

**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 :**

---

**Elimination d'un colorant par un biomatériau préparé  
à partir des déchets des palmiers dattiers**

---

**Préparé par :**

**M. BOUGHEDDAD Oussama.**

**Membres de jury d'évaluation :**

<b>Mme DJEDID Kheira</b>	<b>Président</b>	<b>MAA</b>	<b>Univ. Adrar</b>
<b>M. KHELIFI Omar</b>	<b>Encadreur</b>	<b>MCB</b>	<b>Univ. Adrar</b>
<b>M. LAKSSACI Hamza</b>	<b>Examineur</b>	<b>MCB</b>	<b>Univ. Adrar</b>

**Année Universitaire : 2020/2021**



## شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): خليفي عمر

المشرف مذكرة الماستر.

الموسومة بـ : Elimination d'un colorant par un biomatériau

préparé à partir des déchets des palmiers dattiers

من إنجاز الطالب(ة): بوعقداد أسامة

و الطالب(ة):

كلية : العلوم والتكنولوجيا

القسم : المحروقات والطاقات المتجددة

التخصص : هندسة كيميائية

تاريخ تقييم / مناقشة : 24 جوان 2021م

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).

- امضاء المشرف:

ادرار في :..... 06 جويلية 2021

مساعد رئيس القسم:



و. خليفي عمر  
رئيس قسم المحروقات والطاقات المتجددة  
بكلية العلوم والتكنولوجيا

## الملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تعرف على شجرة النخيل ، والعناية بهذه الشجرة والإكثار من زراعتها يعني ضماناً لعيش كريم لشريحة واسعة من الناس ، أما مخلفات هذه الشجرة من السعف والكرب والليف وعثوق التمر الفارغة فهي لا تقل أهمية عن ثمارها، يمكن استثمار المخلفات في مشاريع صناعية. مثل صناعة مختلف الورق من مادة السيليلوز المتواجدة في مخلفات النخيل.

وقد تم تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمخلفات النخيل وقد اجريت تجارب الامتزاز في نظام مغلق بدلالة معايير العمل المختلفة تم تحليل البيانات التجريبية بواسطة نماذج مختلفة اظهرت النتائج ان نموذج فراندليش اعطى تمثيل أفضل لبيانات التوازن ( $R^2 > 0,9998$ ) وأقصى قدرة امتزاز للملوث اللوني (rouge Congo) قدرت 34.49 ملغ/غ.

**الكلمات المفتاحية:** الامتزاز ,مخلفات النخيل , الملوث اللوني ,rouge Congo ,الليف,السعف,الكرب

## Résumé :

Le but de cette étude est d'identifier le palmier, et prendre soin de cet arbre et le cultiver plus souvent signifie assurer une vie décente pour un large éventail de personnes. Les déchets de cet arbre, comme les tige , régime palmes , sont tout aussi importants que leurs fruits. Les déchets peuvent être investis dans des projets industriels, tels que la fabrication de divers papiers à partir de la cellulose trouvée dans les résidus de palme.

Les propriétés physiques et chimiques du résidu de palme ont été déterminées. Des expériences d'adsorption ont été menées dans un système fermé aux différentes normes du travail. Les données expérimentales ont été analysées dans le milieu de différents modèles. Les résultats ont montré que le modèle de Freundlich donnait une meilleure représentation des données d'équilibre ( $R^2 > 0,9998$ ) et de la capacité maximale d'adsorption (rouge Congo) estimée à 34,49 mg/g.

**Mots-clés:** Adsorption, rouge congo, déchets des palmier , tige ,palme regime

## Abstract:

The purpose of this study is to identify the palm tree, and taking care of this tree and growing it more often means ensuring a decent life for a wide range of people. The waste from this tree, such as the stems, is just as important as their fruits. Waste can be invested in industrial projects, such as the manufacture of various papers from cellulose found in palm residues.

The physical and chemical properties of the palm residue were determined. Adsorption experiments were carried out in a system closed to different labour standards. Experimental data were analyzed in the middle of different models. The results showed that the Frandlich model gave a better representation of equilibrium data ( $R^2 > 0.9998$ ) and the estimated maximum adsorption capacity (red Congo) is 34.49 mg/g.

