. Depuis le début des années soixante, les procédés de séparation par adsorption sont devenus des opérations industrielles courantes [2].

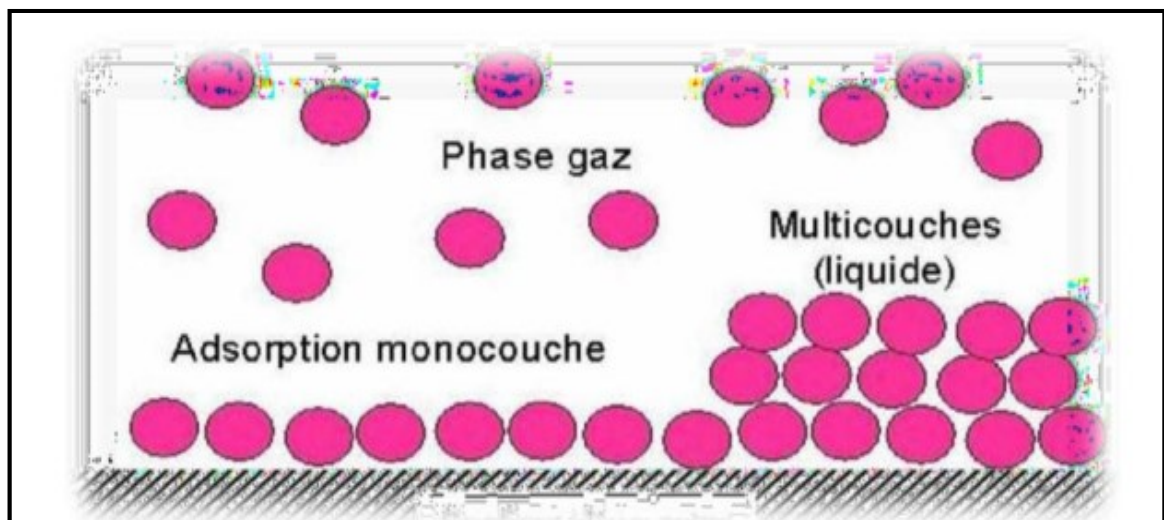


Figure II. 1: Phénomène d'adsorption [3].

II.3 Principe de l'adsorption

L'adsorption est un processus qui se produit lorsqu'un fluide (gazeux ou liquide) est en contact avec un solide. Les composants qui contiennent le fluide sont retenus sur la surface du matériau solide. Le solide est alors appelé adsorbant et le fluide appelé adsorbat. Il existe deux types d'interaction entre l'adsorbant et l'adsorbat qui permettent de classer deux types d'adsorption : adsorption

physique (physisorption) et adsorption (chimisorption), dans le cas de physisorption la fixation de l'adsorbat sur la surface de l'adsorbant principalement par la force de van der Waals. L'adsorption peut être monocouche et multicouche. Est un phénomène spécifique et technologie des séparations de contaminés [4].

II.4 Les types d'adsorption

II.4.2 Adsorption chimique

Elle met en jeu une ou plusieurs liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbât et l'adsorbant. La chimisorption est généralement irréversible, produisant une modification des molécules adsorbées. Ces dernières ne peuvent pas être accumulées sur plus d'une monocouche [5]. Seules sont concernées par ce type d'adsorption, les molécules directement liées au solide. Elle génère de fortes énergies d'adsorption et est favorisée par les températures élevées [6]. La distance entre la surface et la molécule adsorbée est plus courte que dans le cas de la physisorption [7].

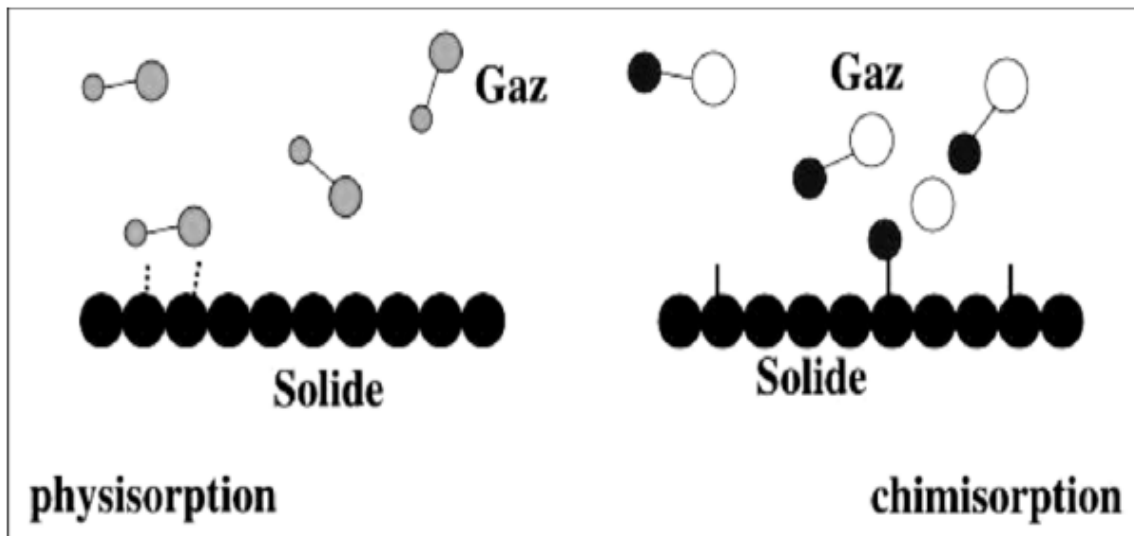


Figure II. 2: Schéma montrant la différence entre physisorption et chimisorption d'adsorption.

II.4.1 Adsorption physique

Contrairement à la chimisorption, l'adsorption physique se produit à des températures basses et est caractérisée par une énergie d'adsorption faible (la molécule adsorbée n'est pas donc fortement liée); elle résulte des forces de Van Der Waals [5]. La molécule adsorbée est fixée sur un site spécifique et peut se déplacer librement à l'interface. La physisorption est rapide, réversible et n'entraîne pas de modification des molécules adsorbées [7].

Tableau II. 1: Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique [69].

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Types de liaison	Liaison de Van Der Waals	Liaison chimique
Températures du Processus	Relativement faible comparée à la température d'ébullition de l'adsorbat	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbat
Individualité des Molécules	L'individualité des molécules est conservée	Destruction de l'individualité des molécules
Désorption	Facile	Difficile
Cinétique	Rapide, indépendante de la Température	Très lente
Chaleur d'adsorption	Inférieure à 10 kJ/mole	Supérieure à 10 kJ/mole
Energies mises en jeu	Faibles	Elevées
Type de formation	Formation en multicouches et monocouche	Formation en monocouche

II.5 Capacités d'adsorption

La capacité d'adsorption est connue comme la quantité maximale de substrat (masse ou volume) adsorbée par unité de poids d'adsorbant. Elle dépende des caractéristiques de l'adsorbant. Elle peut être définie par la relation suivante :

$$q = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \cdot V$$

Où

q La capacité d'adsorption (mg/g), C_0 la concentration initiale de l'adsorbant (mg/g), C_e la concentration à l'équilibre en solution (mg/g), V le volume de la solution et m la masse de l'adsorbant (g) [8].

II.6 Importance de l'adsorption

Le processus d'adsorption a la plus haute importance dans les nombreuses applications industrielles et environnementales, dans la vie. Il est utilisé pour éliminer la particule ou le matériau indésirable existant dans le fluide. Il existe aussi dans le domaine catalytique en électrochimie et en beaucoup d'autres sciences. Le phénomène d'adsorption joue un rôle plus important dans le phénomène d'adhésion entre surface solide. Quelques domaines d'utilisation :

- Raffinage des produits pétroliers
- Séparation des composés chimiques

- Dessiccation de produits organique industriels
- Traitement des huiles
- Traitement des gazes
- Décoloration et traitement des eaux [9]

II.7 Le mécanisme d'adsorption

L'adsorption est un processus, largement répandu pour l'élimination d'un colorant a également une applicabilité large dans le traitement des eaux résiduaires [10,11]. La séparation par adsorption est basée sur une adsorption sélective (thermodynamique et /ou cinétique) des polluants (appelés adsorbats) par un adsorbant, grâce à des interactions spécifiques entre la surface du matériau et les produits adsorbés : c'est un simple transfert de masse à partir de la phase liquide vers la surface du solide, Ce processus s'opère en plusieurs étapes Diffusion externe : correspond au transfert du soluté (un colorant) du sein de la solution à la surface externe des grains. Le transfert de la matière externe dépend des conditions hydrodynamiques de l'écoulement d'un fluide dans un lit adsorbant.

- Diffusion interne : les particules de fluide pénètrent à l'intérieur des pores. Elle dépend de gradient de concentration du soluté.
- Diffusion de la surface au contact des sites actifs, elle correspond à la fixation des molécules sur la surface des pores.