**Keywords:** Adsorption , Congo red , palm dechtes, stem, palm ,regime

## **Remerciements**

*Avant tout, nous remercions ALLAH, tous puissant de nous avoir donné la patience, la santé et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Je voudrais d'abord adresser mes vifs remerciements au Dr khelifi omar pour son encadrement, pour son aide et ses conseils très précieux tout au long de ce travail. Je voudrais aussi exprimer mes remerciements aux membres du jury de m'avoir donné de leur temps précieux pour discuter ce travail en acceptant leur jugement.*

*Que tous les enseignants qui ont contribué à ma formation trouvent en ce modeste travail, le témoignage de ma profonde gratitude. Je tiens aussi à remercier tous qui de près ou de loin m'ont aidé et encouragé dans ce travail.*

## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail: À mes très chers parents pour leur soutien durant toute ma vie d'études et sans Lesquels je n'aurais jamais devenu ce que je suis. À me ami : hadjer et tout les amies . À toutes les professeurs et enseignants que j'ai eu durant tout mon cursus scolaire et qui m'ont permis de réussir Dans mes études. À toute personne ayant contribué à ce travail de près ou de loin.*

## Table des matières

Résumé .....	ii
Remerciements.....	iv
Dédicaces .....	v
Liste des figures :.....	ix
Liste des tableaux :.....	x
Liste des abréviations .....	xi
Introduction générale : .....	1

### Chapitre I :

#### Généralité de palmier dattier

I.1. Historique sur le palmier dattier : .....	5
I.2. Généralités sur le palmier dattier :.....	5
I.3. Classification du palmier dattier :.....	6
I.4. Biologie du palmier dattier : .....	6
I.4.1. Présentation de l'espèce :.....	6
I.4.2. Morphologie du palmier dattier :.....	7
4.2.1. Le système racinaire :.....	7
4.2.2. Le stipe ou tronc : .....	7
4.2.3. Les feuilles : .....	7
4.2.4. Les organes floraux : .....	8
Les fibres végétales :.....	11
I.8. La composition chimique des fibres végétales :.....	12
I.13. Définitions et concepts des déchets :.....	18
I.14.1. Classification des déchets :.....	18
Biologique : .....	19
Chimique : .....	19
Technologique :.....	19
Économique :.....	19
Écologique :.....	19
Accidentelle :.....	19
Toiletage :.....	20
I.14.2. Déchets de palmier dattier : .....	21

I.14.3. Gestion des déchets de palmier dattier :.....	22
I.14.4. Utilisation traditionnel : .....	22
I.14.5. Utilisation actuelle : .....	24
I.14.6. Fin de vie des déchets des palmiers dattier :.....	25
Les cendres :.....	25
Le compostage :.....	25
I.14.7. Quantification des déchets du palmier dattier : .....	25
I.15. Procédés de fabrication la pate des papiers : .....	26
I.15.1. Approvisionnement en fibres : .....	26
I.15.2. Mise en pâte :.....	26
15.2.1. Procédé mécanique :.....	26
15.2.2. Procédé chimique : .....	27
15.2.3. Recyclage : .....	28

## **Chapitre II :**

### **Matériels et Méthodes**

II.1. Préparation et caractérisation les déchets de palmites dattiers :.....	30
II.2. Préparation les déchets de palmites dattiers :.....	30
II.3. Caractérisation les déchets de palmites dattiers :.....	31
II.3.1. Mesure de pH et de conductivité : .....	31
II.3.2. Détermination de la matière sèche:.....	32
II.3.3. Taux de cendre :.....	33
II.3.3.Taux de cellulose brute :.....	34
II.3.4. Caractérisation par infra-rouge IRTF : .....	35
II.5. Protocole expérimental d'adsorption : .....	35
II.6 Analyse du Rouge Congo par Spectrophotomètre UV-Visible : .....	36
Modalisation des isothermes d'adsorption :.....	36
Modèle de Langmuir :.....	37

## **Chapitre III**

### **Résultat et Discussions**

III.1. Introduction.....	<b>41</b>
III.2. Caractérisation des déchets des palmers (palm, tige, régime) .....	41
III.3. Spectroscopie Infrarouge IR : .....	42
III.4. Résultats des essais d'adsorption sur les (Tige, régime, palme) :.....	43