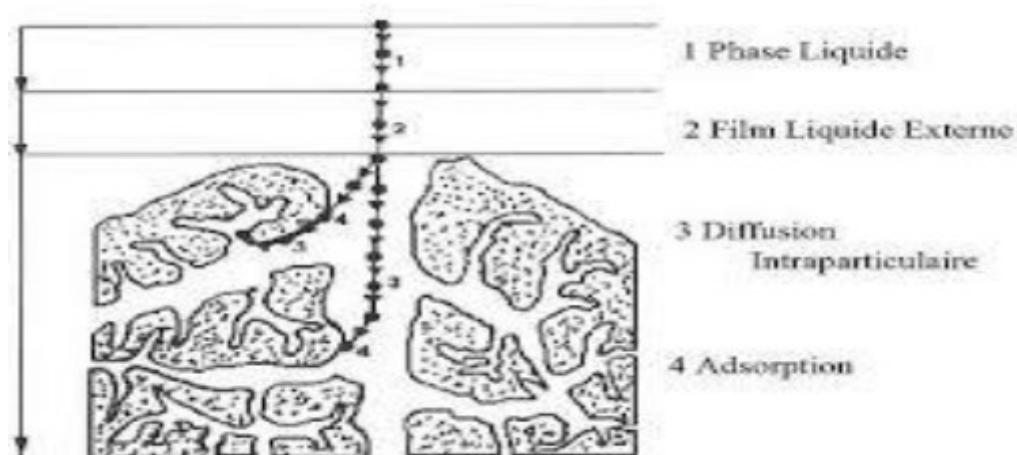


Figure II. 3: Mécanisme d'adsorption sur les solides poreux. [12].

II.8 Facteurs influençant sur l'adsorption

Équilibre d'adsorption entre un adsorbant et un adsorbat, dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont décrits ci-après :

a) Surface spécifique

L'adsorption lui est proportionnelle. La dépendance de la cinétique d'adsorption à la dimension de la surface externe des particules est fondamentale pour l'utilisation d'un adsorbant. Cette surface spécifique externe ne représente pourtant qu'une portion minime de la surface totale disponible à l'adsorption. Cette surface totale peut être augmentée par un broyage de la masse solide qui multiplie encore sa porosité totale.

b) Porosité

La porosité est liée à la répartition de la taille des pores. Elle reflète la structure interne des adsorbants microporeux.

c) Nature de l'adsorbat

D'après la règle de LUNDENIUS: "moins une substance est soluble dans le solvant, mieux elle est adsorbée". D'après la règle de Traube, l'adsorption à partir des solutions aqueuses, croît lorsqu'on parcourt une série d'homologues.

d) Polarité

Un soluté polaire aura plus d'affinité pour un solvant ou pour l'adsorbant le plus polaire. L'adsorption préférentielle des composés organiques à solubilité limitée en solutions aqueuses (hydrocarbures, dérivés chlorés, phénol et autres dérivés benzéniques) est importante avec les adsorbants hydrophobes (charbons actifs, polymères poreux). Elle est par contre insignifiante avec les adsorbants polaires très hydrophiles (gel de silice, alumine...).

e) pH

Le pH a parfois un effet non négligeable sur les caractéristiques de l'adsorption. Dans la plupart des cas, les meilleurs résultats sont acquis aux pH les plus faibles. Cette propriété s'applique particulièrement à l'adsorption de substances acides.

f) Température

L'adsorption est un phénomène endothermique ou exothermique suivant le matériau adsorbant et la nature des molécules adsorbées. De nombreuses valeurs d'enthalpie d'adsorption sont présentées dans la littérature qui attestent de la variabilité des processus thermodynamiques [13].

II.9 Les isothermes d'adsorption

II.9.1 Classification des isothermes d'adsorption

On distingue deux classifications :

❖ Classification de Giles :

- **Classe S** : indique une adsorption verticale de molécules, le solvant rentre en compétition avec le soluté pour l'occupation des sites de l'adsorbant [14];
- **Classe L** : diminution des sites libres au fur et à mesure de la progression de l'adsorption.
- **Classe H** : la quantité adsorbée apparaît importante à concentration quasiment nulle du soluté dans la solution. Ce phénomène se produit lorsque les interactions entre les molécules adsorbées et la surface du solide sont très fortes ;
- **Classe C** : ces courbes se rencontrent lorsqu'il y a compétitivité entre le solvant et le soluté pour l'occupation des sites d'adsorption.

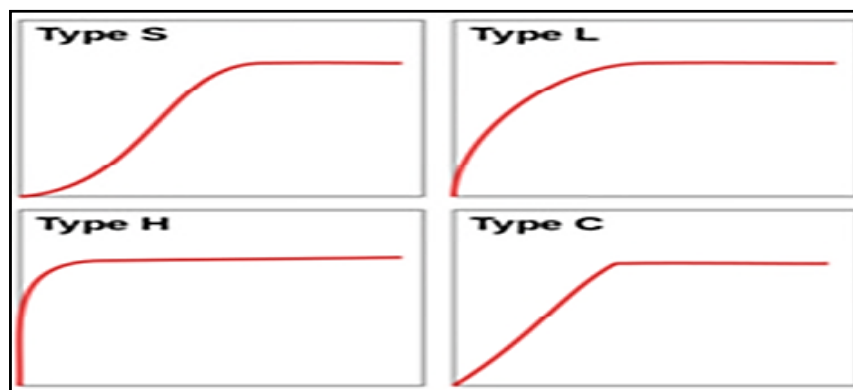


Figure II. 4: Représentation graphique de la classification de Giles des isothermes d'adsorption. [15].

❖ Classification de l'IUPAC

- **Le type I** sont typique d'une adsorption en monocouche avec saturation des sites d'adsorption ;
- **Le type II** correspond à une adsorption multicouche sur des surfaces microporeuses ;
- **Le type III** cette isotherme est relativement rare elle indique la formation des couches poly-moléculaires dès le début de l'adsorption ;
- **Le type IV** présente des marches caractéristique d'une adsorption multicouche sur une surface non poreuse très homogène.

II.9.2 Modélisation d'isotherme d'adsorption

L'isotherme d'adsorption c'est une représentation graphique de la capacité d'adsorption par unité de surface en fonction de la concentration de soluté à l'équilibre. Cette représentation nous permet de connaître les interactions entre adsorbant et adsorbé. Tous les modèles mathématiques ont été proposés pour étudier l'interaction entre l'adsorbant et l'adsorbé.

Les modèles les plus utilisés sont les suivants :

a) Isotherme de Langmuir

Le modèle de Langmuir est développé spécialement pour étudier l'adsorption en phase gazeuse, et représente l'isotherme de type L . Ce modèle est basé sur l'hypothèse suivante :

- Les sites d'adsorption à la surface du solide sont tous énergiquement équivalents
- Chacun des sites fixe une seule molécule
- L'adsorption se fait en monocouche
- Il n'existe pas d'interaction entre les molécules adsorbées [16].

L'équation d'isotherme de Langmuir est représentée par la relation suivante :

$$q_e = \frac{q_{max} k_l C_e}{1 + k_l C_e} \quad (II. 1)$$

Où

q_e : capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g ou $mmol/g$).

q_{max} : capacité maximale d'adsorption (mg/g).

k_l : constante de Langmuir.

C_e : concentration à l'équilibre dans gazeuse ou liquide (l ou $mmol/l$)

Les valeurs Q_{max} et K_l sont déterminées à partir de la courbe linéaire droite ($C_e/Q_e = f(C_e)$) de pente ($1/Q_{max} K_l$) et d'ordonnée à l'origine ($1/Q_{max}$)

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{K_l \cdot Q_{max}} + \frac{C_e}{Q_{max}} \quad (II. 2)$$

Il existe une caractéristique principale de l'isotherme de Langmuir qui peut être définie en

termes de constante sans dimension appelée facteur des séparations ou paramètre d'équilibre R_l définie par **weber et al** (1974) et reprise par Ozcan (2006).

Ce caractère exprime par la relation suivante :

$$R_l = \frac{1}{1 + K_l C_0} \quad (II. 3)$$

Où

C_0 : est la concentration initiale de l'adsorbat (mg/l)

K_l : est la constante de Langmuir (L/mg)

b) Isotherme de Freundlich

Le modèle de Freundlich c'est un modèle simple et empirique. Représentation d'isotherme concave type ('L' ou 'H'). Ce modèle d'isotherme d'adsorption est multicouche avec possible d'interaction entre la molécule adsorbée et base sur l'adsorption sur des surfaces hétérogène [17].

$$Q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (II. 4)$$

K_F : Constante de Freundlich ($.g^{-1}(mg.l^{-1})^{1/n}$).

Q_e : Quantité adsorbée à l'équilibre ($mg.g^{-1}$).

C_e : la concentration de l'adsorbat à l'équilibre d'adsorption ($mg.l^{-1}$)

n : Constant de Freundlich dépend de la nature de l'adsorbat et la température
Les paramètres K_F et n sont déterminés à partir de l'équation linéarisée suivante :

$$\ln Q_e = \ln K_F + (1/n) \cdot \ln C_e \quad (II. 5)$$

La représentation graphique de $\ln(Q_e) = f \ln(C_e)$ donne une droite dont la pente est $(1/n)$ et d'ordonnée l'origine ($\ln K_F$)

Si

- $n = 1$ adsorption linéaire
- $n < 1$ adsorption chimique
- $n > 1$ adsorption physique est favorable.

c) Isotherme de Temkin

Le modèle de Temkin attribué sur l'hypothèse, que lors l'adsorption en phase gazeuse. La chaleur d'adsorption de l'interaction avec l'adsorbat est une représentation linéairement avec le taux de recouvrement. C'est une application de la relation de Gibbs pour les adsorbants dont la surface est considérée comme énergétique hétérogène. La relation de Temkin écrire comme suite :

$$qe = (RT/bT) \ln(KTCe) \tag{II. 6}$$

$$qe = B \ln Kt + B \ln Ce \tag{II. 7}$$

$$B = RT/bT \text{ (J/mol)} \tag{II. 8}$$

KT : la constant d'équilibre d'adsorption correspondant à l'énergie de liaison maximale.

bT : constant de Temkin.

R : constant de gaze parfait (8.314 J/molK).

T : Température à 298K.

B : constant liée à la chaleur de l'adsorption.

II.10 Cinétique d'adsorption

La cinétique d'adsorption pourrait décrire le processus de transfert de matière (substrat) d'une phase liquide vers la phase solide (support) où elle fait intervenir les étapes suivantes : [18].