III.4.1. Effet de la dose d'adsorbant :.....	43
III.4.2. Effet de la concentration initiale :.....	45
III.4.3. Etude des isothermes d'adsorption :.....	47
Conclusion :.....	57
<b>Conclusion générale :.....</b>	<b>60</b>
<b>Références bibliographiques :.....</b>	<b>61</b>

## Liste des figures :

<b>Figure I.1</b> : Schéma du palmier dattier	<b>6</b>
<b>Figure I.2</b> : Schéma d'une palme	<b>7</b>
<b>Figure I.3</b> : Inflorescences et fleurs du palmier dattier	<b>7</b>
<b>Figure I.4</b> : Classification des fibres naturelles et quelques exemples	<b>8</b>
<b>Figure I.5</b> : Représentation des micro-fibrilles constituant les fibres de cellulose	<b>9</b>
<b>Figure I.6</b> : Structure tridimensionnelle de la paroi primaire: (a) schéma tridimensionnelle	<b>12</b>
<b>Figure I.7</b> : Répartition géographique du palmier dattier dans le monde	<b>14</b>
<b>Figure I.8</b> : Carte d'Algérie, indiquant les différentes zones phoenicicole	<b>15</b>
<b>Figure I.9</b> : Accumulation des sous-produits du palmier dattier à l'intérieur des parcelles	<b>19</b>
<b>Figure II.1</b> : le broyage	<b>30</b>
<b>Figure II.2</b> : broyage du déchet du palmiers	<b>31</b>
<b>Figure II.3</b> : l'appareil de ph et conductivité	<b>32</b>
<b>Figure II.4</b> : Etuve pour séchage et matière sèche	<b>33</b>
<b>Figure II.5</b> : Four à moufle utilisée (NABERTHERM L1/12 - LT 40/12)	<b>33</b>
<b>Figure II.6</b> : chauffage reflue	<b>34</b>
<b>Figure II.7</b> : échantillon (tige , régime , palme )	<b>34</b>
<b>Figure II.8</b> : Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier IRTF (Cary 660).	<b>35</b>
<b>Figure II.9</b> : solution des déchets du palmiers	<b>36</b>
<b>Figure II.10</b> : spectrophotomètre UV-Visible	<b>36</b>
<b>Figure III.1</b> : Effet de la dose du rouge Congo préparé sur l'adsorption des Tige	<b>42</b>
<b>Figure III.2</b> : Effet de la dose du rouge Congo préparé sur l'adsorption des régime	<b>44</b>
<b>Figure III.3</b> : Effet de la dose du rouge Congo préparé sur l'adsorption des palme	<b>44</b>
<b>Figure III.4</b> : Effet de la concentration initiale sur la capacité d'adsorption du déchets du palmiers (tige ,régime ,palme )	<b>45</b>
<b>Figure III.5</b> : Isotherme d'adsorption des déchets du palmiers sur le rouge Congo préparé.	<b>46</b>
<b>Figure III.6</b> : graphe model lungmire des déchets du palmiers (tige, régime ,palme )	<b>47</b>
<b>Figure III.7</b> : graphe model Freundlich des déchets du palmiers (tige, régime ,palme )	<b>49</b>
<b>Figure III.8</b> : graphe model tempkin des déchets des palmiers	<b>51</b>
<b>Figure III.9</b> : Différentes isothermes d'adsorption des déchets du palmier sur le rouge Congo	<b>53</b>

## Liste des tableaux :

<b>Tableaux II.1 :</b> Différents types des principaux modèles des isothermes d'adsorption.	<b>39</b>
<b>Tableaux III.1 :</b> représente Caractérisation des déchets des palmiers	<b>41</b>
<b>Tableaux III.2 :</b> le taux d'élimination et la capacité d'adsorption des déchets de palmiers	<b>43</b>
<b>Tableaux III.3 :</b> modèle de Langmuir sur des déchets de palmiers	<b>48</b>
<b>Tableaux III.4 :</b> modèle de Freundlich sur des déchets de palmiers	<b>50</b>
<b>Tableaux III.5 :</b> modèle de tempkin sur des déchets de palmiers	<b>52</b>
<b>Tableaux III.6 :</b> Les paramètres d'adsorption pour les différents modèles étudiés	<b>57</b>

## Liste des abréviations

qx : Quintaux

Ha : hectare

PCTM : pâte chimique-thermomécanique

PPM : pâte mécanique sur meule

PMR : pâte mécanique de raffineur

PTM : pâte thermomécanique

%: pourcentage

°C : degrés Celsius

cm : centimètre

km<sup>2</sup> : Kilomètre Carré.

l : litre

m : mètre

mm : Millimètre

Nbre : Nombre.