Bien que les mesures d'isothermes d'adsorption fournissent une information extrêmement utile sur la capacité d'adsorption des résines et la sélection de l'adsorbant le plus adapté, tout dimensionnement d'installation sérieux doit tenir compte de la cinétique du processus d'adsorption (ibid.).

La vitesse à laquelle l'équilibre d'adsorption est atteint peut-être très variable selon le système étudié ou les conditions opératoires. Un grand nombre de paramètres peuvent influencer la cinétique d'adsorption de façon déterminante. On peut citer entre autres la géométrie et la configuration de l'équipement, les conditions hydrodynamiques, l'agitation, la viscosité de la solution, sa composition, la structure et la taille des particules d'adsorbant ou encore le poids moléculaire [18].

II.10.1 Equation de pseudo premier ordre

Il a été supposé que dans ce modèle la vitesse de sorption à instant t est proportionnelle à la différence entre la quantité adsorbée à l'équilibre, q_e et la quantité q_t adsorbée à cet instant et que l'adsorption est réversible [19].

La constante de vitesse d'adsorption du premier ordre est déduit à partir du modèle établi par LAGERGREEN [20].

La loi de vitesse s'écrit :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (II. 9)$$

Avec : q_e quantité d'adsorbant à l'équilibre par gramme d'adsorbant (mg/g),

t : Temps contacte (min),

k_1 : Constante de vitesse d'adsorption pour le premier ordre (min^{-1}).

L'intégration de l'équation (1) donne :

$$\log_{10} (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad (II. 10)$$

II.10.2 Equation de pseudo second ordre [21]

L'équation du second ordre est souvent utilisée avec succès pour décrire la cinétique de la réaction de fixation des polluants sur l'adsorbant [22]. Ce modèle du pseudo second ordre permet de caractériser les cinétiques d'adsorption en prenant en compte à la fois le cas d'une fixation rapide des solutés sur les sites les plus réactifs et celui d'une fixation lente sur les sites d'énergie faible.

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (II. 11)$$

Avec k_2 constante de vitesse d'adsorption pour le pseudo second ordre ($g. \text{mg}^{-1}. \text{min}^{-1}$).

q_e : Quantité d'adsorbant à l'équilibre par gramme d'adsorbant (mg/g).

La quantité d'adsorption à l'équilibre q_e et la constante du pseudo second ordre k_2 de q_t en fonction de t .

Après intégration on obtient :

$$q_t = \frac{(k_2 q_e^2 t)}{1 + K_2 q_e t} \quad (II. 12)$$

II.10.3 Équation de diffusion intra particulaire [23]

Le modèle de la diffusion intra particule est proposé par Weber et Morris. Il est représenté par l'équation suivante [24] ;

$$q_t = k_{dif} \cdot t^{1/2} + C \quad (II. 13)$$

k_{dif} : Constante de la diffusion intra particule en (mg/g. min^{1/2})

C : Constante liée à l'épaisseur de la couche limite.

Il est bien connu que la cinétique d'adsorption est généralement contrôlée par trois étapes de transfert de masse consécutives associées à l'adsorption du soluté de la solution par un adsorbant ; qui sont :

- Diffusion du film,
- Diffusion intra particulaire ou poreuse,
- Sorption dans les sites intérieurs.

La troisième étape est très rapide et donc les diffusions de film et intra particulaire sont les principales étapes contrôlant la vitesse d'adsorption [25].

II.11 Etude thermodynamique de l'adsorption

La détermination des paramètres thermodynamiques est très importante pour mieux comprendre l'effet de la température sur l'adsorption. Elle permet aussi en principe de prédire la force des liaisons entre l'adsorbant et l'adsorbat. D'une façon générale Le phénomène d'adsorption est toujours accompagné par un processus thermique, soit exothermique ou endothermique. Ces paramètres peuvent être calculés par l'association de l'équation thermodynamique et l'équation de Van't Hoff [26,27].

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad (II. 14)$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ \quad (II. 15)$$

$$\ln K = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT} \quad (II. 16)$$

Avec :

K : La constante d'équilibre K ;

ΔG° : l'enthalpie libre (KJ.mole⁻¹) ;

ΔH° : variation de l'enthalpie (KJ.mole⁻¹) ;

ΔS° : variation de l'entropie (J.mol⁻¹.K⁻¹) ;

T : température (K) ;

R : La constante des gaz parfait (8,314 J.K⁻¹.mol⁻¹).

Références bibliographiques

- [1] Daoud T. (2007), Bio sorption Simultanée du Plomb et du Fer sur une Biomasse Morte « La Streptomyces Rimosus », Ecole nationale polytechnique -ENP- 10 avenue Hassan Badi, El-Harrach –Alger .
- [2] BoudiaRabia. (2021). « Etude comparative de l'élimination de colorants textiles par deux adsorbants : naturel et active ». These de doctorat Université Djillali Liabes Sidi Bel abbes, p27.
- [3]. Boulkrah H ., (2008). L'étude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants, p, 50.
- [4] R. Calvet, M. Terce, J.C. Arvieu, Ann. Agron 31 (1980) 385-427
- [5] Oubagha N., (2012). Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique. Thèse de Doctorat, université mouloud mammeri, tizi ouzou, p22-23.
- [6] Barka N., (2008). L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO₂ supporté. Thèse Université Ibn zohr Agadir, N°65, p40-65.
- [7] Benaissa A., (2012). Étude de la faisabilité d'élimination de certains colorants textiles par certains matériaux déchets d'origine naturelle. Thèse Université Abou Bakr Balkaid, Tlemcen ,Algérie, p 15-36.
- [8] M.D.G. de Luna, E.D. Edgar, D.A.F. Genuino, C.M. Futralan, M-W Wan (2013). Adsorption of Eriochrome Black T (EBT) dye using activated carbon prepared from waste rice hulls optimisation, isotherm and kinetic studies. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 44 . 646-653.
- [9] L. Yu, Y-M Luo, (2014). The adsorption mechanism of anionic and cationic dyes by Jerusalem artichoke stalk-based mesoporous activated carbon. J. of Environmental chemical Engineering 2 . 220-229.
- [10] Emna., (2011). Réactivité de surfaces d'argiles naturelles : étude d'adsorption de colorants anioniques, Thèse doctorat. P, 54.
- [11] Giles CH., (1960); Macewan TH et Smith D. The Reaction of 1-Methylene-4-TButylcyclohexane With Lead Tetra-Acetate. 3973-3993. (1960)
- [12] Robert D., PARRA S., PULGARIN C., KRZTON A., WEBER J.V., (2000). Appl. Surf. Sci, Vol 167, p51-58.
- [13] Djeradins R. « Le Traitement des Eaux ». 2eme Edition. Ecole Polytechnique de Montréal (1997).
- [14] Dogan M ; Alkan M .(2003). «Removal of Methyle Violet from Aqueous solution by Pertil ». Journal of Colloid Interface Science ;267(1) 32-41.

[15]. Benkhellat N: (2018) « Valorisation d'un déchet organique, le cas des noyaux de datte » Mémoire master Université A. MIRA - Bejaia p,11.

[16] Giles CH; Smith A. (1974). A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm. *Journal of Colloid and Interface Science.* (3) 755-765.

[17] Delaat J., 1988 - Contribution à l'étude du mode de l'élimination de molécules organiques modèles sur le charbon actif en grain. Interaction entre les processus d'adsorption et de biodégradation. Thèse de doctorat de 3ème cycle. Université de Poitiers

[18] Nussbaum, F. (2008). "développement d'une installation de biosorption à l'échelle pilote." 120.

[19] CALVET, R. « Le sol, propriétés et fonctions. Tome 1 : Constitution et structure, phénomènes aux interfaces, Dunod », Paris, 2003.

[20] LAGERGREN, S. and Svenska, B. K., About the theory of so-called adsorption of soluble substance. *Vetenskapsaka. Handl.*, 24, 1 (1898).

[21] Ho, Y. S., Porter, J. F., & McKay, G. (2002). Equilibrium isotherm studies for the sorption of divalent metal ions onto peat: Copper, nickel and lead single component systems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 141, pp. 1–33.

[22] Ho, Y. S., & McKay, G. (1998). A comparison of chemisorption kinetic models applied to pollutant removal on various sorbents. *Trans IChemE*, 76 (Part B).

[23] Weber T.W. et CHAKRAVORTI R.K., 1974 - Pore and solid diffusion models for fixed-bed adsorbers. *AIChE J*, 20 (2):228–238.

[24] Peng Q., LIU M., ZHENG J. et ZHOU C., 2015 - Adsorption of dyes in aqueous solutions by chitosan-halloysite nanotubes composite hydrogel beads. *Microporous and Mesoporous Materials.* Edition Elsevier., 201 : 190–201.

[25] Bhatnagar A. et MINOCHA A.K., 2010 - Assessment of the biosorption characteristics of lychee (*Litchi chinensis*) peel waste for the removal of Acid Blue 25 dye from water. *Environmental Technology* Vol. 31, No. 1, January, 97–105.

[26] T. Calvete, E.C. Lima, N.F. Cardoso, J.C. Vaghetti, S.L. Dias, F.A. Pavan, Application of carbon adsorbents prepared from Brazilian-pine fruit shell for the removal of reactive orange 16 from aqueous solution: kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies, *Journal of environmental management* 91 (2010) 1695-1706.

[27] E.C. Lima, B. Royer, J.C. Vaghetti, N.M. Simon, B.M. da Cunha, F.A. Pavan, E.V. Benvenuti, R. Cataluña-Veses, C. Airoidi, Application of Brazilian pine-fruit shell as a biosorbent to removal of reactive red 194 textile dye from aqueous solution: kinetics and equilibrium study, *Journal of hazardous materials* 155 (2008) 536-550.