Cm : Centimètre

°C : Degrés Celsius

ha : Hectare

h : Heur

°K : Degrés Kelvin

Kg : Kilogramme

Km : Kilomètre

m<sup>2</sup> : Mètre carré

pH : Potentiel Hydrogène

T : Température moyenne annuelle en (°C)

IRTF : Infrarouge à Transformée de Fourier

C<sub>0</sub> : Concentration initiale des déchets du palmier (mg L<sup>-1</sup>)

C<sub>e</sub> : Concentration d'équilibre des déchets du palmier dans la phase liquide (mg L<sup>-1</sup>)

q<sub>e</sub> (mg.g<sup>-1</sup>): capacité d'adsorption à l'équilibre

q<sub>max</sub> : Capacité maximale d'adsorption de la monocouche, exprimé en (mg/g)

K<sub>L</sub> : Paramètre de Langmuir(l/mg)

K<sub>f</sub> et 1/n: constantes de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant

K<sub>t</sub> : Constante de Temkin d'adsorption (L mg<sup>-1</sup>)

R :Taux d'élimination des déchets du palmier (%)

$R^2$  : Coefficient de détermination

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

# Introduction générale

## **Introduction générale :**

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est considéré comme l'arbre des régions désertique du globe connues pour leur climat chaud et sec. Il protège l'oasis contre les influences du désert et crée un microclimat pour l'installation d'autres cultures sous-jacentes. L'oasis par son microclimat est un milieu favorable à l'agriculture saharienne, à la flore et à la faune. En raison de ses utilités alimentaires, écologiques, sociales et économiques, le palmier dattier est l'arbre fruitier le plus apprécié par les populations des oasis.

En Algérie, la culture du palmier dattier est essentiellement localisée dans les wilayas sahariennes sur une superficie de 170 450 ha, environ 18 705 600 de palmier dattiers sont cultivés, dont 76 % productifs donnant une production annuelle de 8 385 500 qx/an de dattes.

A Adrar, la superficie occupée par le palmier dattier est de 28 320 ha avec un nombre total de palmiers qui s'élève à 3 798 759 pieds, dont 2 796 087 palmiers productifs donnant une production annuelle de 9 356 57 qx/an de dattes. Au regard de cette importante production, elle demeure dominée par les cultivars à haute valeur marchande

En effet, le palmier dattier qui constitue le pivot de l'agriculture, offre une large gamme de sous-produits agricoles, utilisés traditionnellement à des fins domestiques. L'estimation du tonnage des sous-produits sont disponibles avec des tonnages annuels appréciables, de l'ordre de 135 000 tonnes de folioles de palmes sèches, 67 500 tonnes pour les rebuts de dattes et 5000 tonnes pour les pédicelles de dattes .

Alors que , le tonnage des palmes séchés 427 984 tonnes, 123 457 de régimes, 72 521 de pétioles (*cornefs*) et pour le fibrilleux (*lif*) 21 511 tonnes restant perdus. Les déchets de palmiers dattiers obtenus chaque année peuvent constituer une charge pour l'oasis et peuvent contribuer au développement de maladies nuisibles pour le palmier dattier et pour les autres cultures oasiennes qui sont souvent incinérés au niveau des palmeraies.

La valorisation des sous-produits des palmiers dattiers représente un gisement important à exploiter dans plusieurs secteurs, elle permet également d'éviter les effets négatifs de la présence de ces sous-produits sur le système oasien en favorisant la pollution et la multiplication des maladies.