Chapitre III :

Matériels et Méthodes

III.1 Introduction

Ce présent travail a été réalisé dans sa totalité, au sein du laboratoire pédagogique de chimie de l'Université d'Adrar, à la Faculté des Sciences et de la Technologie.

Le but de cette partie est : étudier l'efficacité des cendres des régimes des palmiers dattiers pour l'adsorption du Rouge Congo à partir des solutions aqueuses ; en étudiant l'effet de quelques paramètres influençant sur l'adsorption : le temps de contact, la masse d'adsorbant, la concentration initiale en rouge Congo et la vitesse d'agitation.

Donc, dans ce chapitre, on va exposer la démarche expérimentale avec le matériel et Les produits chimiques nécessaires à son application.

III.2. Matériels et produits chimiques utilisés

➤ *Matériels*

Micro broyeur ; Balance électronique ; Dessiccateur ; Etuve isotherme ; pH-mètre ; Four à moufle, le spectrophotomètre UV-visible ; Centrifugeuse ; Agitateur magnétique et Secoueur, Spectrophotomètre infrarouge à transformet de Fourier.

➤ *Verreries*

Cristallisoirs, bécher 100 ml, ballons, erlenmeyer, fioles 50 ml, fioles jaugées, tubes à essai, boîtes, spatule. Cuve, Pipette graduée

➤ *Produits chimiques*

Rouge Congo

III.3 Préparation et caractérisation les déchets de palmiers dattiers

Dans le but d'utiliser les déchets de palmiers dans l'adsorption, il est nécessaire de préparer les échantillons de palme, le régime des palmiers dattiers en leur enlevant les poussières et incrustations superficielles naturelles. Afin de mieux cerner le mécanisme d'adsorption, il est aussi nécessaire d'avoir une connaissance de base du matériau utilisé, c'est pourquoi une caractérisation de ces déchets de palmier a été organisée de telle sorte à avoir des informations de structure et de texture. Il a été mis en place alors plusieurs techniques d'analyses : volumétrique, spectroscopiques qui sont pour la majorité abrégées dans le texte pour des raisons de facilité de lecture et d'objectifs visés et pour d'autres trop connues pour être détaillées. (Figure III.1)[1]



Figure III. 1: Déchet de palmier dattier (régime).

III.3.1 Préparation des cendres des déchets de palmites dattiers (régimes)

III.3.1.1 Broyage

Les déchets de palmiers (le régime) collecté sur les champs agricoles locaux d'Adrar (Bnilo, Bouda), en Algérie ont été coupés en petits morceaux à l'aide d'un broyeur électrique, puis lavées avec de l'eau distillée pour enlever le sable et les poussières. Puis le matériau a été séché à l'étuve à 105 °C pendant 24 h pour évaporer l'humidité. La masse séchée a été broyée dont la fraction inférieure a été conservée pour les essais d'adsorption. Le broyage et le tamisage fins sont rendus possibles



Figure III. 2: Broyage des déchets.

III.3.1.2 Tamisage

Le but du tamisage est de subdiviser l'échantillon selon la taille des grains. L'opération est réalisée par une batterie de tamis à différents diamètres.

III.3.1.3 Lavage

Le lavage est utilisé pour nettoyer les déchets du sable et de la poussière. Les déchets sont bien lavés avec de l'eau de robinet pour éliminer les saletés collées sur les déchets. Après le lavage les échantillons sont trempés dans l'eau distillée pendant deux heures. Cette opération sert à dissoudre au maximum les sels contenus dans les échantillons.

III.3.1.4. Séchage

Après le lavage les échantillons sont séchés dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures (Figure III.3) Le but est d'éliminer l'humidité contenue dans les échantillons après l'opération du lavage (Figure III.4).



Figure III. 3: Etuve pour séchage et matière sèche.



Figure III. 4: Opération de séchage.

III.3.1.5. Combustion

Après le séchage, la poudre des régimes ont été met dans un four à moufle à 450 °C pendant 2 h.

III.3.2 Caractérisations les déchets de palmites dattiers

III.3.2.1 Perte ou feu

Le taux de cendre brute ou matières minérales (MM) a été obtenu par calcination à 500°C Cependant au moins 2 h. Tous les résultats ont été exprimés en pourcentage du produit sec. (FigureIII.5) [1]



Figure III. 5: Four à moufle utilisée (NABERTHERM L1/12 - LT 40/12).

III.3.2.2 Détermination de la matière sèche

Pour déterminer la teneur en matière sèche de la boue, Nous prenons une masse de 10g des régimes des dattes et la mettons l'étuve à 105 °C pendant 24 h.



Figure III. 6: Etuve pour séchage et matière sèche.

III.3.2.3 Mesure de pH et de conductivité

Le pH est mesuré avec un pH- mètre (HANNA 3220) dans le filtrat de 10g des régimes mis en contact avec 100 ml d'eau distillée préalablement agitées pendant deux heures.

La conductivité est réalisée en utilisant un conductimètre (cond 3110) sur le même filtrat que le pH.



Figure III. 7: l'appareil de pH et conductivité.

III.4 Caractérisation par infrarouge IRTF

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTf) est une technique très utilisée pour identifier les espèces présentes à la surface des solides. Elle est basée sur l'absorption d'énergie dans le domaine spectral infrarouge (nombre d'ondes 400 à 4000 cm^{-1}) correspond au domaine d'énergie vibrationnel des molécules, états qui dépendent de certaines propriétés moléculaires telles que : la symétrie de la molécule, les constantes de force interatomiques, le moment d'inertie autour de certains axes,...etc.[2]

III.4.1 Principe

Cette opération est basée sur l'absorption par les matériaux d'onde électromagnétique dans le domaine de l'infrarouge qui va élever des mouvements de vibration pour les liaisons chimiques. Chaque liaison est caractérisée de longueur d'onde déterminée, liée à la nature de la liaison et son environnement. Il existe deux types de vibration : vibration de valence et vibration de déformation. (Figure III.8)



Figure III. 8: Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier IRTf (Cary 660).

III.5 Les colorants

III.5.1 Définition d'un colorant

Le colorant est défini comme un produit capable de teindre une substance de manière durable. Ils ont des groupes qui leur donnent de la couleur: ils sont appelés chromophores et des groupes qui leur permettent de se fixer aux chromophores.

III.5.2 Utilisation des colorants

Notre environnement ne peut plus se passer de problèmes de coloration. En fait, la nourriture est délicieuse car elle est très colorée. Un régime sans additifs est désormais hors de question. Les aliments crus pour les consommateurs ne semblent «pas bons». La couleur et l'apparence de l'aliment ont un effet psychologique sur le goût perçu de l'aliment. Les aliments inhabituels (poulet bleu, pommes de terre vertes et viande jaune) sont consommés à contrecœur, tandis que le goût reste le même.

Les colorants ont parfois une utilisation non commerciale comme le carotène qui se transforme en vitamine A1. L'atrazine se stabilise en vitamine C dans les boissons; les couleurs foncées agissent comme une protection solaire et protègent les éléments sensibles.

Le marché des colorants alimentaires représente plusieurs milliards de francs, ce qui indique l'importance de la couleur dans nos aliments.

III.5.3 Classification et groupements chromophoriques des colorants

Tableau I-1 : Classification standard des colorants [3].

<p>Colorants contenant un groupe fonctionnel anionique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colorants acides - Colorants directs - Colorants à mordants 	<p>Colorants acquérant une réaction chimique avant l'application</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colorants de cuves - Colorants au soufre - Colorants azoïque
<p>Colorants contenant un groupe fonctionnel cationique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colorants basiques 	<p>Classe spéciale des colorants</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colorants dispersés - Colorants solubles - Pigments - Colorants naturels

III.6 Le Rouge Congo

III.6.1 Historique

Le rouge Congo a été découvert en 1884 par un chimiste allemand, BOTTIGER, et il n'a guère rencontré de succès dans l'industrie car il bleuissait dans les solutions acides de l'époque,

utilisée pour la coloration des textiles. La firme AGFA s'y intéressa après avoir découvert que dans une solution neutre, il colorait directement le coton, sans traitement intermédiaire ni préparatoire. Ce colorant n'a aucun rapport avec l'ancien Congo belge, mais il se trouve que cette année-là correspondait à la première exploration de cette région africaine par STANLEY et son inventeur se conforma à l'usage courant de cette époque de nommer une nouvelle substance en faisant référence à un événement important. [4]

III.6.2 Définition de Rouge Congo

Le rouge Congo est une molécule colorante (diazotique). On utilise de moins en moins le rouge Congo dans l'industrie du textile car c'est un colorant toxique. Il sert désormais surtout d'indicateur de pH, c'est-à-dire d'indicateur de l'acidité d'un milieu. Sous sa forme basique, le rouge Congo est rouge. Quand le pH est compris entre 3.0 et 5.2, il devient rose.

En présence d'une acidité supérieure, l'indicateur devient bleu. Le rouge Congo est très répandu également en histologie, c'est-à-dire l'étude des tissus biologiques, et en mycologie, c'est-à-dire l'étude des champignons. [5].