La consommation de la matière lignocellulosique dans le monde a augmenté de 50% pendant la dernière décennie, et la croissance quantitative de la production de papier et

## Introduction générale

textile a été accompagnée d'une demande de nouvelles catégories et des développements technologiques en réponse aux défis écologiques. Dans ce sens, en raison du manque de bois.

Les matinaux non-bois tels que les plantes annuelles ont suscité plus d'attention ces dernières années pour produire la pulpe, le papier, le papier cartonné, et les dérivés de cellulose. Actuellement, dans les pays développés, d'environ 60% de fibres de cellulose proviennent des matières premières annuellement renouvelables.

Comme son nom l'indique, la pâte cellulosique est constituée de cellulose, un constituant essentiel des plantes se présentant sous forme de fibres ou de faisceaux de fibres, que l'on a plus ou moins débarrassée des autres matières végétales.

Tous les végétaux contiennent de la cellulose qui constitue la principale substance de soutien de leurs cellules, si bien qu'en principe chaque plante peut fournir de la pâte cellulosique. Cependant, les propriétés des fibres et le taux de fibres étant très variables, seules quelques plantes sont utilisées pour la préparation de la pâte. Dans la fabrication de la pâte cellulosique, le bois vient en tête des matières premières. D'une manière générale, les conifères ont des fibres longues, les bois de feuillus des fibres courtes.

C'est un phénomène physico-chimique par lequel une espèce chimique peut s'accumuler à la surface d'un solide. Il s'agit d'un processus de la plus grande importance en ce qui concerne le comportement des substances tant inorganiques qu'organiques dans les eaux naturelles car il influe tant sur la distribution des substances dissoutes et particulaires que sur les propriétés des particules en suspension. L'adsorption joue également un rôle majeur dans le comportement des polluants dans les milieux aquatiques. La nature de la surface adsorbant va jouer un rôle essentiel dans ce phénomène.

L'objet de notre étude porte sur de caractérisation et quantification des déchets des palmiers au niveau des palmeraies d'Adrar. Ce travail s'articule sur :

Le chapitre I nous présenterons généralité sur palmiers dattiers, production du la pâte papiers et le phénomène d'adsorption.

Le chapitre II sont donnés consiste en les techniques expérimentales une caractérisation physico-chimique de déchets de palmiers dattier (tige, régime, palme) de l'adsorption de colorant (Rouge Congo) sur les déchets du palmiers dattiers.



## Introduction générale

Le chapitre III expose les résultats et discussions caractérisation physico-chimique de déchets du palmier dattiers de l'adsorption de colorant (Rouge Congo) et pourcentage de la cellulose dans (tige, régime, palme) terminerons ce travail par une conclusion générale.

Enfin, nous La conclusion générale clôture cette thèse dans laquelle les principaux résultats sont mis en exergue.

# Chapitre I

## GENERALITES SUR LE PALMIER DATTIER

## Chapitre I :

### Généralité de palmier dattier

#### I.1. Historique sur le palmier dattier :

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

Le palmier dattier offre de larges possibilités d'adaptation, c'est une espèce 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 à décroître à partir de (38-40) °C.[1,3]

#### I.2. Généralités sur le palmier dattier :

Le nom scientifique du palmier dattier est *Phoenix dactylifera*L. qui provient du mot Phoenix qui signifie dattier chez les phéniciens, et dactylifera, du terme grec dactulos signifiant doigt, allusion faite à la forme du fruit [1]

*Phoenix dactylifera* est une espèce dioïque, monocotylédone, appartenant à la famille des Palmacée, et à la sous-famille des Coryphineae. La famille des Palmacée compte environ 235 genres et 4000 espèces. Le palmier est une composante essentielle de l'écosystème oasien, grâce à sa remarquable adaptation aux conditions climatiques, la haute valeur nutritive de ses fruits, les multiples utilisations de ses produits et sa morphologie favorisant d'autres cultures sous-jacentes.[2]

### I.3. Classification du palmier dattier :

La place du palmier dattier dans le règne végétal est rappelée ci-dessous :

Groupe : *Spadiciflores*

Ordre : *Palmâmes*

Famille : *Palmacées*

Sous-famille : *Coryphoïdées*

Tribu : *Phoenicées*

Genre : *Phoenix*

Espèce : *Phoenix dactylifera*.

Le genre *Phoenix* comporte au moins douze espèces, dont la plus connue est *dactylifera* et dont les fruits " dattes " font l'objet d'un commerce international important. [2]

### I.4. Biologie du palmier dattier :

#### I.4.1. Présentation de l'espèce :

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

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.[3,6]

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. [3]

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 roukab** : les gourmands se développent haut sur le tronc ou sur le stipe.

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 : Bayoud 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. [2]

## **I.4.2. Morphologie du palmier dattier :**

### **4.2.1. Le système racinaire :**

Munier (1973) note que le système racinaire est de type fasciculé. Les racines ne se ramifient pas et n'ont relativement que des radicules et le bulbe ou plateau racinaire est volumineux et est émergé en partie au-dessus du niveau du sol (figure I. 1).[4]

### **4.2.2. Le stipe ou tronc :**

En (1996) décrit que le stipe est d'une grosseur variable selon les variétés, il peut varier selon les conditions du milieu pour une même variété. Ainsi, il possède une structure très particulière, il est formé de vaisseaux disposés sans ordre et noyés dans un parenchyme fibreux (Figure .n°2). D'après Wertheimer (1956), le stipe est recouvert par les bases des palmes qu'on appelle « cornaf ».Un palmier peut donner environ 17 rejets au cours de son existence.[4]

### **4.2.3. Les feuilles :**

Les feuilles du dattier sont appelées palmes ou Djérid, elles ont une forme pennée et sont insérées en hélice, très rapprochées sur le stipe par une gaine pétrolier bien développée «cornaf» enfouie dans le « life » (Figure .3). Les palmes sont en nombre variable sur palmier. Le palmier le mieux tenu contient de 50 à 200 palmes. De nombreuses palmes constituent la couronne. [4]

#### **4.2.4. Les organes floraux :**

D'après Peyron (2000), tous les *Phoenix*, et donc le palmier dattier, sont des arbres dioïques. Les sexes étant séparés, il existe donc des pieds mâles donnant du pollen et des pieds femelles produisant des fruits, les dattes. Les fleurs sont portées par des pédicelles, ou des épillets qui sont à leur tour sont portés par un axe charnu, la hampe ou spadice. Selon le même auteur, l'ensemble est enveloppé dans une grande bractée membraneuse close, la spathe.[4]

##### **a. La fleur femelle**

Elle est globuleuse, d'un diamètre de 3 à 4 mm et est formée de 3 sépales soudés. Une corolle formée de 3 pétales ovales et arrondies et 6 étamines avortées. Le gynécée comprend 3 carpelles indépendants à un seul ovule (Figure. I.4). Selon , la sortie des fleurs « Talâa » a lieu de la fin Janvier jusqu'au début Mai selon les variétés et l'année.[5]

##### **b. La fleur mâle**

De forme allongée, constituée d'un calice composé de 3 spathe soudées par leurs bases, de 3 pétales légèrement allongées formant la corolle. La fleur possède 6 étamines à déhiscence interne et trois pseudo-carpelles (Figure I.4). Après l'éclatement de la spathe mâle (fin Janvier), la fleur laisse échapper un pollen. Chaque spathe porte 160 branchettes et donne 40 à 45 g de pollen héma du palmier dattier [5]