III.6.3 Structure du Rouge Congo

Le rouge Congo est un colorant qui fait partie de la catégorie des poly azoïques parce qu'il possède deux chromophores (région de la molécule qui est principalement responsable de la teinte) de type azoïque, c'est-à-dire formes chacun de deux atomes d'azote doublement liés, et diversement substitués. (FigureIII.9) [4]

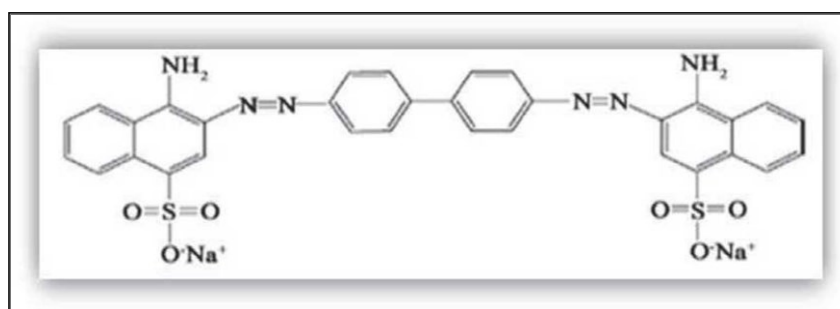


Figure III. 9: Structure de Rouge Congo (formule chimique : $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$).

III.7 Les techniques analytiques

III.7.1 Préparation de solutions

III.7.1.1 Préparation de solution mère

La solution mère de Rouge Congo est préparée à raison de 0,05g dans 500ml d'eau distillée la concentration initiale 100mg/l. (FigureIII.10)



Figure III. 10: Solution mère du rouge Congo (100 mg/L).

Les solutions filles devant servir à l'analyse, ont été obtenues par des dilutions successives jusqu'aux concentrations désirées, afin d'établir la courbe d'étalonnage qui a été établie pour déterminer les concentrations résiduelles du colorant en fonction de l'adsorption (Figure III.11).



Figure III. 11: les solutions filles.

Les concentrations résiduelles du Rouge Congo sont déterminées après mesures de l'absorbance à $\lambda_{\max} = 500 \text{ nm}$.

III.7.1.2 Méthode d'analyse

La détermination de la concentration résiduelle du colorant est effectuée grâce au spectrophotomètre UV-Visible à la longueur d'onde 500 nm qui correspond au maximum d'adsorption de Rouge Congo. La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution. L'adsorption moléculaire est basée sur la mesure de la transmittance T ou de l'absorbance A de solutions contenues dans des cellules transparentes ayant une longueur du trajet d'adsorption moins que 1.

III.7.1.3 Etude d'adsorption de Rouge Congo sur les régimes de palmier dattier

a) Effet du temps de contact

- La concentration initiale des 5 solutions (5 béchers) du RC est de 50 mg/L.
- Temps de contact de chaque bécher est (10min ,20min ,30min, 40min, 60min). (FigureIII.12)
- La masse de l'adsorbant est 0,2g.
- Le volume de la solution est 50 ml de solution.
- La vitesse d'agitation est de 300 tr/ min.
- La lecture de l'absorbance se fait à 500 nm pour chaque solution après filtration.



Figure III. 12: Les solutions diffèrent dans le temps d'agitation.

b) Effet de la masse d'adsorbant

- La concentration initiale des 4 solutions (4 béchers) du RC est de 50 mg/L.
- Les masses d'adsorbant ont des valeurs de (0.1, 0.4, 1, 0,8 et 1 g).
- Le volume de la solution est 50 ml de solution.
- Temps de contact de chaque bécher est (1h).
- La vitesse d'agitation est de 300 tr/ min.
- La lecture de l'absorbance se fait à 500 nm pour chaque solution après filtration.

c) Effet de la concentration initiale

- la concentration initiale des 4 solutions (4 béchers) du rouge congo est (5, 10, 20,50) mg/l.
- la masse de l'adsorbant est 0,2g.
- La volume de la solution est 50ml de solution.
- la vitesse d'agitation est de 300tr / min.
- La lecture de l'absorbance se fait à 500 nm pour chaque solution après filtration.

d) Effet de la vitesse d'agitation

- La concentration initiale des 4 solutions (4 béchers) du RC est de 50 mg/L.
- la masse de l'adsorbant est 0,2g.
- Le volume de la solution est 50 ml de solution.

- Temps de contact de chaque béchers est (1h).
 - La vitesse d'agitation est (150, 250,350) tr/min.
- .La lecture de l'absorbance se fait à 500 nm pour chaque solution âpre filtration.

III.8 Analyse par Spectrophotomètre UV-Visible

L'analyse par cet instrument s'appuie sur le fait que toute solution colorée traversée par un faisceau de lumière laisse passer une fraction de lumière incidente, la quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché.



Figure III. 13: Spectrophotomètre UV-Visible.

III. 8.1 Principe

Le spectrophotomètre ou spectroscopie est une méthode analytique basée sur l'étude quantitative et qualitative des spectres, est consistée pour mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée en solution. Son principe est 49 Basé sur la mesure de l'intensité de la lumière (I) passant au travers d'un échantillon et de la comparer à l'intensité (I_0) de la lumière, dans une cuve de quartz transparente.

L'absorbance (A) est exprimée à la transmittance :

$$A = - \log (T) \quad (III. 1)$$

Avec transmittance (T):

$$T = (I / I_0) \quad (III. 2)$$

$$A = (I_0 / I) \quad (III. 3)$$

Où

I_0 : est l'intensité de la radiation incidente.

I : est l'intensité après passage a Travers la cuve contenant la solution (intensité transmise).

T : transmittance.

D'après la loi de B er -Lambert a la longueur d'onde donne la relation entre la densité optique ou l'absorbance (A) et la concentration C de la substance color e en solution.

$$A = \epsilon \cdot L \cdot C \quad (III. 4)$$

Tel que :

ϵ : Coefficient d'extinction (dépend la longueur d'onde) en $(l \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1})$.

L : est la distance travers e par la lumière ( paisseur de la cuve) (en cm) .

C: est la concentration d'espace absorbante en $(mol \cdot l^{-1})$.

Le principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre UV est illustré dans la (Figure III.14)

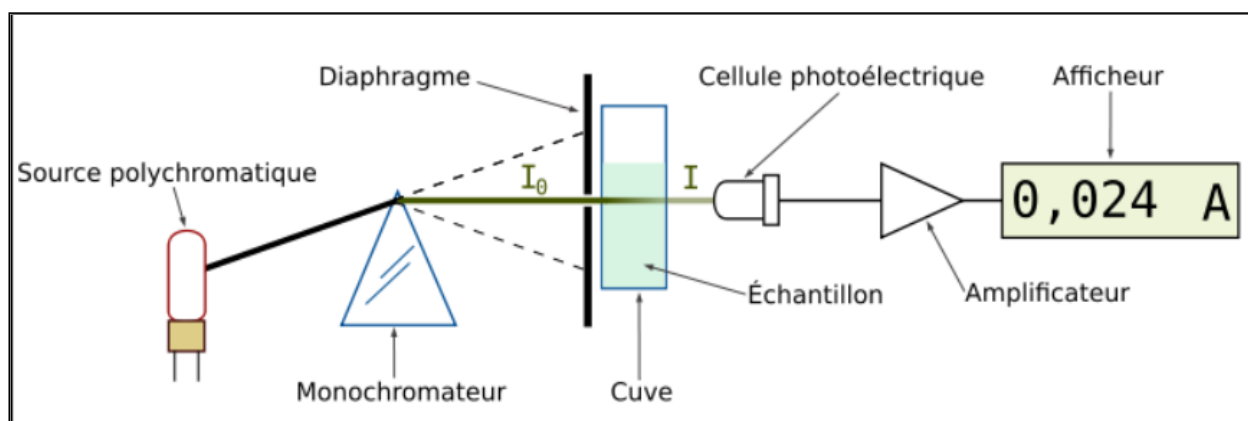


Figure III. 14: schéma de principe d'un spectrophotomètre UV-Visible.

III.9. Analyse par spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier (IRTF)

L'analyse par spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier (IRTF) de l'adsorbant préparé (avant et après adsorption du RC) a été effectu e au niveau de laboratoire pédagogique, à l'aide d'un spectromètre à transform e de Fourier de type Agilent Technologie (Cary 600). Les échantillons ont été conditionnés sous forme de dispersion dans une pastille de KBr. L'analyse infrarouge est r alis e sur des pastilles fabriqu e à partir de bromure de potassium (KBr) en ajoutant une masse de matériau finement broyé en respectant des proportions d termin es et les pastilles sont obtenues par pression à 10 torr cm^{-3} . L'analyse des pastilles est effectu e au nombre d'onde variant entre 450 et 4000 cm^{-1} avec une résolution de 4 cm^{-1} .

Références bibliographiques

- [1] Reffas Abdelbaki (2010) des charbons actifs préparés à partir du marc de café, thèse doctorat, Université Mentouri-Constantine.
- [2] Omar KHELIFI (2018) « Etude de l'adsorption du nickel et du cuivre sur un charbon actif préparé à partir des boues de station d'épuration ». Thèse doctorat Université 8 Mai 1945 Guelma. P 72-73
- [3] YAO-TUNG L., WENG C H., CHEN F Y., (2008). Effective removal of AB24 dye by nano/micro-size zero-valent iron, Separation and Purification Technology, Vol 64, p26-30.
- [4] Oubari, W., (2017). « Oxydation des colorants par POAs sur catalyseurs à base d'argile commerciale K10 modifiée », Mémoire master, UNIVERSITE DE TLEMCEM, pp, 16,17.
- [5] Ouelaa, S, (2018). « Etude de biosorption de Rouge Congo en milieu aqueux sur un déchet Organique naturel : coquilles de cacahuètes », Mémoire master académique, Université Kasdi Marbah Ouargla, pp 11-12).
- [6] YAO-TUNG L., WENG C H., CHEN F Y., (2008). Effective removal of AB24 dye by nano/micro-size zero-valent iron, Separation and Purification Technology, Vol 64, p26-30.