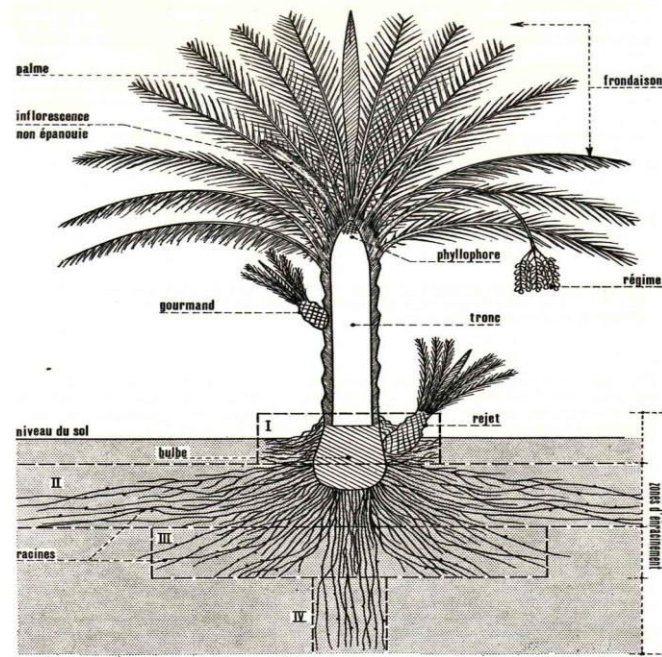


Figure I.1 : Schéma du palmier dattier

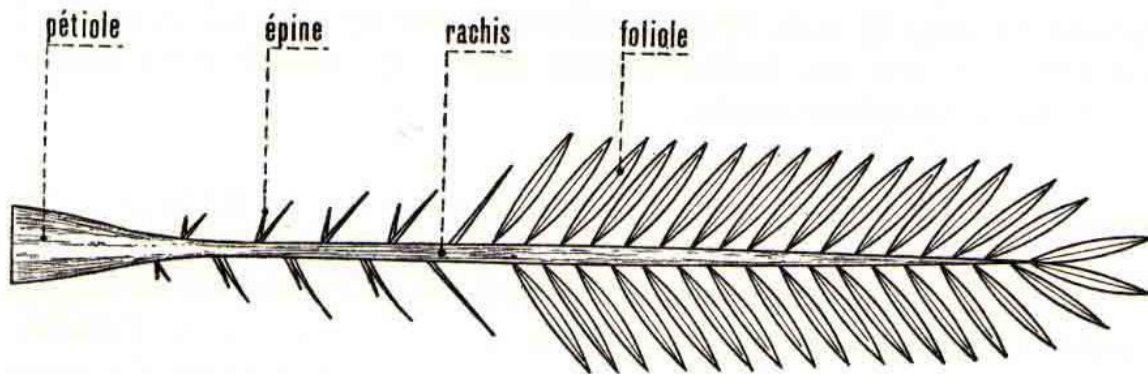
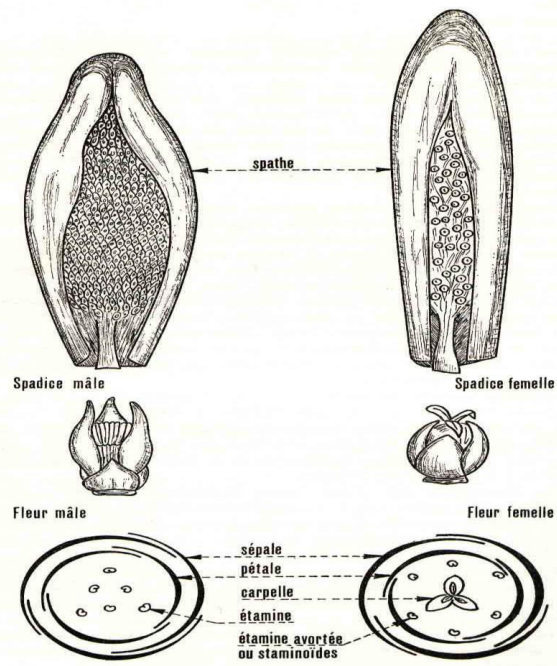


Figure I 2 : Schéma d'une palme



**Figure I.3 :** Inflorescences et fleurs du palmier dattier

Les fibres naturelles peuvent être classées selon leur origine. Il est donc possible de distinguer trois grandes familles [2]

**c. Les fibres végétales :**

Elles se subdivisent elles-mêmes selon leur provenance.