Chapitre IV :

Résultats et discussions

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats obtenus à partir des expériences menées dans l'étude de l'adsorption de Rouge Congo par les Régime des palmiers dattiers), discutés et interprétés.

IV.2 Caractérisation des déchets des palmiers dattes (régime)

Les différents paramètres engagés dans la caractérisation des déchets de palmiers étaient nécessaires pour mieux appréhender et discuter les résultats des essais d'adsorption. L'ensemble des résultats de mesures des paramètres les plus pertinents dans la caractérisation d'un matériau lignocellulosique sont représentés dans le **tableau IV.1**.

Tableau IV. 1: Caractérisation des régimes des dattes.

Échantillons	pH	Conductivité (mS.cm ⁻¹)	Teneur en matière sèche (g)		Perte ou feu (g)	
			Avant	Après	Avant	Après
Régime	4.86	7.55	10	9.7156	10	0.710

D'après le tableau IV.1, la valeur du pH et de conductivité du déchet des palmiers obtenus dans ce travail sont favorables et convient avec d'autres déchets des palmiers.

IV.3 Résultat de la Spectroscopie Infrarouge IR

Les spectres Infra-Rouge à Transformée de Fourier (FTIR) des déchets des palmiers dattier (régime) et de colorant (Rouge Congo) sont présentés dans la (figure IV.1.). La figure présente les principales bandes IR correspondantes aux vibrations des différents groupements fonctionnels. Les deux échantillons présentent des spectres similaires, avec une différence dans la transmittance. La comparaison entre les spectres des échantillons avant adsorption et après adsorption du RC indique que certaines bandes ont changé de place et d'autres ont apparus. Ce changement observé dans les spectres indique la complication de ces groupes fonctionnels présents sur la surface de l'adsorbant préparé peut participer dans le processus d'adsorption. Les groupes fonctionnels ont été déterminés par interprétation et comparaison des fréquences des spectres avec les fréquences standards des groupements fonctionnels.

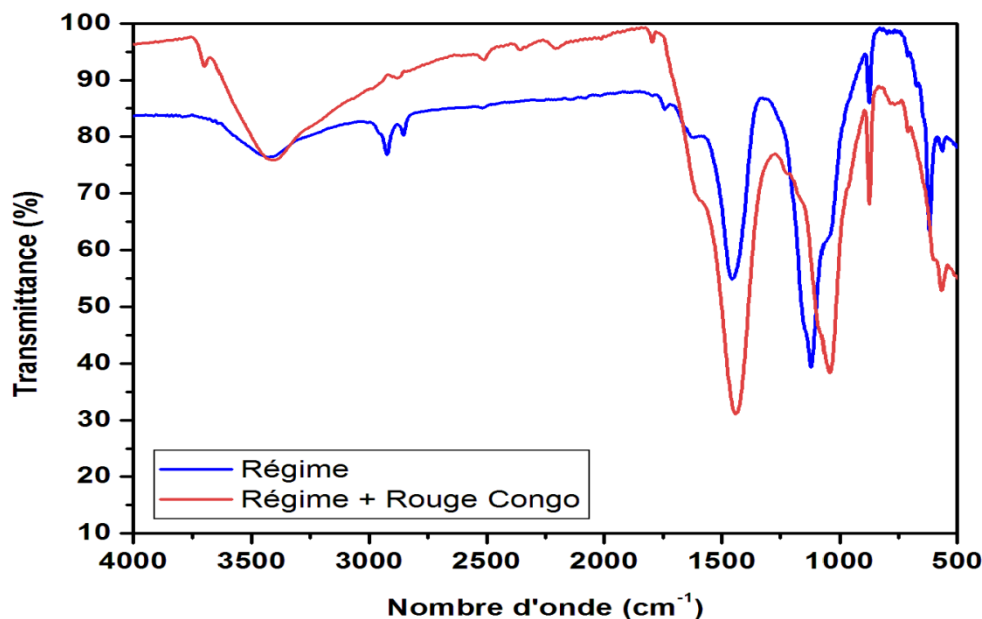


Figure IV. 1: Spectre Infrarouge de l'adsorbant préparé (avant et après adsorption du RC).

D'après la figure IV.1, La bande d'absorption à $3600-3300\text{ cm}^{-1}$ avec un maximum vers 3400 cm^{-1} est caractéristique de la vibration d'élongation de l'hydrogène des groupes hydroxyles, carboxyles, phénols ou alcools. Une bande intense et moyenne à 1500 pourrait être attribuée à la vibration d'élongation de groupement carboxyle ($-C=O$). Une bande d'absorption autour de 1000 cm^{-1} avec un maximum à 1035 cm^{-1} (après adsorption), 1048 cm^{-1} (avant désorption) est attribuée à l'élongation C-N, Si-O, C-O et O-H de groupement alcool, phénolique et carboxyliques. Les pics observés à environ 780 pourraient être affectés à la vibration d'élongation de C-H et C-Cl. Les pics situés à environ 556 cm^{-1} ont été attribués à la vibration du groupement -O-H.

IV.4 Courbe d'étalonnage

La courbe d'étalonnage du RC a été obtenue en mesurant l'absorbance « A » des solutions du Rouge Congo diluées à concentration comprise entre 2.5 et 10 mg/l à la longueur d'onde $\lambda_{\text{max}} = 500\text{ nm}$. Nous avons tracé la courbe de l'absorbance en fonction de la concentration ($\text{Abs} = f(C)$) qui présente une relation linéaire avec un coefficient de corrélation $R^2 = 1$.

Tableau IV. 2: Valeurs des densités optiques correspondantes aux différentes concentrations.

C(mg/L)	0	2.5	5	7.5	10
Abs	0	0.1175	0.2541	0.3924	0.5276

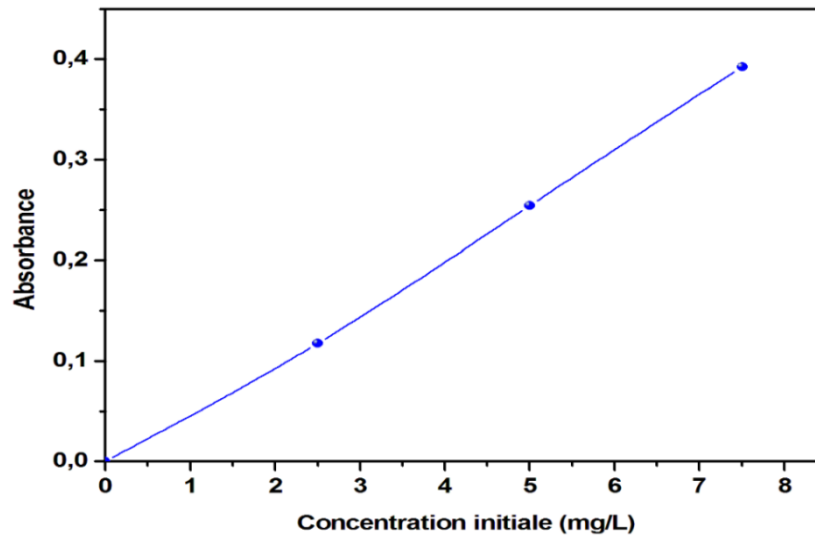


Figure IV. 2: courbe d'étalonnage de la solution RC.

L'équation de la droite est : $A = 0.0547 * C - 0.0193$

D'où : C : concentration (mg/l) ; A : absorbance.

Elle nous donne, par ailleurs, un coefficient R^2 de l'ordre de 1.

Pour déterminer les concentrations résiduelles de RC dans la phase liquide à l'instant t, on utilise l'équation linéaire : $Y = 0.0547 * X - 0.0193$

Y : l'absorbance (A).

X : la concentration résiduelle du RC.

IV.5 Effet de quelques paramètres sur la capacité d'adsorption

IV.5.1 Effet de concentration initiale du RC :

Pour étudier l'effet de la concentration initiale sur l'adsorption des régimes des dattes nous avons fait varier la concentration initiale dans l'intervalle de 5 à 50 mg L⁻¹ en maintenant la dose de l'adsorbant 0.2 g et la température à 25 °C. Les résultats obtenus sont illustrés dans la Figure IV.3. On remarque que la capacité d'adsorption des régimes des dattes Augmente avec l'augmentation de la concentration initiale. De plus, on constate que le la capacité d'adsorption par le rouge Congo préparé augmente quand la concentration initiale augmente de 5 à 50 mg/l.

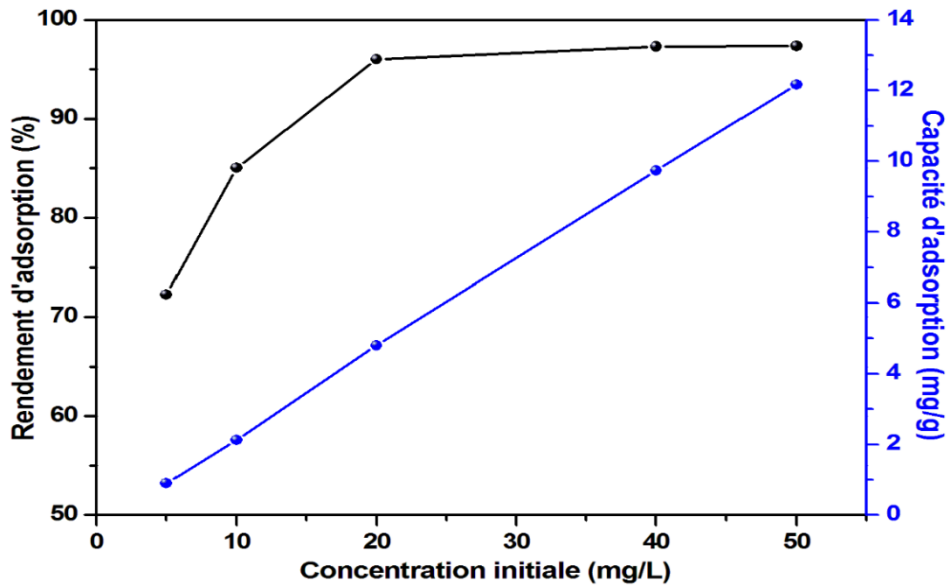


Figure IV. 3: Effet de la concentration initiale sur la capacité d'adsorption.

IV.5.2 Effet de la masse de l'adsorbant préparé

Dans cette expérience, nous avons varié la masse de l'adsorbant en gardant les autres conditions opératoires constants : $C_0=50\text{mg/l}$; $v=50\text{ml}$.

D'après la Figure IV.4. Dissous, On remarque que la capacité d'adsorption. Des RPD augment lorsque la masse d'adsorbant augment. On note que la capacité d'adsorption des RPD d'adsorption en fonction dimension de l'adsorbant.

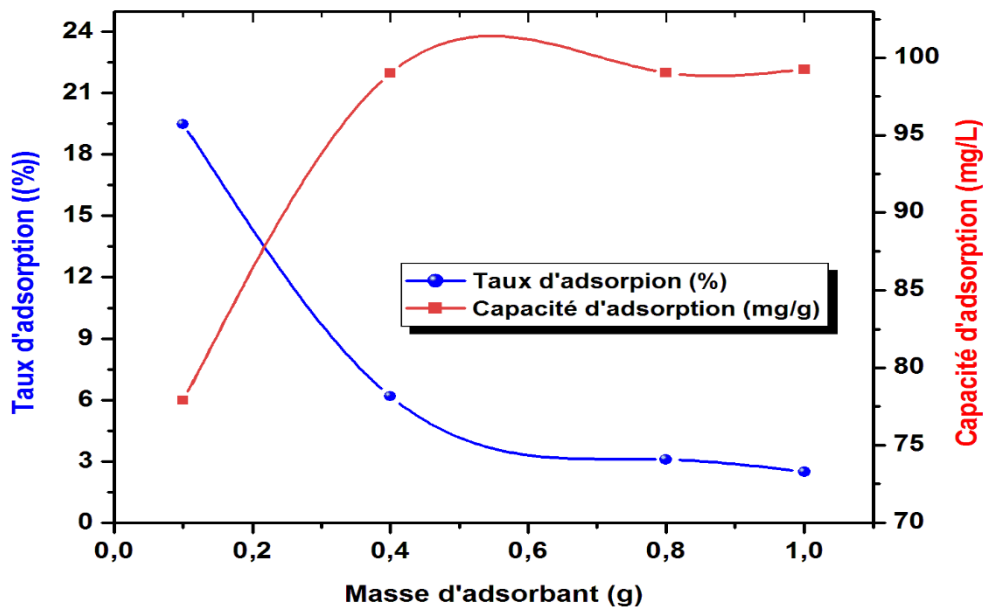


Figure IV. 4: capacité d'adsorption en fonction de la masse d'adsorbant.

IV.5.3 Effet du temps de contact

Les résultats obtenus de l'effet de temps sur l'adsorption du RC par les régimes des dattes sont représentés sur la Figure IV.5.

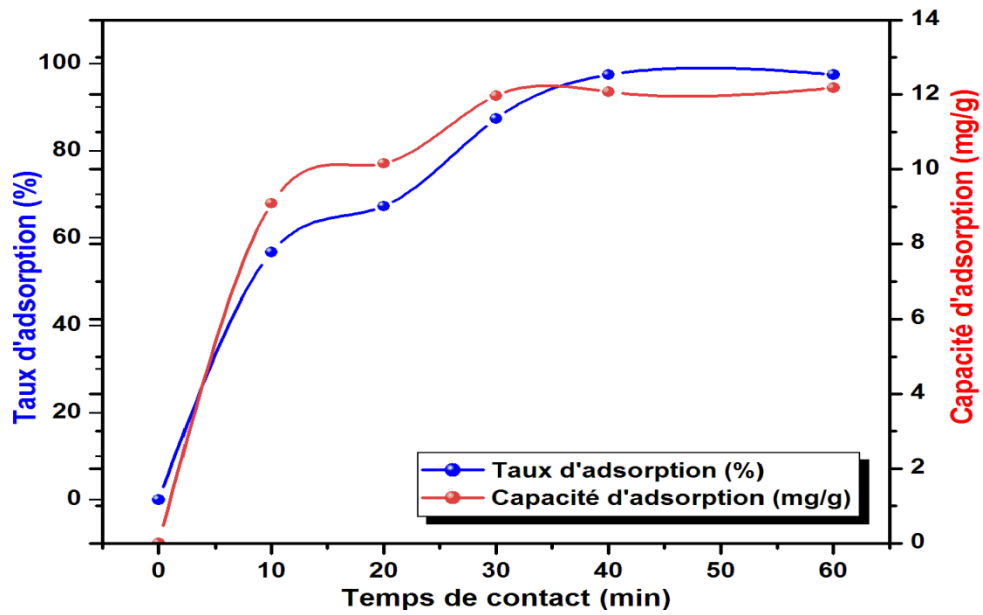


Figure IV. 5: Effet du temps de contact sur la capacité et du taux d'adsorption

D'après la Figure IV.5, on remarque que la capacité d'adsorption des régimes des dattes augment avec l'augmentation de temps de contact.

IV.5.4 Effet de la vitesse d'agitation

Dans cette expérience, nous avons effectué l'adsorption pour des vitesses d'agitation 150, 250 et 350 tr/min. On note que la capacité d'adsorption augmente avec l'augmentation de vitesse d'agitation et la même chose pour le taux d'adsorption. Les résultats obtenus sont illustrés dans la Figure IV.6.

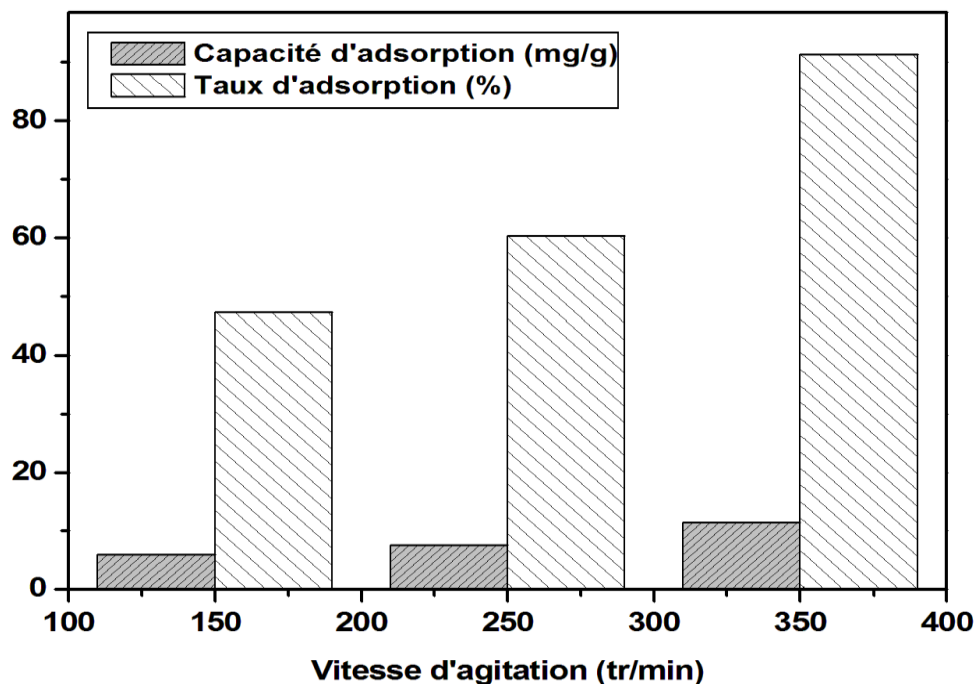


Figure IV. 6: Capacité d'adsorption en fonction de la vitesse d'agitation.

IV.6 L'isotherme d'adsorption

Dans le but de clarifier le phénomène d'adsorption des déchets de palmiers sur Rouge Congo préparé, une étude des isothermes d'adsorption a été réalisée. Les isothermes d'adsorption sont très utiles pour la compréhension du mécanisme d'adsorption [1]. En générale, les isothermes d'adsorption fournissent des informations sur l'amélioration des adsorbants, une description de l'affinité et de l'énergie de liaison entre l'adsorbat et l'adsorbant (existence des interactions latérales entre molécules ou non) et de la capacité d'adsorption. De plus, l'isotherme permet de donner des informations sur le mode d'adsorption (adsorption en monocouche ou en multicouches).

Les isothermes d'adsorption sont importants pour désigne le mécanisme d'adsorption et pour la détermination de la capacité d'adsorption des adsorbats sur l'adsorbant. Pour trouver le modèle qui décrit notre système. Nous avons testé les modèles suivants : Langmuir, Freundlich et Temkin.

IV.6.1 Modèle de Langmuir

Le modèle de Langmuir est représenté dans la figure suivante (Figure IV. 7)

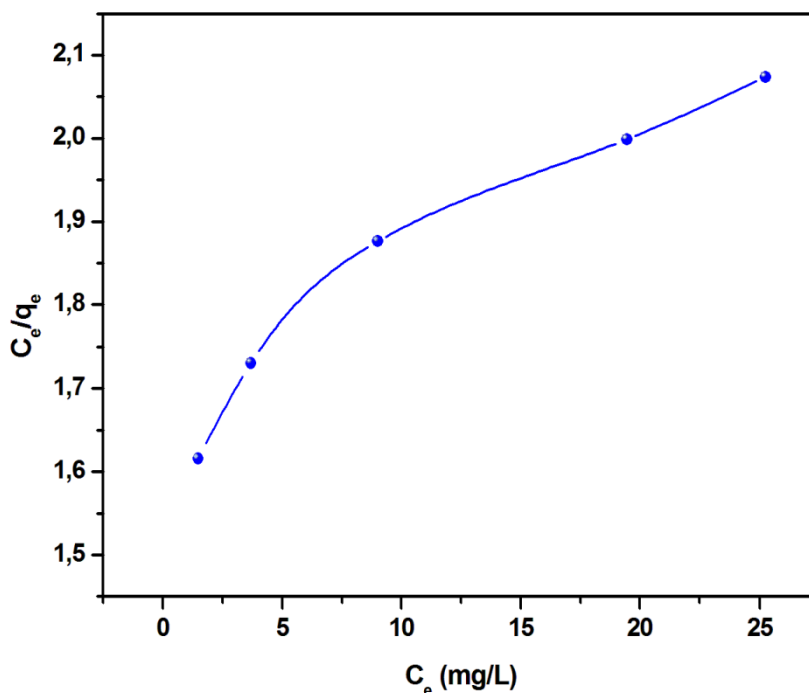


Figure IV. 7: Isotherme de Langmuir.

IV.6.2 Modèle de Freundlich

Le modèle de Freundlich est représenté dans la figure suivante (Figure IV. 8)

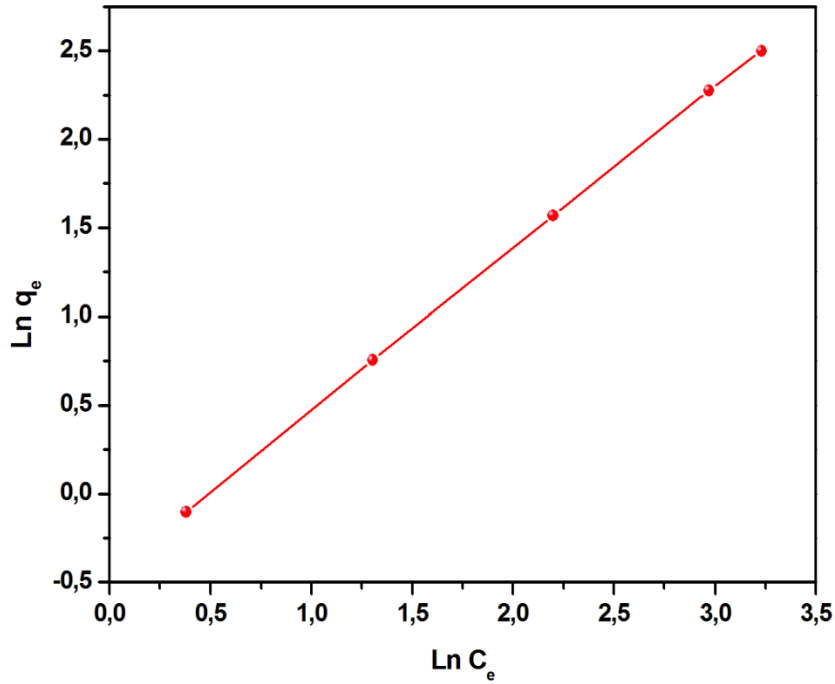


Figure IV. 8: Isotherme de Freundlich.

IV.6.3 Modèle de Temkin

Le modèle de Temkin est représenté dans la figure suivante (Figure IV. 9)

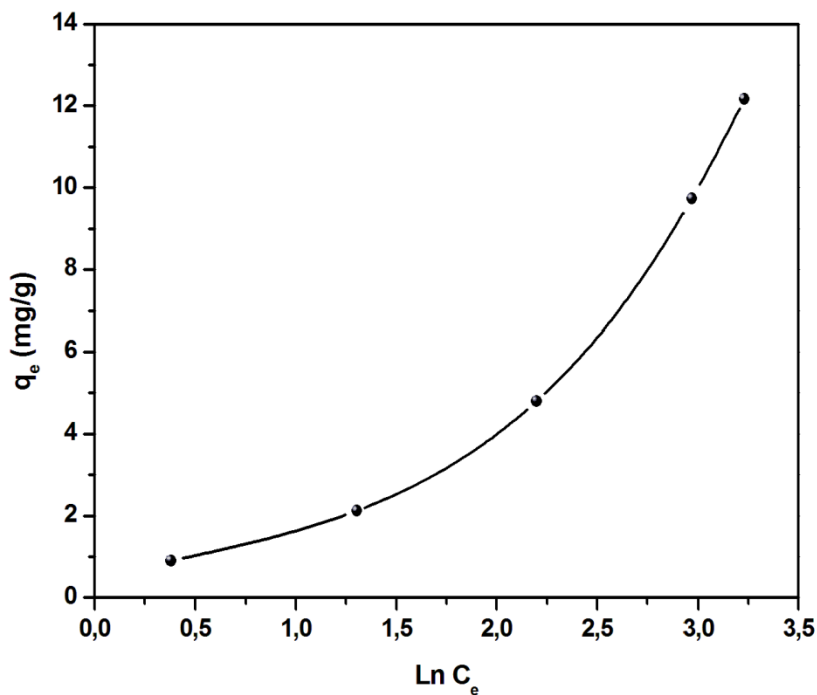


Figure IV. 9: Isotherme de Temkin.

Plusieurs lois ont été proposées pour décrire ces isothermes d'adsorption, et de nombreux modèles ont été développés pour caractériser les processus impliqués [1]. Les résultats expérimentaux ont été analysés selon différents modèles : Langmuir, Freundlich et Temkin.

Les paramètres d'adsorption ont été évalués à partir des isothermes et les valeurs du coefficient de corrélation (R^2) pour les différents modèles sont listées dans le Tableau IV.3.

Tableau IV.3 : Les paramètres d'adsorption pour les différents modèles étudiés.

Modèle	Paramètres d'adsorption		
	Modèle de Langmuir	Q_{max} (mg g ⁻¹)	K_L (L mg ⁻¹)
56,2113		0,01078	0,9682
Modèle de Freundlich	n	K_F (mg g ⁻¹) (L g ⁻¹) ^{1/n}	R^2
	0,9135	0,6429	0,9999
Modèle de Temkin	B (J mol ⁻¹)	K_T (L mg ⁻¹)	R^2
	1149,3	4,0598	0,9547

D'après les résultats, nous pouvons observer que le modèle de Freundlich possède la plus grande valeur du coefficient de détermination par rapport aux autres isothermes ce qui suggère que l'adsorption du RC sur la surface de l'adsorbant préparé est une adsorption multicouche. La valeur de la constante de Freundlich (n) indique la faisabilité du processus d'adsorption.

Références bibliographiques

[1] Omar KHELIFI (2018) « Etude de l'adsorption du nickel et du cuivre sur un charbon actif préparé à partir des boues de station d'épuration ». Thèse doctorat Université 8 Mai 1945 Guelma. P 72-73

Conclusion générale

Conclusion générale

Les colorants font partie des multiples substances organiques contaminées pour les sources d'eau en raison de leur grande importance et de leur large utilisation dans diverses industries, en particulier les industries textiles, et donc leur présence dans l'eau est indésirable et est une source de pollution et de perturbation dans la vie aquatique, il est donc préférable de se débarrasser de ces colorants dans l'eau avant de les pousser dans l'environnement afin de nuire à la toxicité de ces colorants et à leurs effets à long terme sur l'environnement et les êtres humains.

L'objectif principal de ce mémoire est d'étudier la faisabilité de la valorisation des déchets des palmiers dattiers pour l'élimination des colorants par adsorption. Les régimes de palmier dattier ont été utilisés comme matériau adsorbant afin de purifier l'eau d'une éventuelle contamination par le polluant organique dite Rouge Congo. Le choix du processus d'adsorption est effectué grâce à leur propriété qui est considéré comme l'un des moyens les plus courants d'éliminer les colorants des eaux en général.

L'étude de l'adsorption de Rouge Congo sur les déchets du palmier a été suivie en fonction des différents paramètres physico-chimiques tels que : le pH, infra-rouge, taux de matière sèche et la perte au feu. Différents modèles mathématiques tels que (Langmuir, Freundlich, Temkin) ont été étudiés afin de modéliser le procédé d'adsorption.

Les essais d'adsorption du rouge Congo en système batch à partir des solutions aqueuses ont été effectués. Les paramètres expérimentaux optimisés pour l'adsorption du rouge Congo étaient comme suit : concentration initiale en RC (50 mg L⁻¹), masse d'adsorbant (1 g), temps de contact (40 min), vitesse d'agitation (350 tr.min⁻¹). Les données isothermes à l'équilibre étaient en bon accord avec le modèle de Freundlich. La capacité d'adsorption maximale, Q_{max}, de RC était de 56,21 mg g⁻¹ à 25 °C.

Les premiers résultats ont montré que le RPD est un bon adsorbant pour le Rouge Congo. Après avoir testé les différents facteurs qui affectent cette adsorption. Où il a été enregistré que le meilleur temps de contact est celle d'une heure. Le plus grand taux d'élimination du polluant été de 97.46% à une masse de 1,25 grammes, concentration 50mg/l, vitesse d'agitation 350 tr/min.

D'après les résultats de la modélisation des isothermes, nous avons trouvé que la majorité des études sélectionnées ont montré que le modèle de Freundlich décrit mieux les présents le phénomène d'adsorption.