On peut donc citer les fibres libériennes qui sont extraites de tiges de plantes (Chanvre, Lin, Ramie, Jute), les fibres dures qui sont extraites de feuilles, de troncs ou d'écorces de fruits (Sisal, Chanvre de manille, Noix de Coco), et les fibres qui proviennent des poils séminaux de graines (Coton, Kapok), [2]

**d. Les fibres animales :**

Elles peuvent émaner des poils (Toison animale) ou encore des sécrétions (Soie),

**e. Les fibres minérales : (Amiante).**



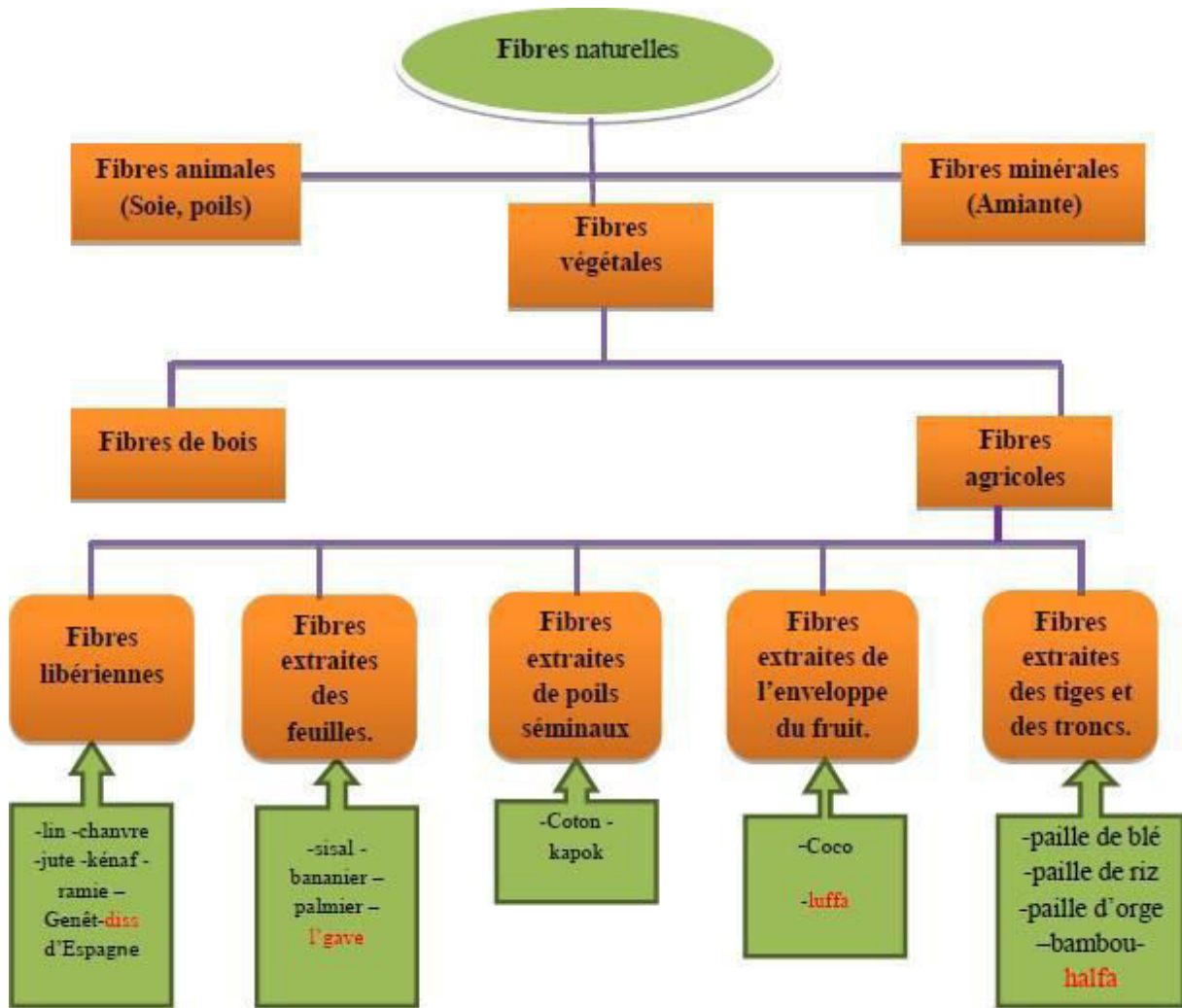


Figure I.4. Classification des fibres naturelles et quelques exemples

### Les fibres végétales :

On désigne par les fibres ligno-cellulosiques des constructions biologiques fibrillaires issues du végétal habituellement constituées de cellulose, d'hémicelluloses et de lignine et d'un taux plus faible d'extraits non azotés, de matière protéique brute, de lipide et de matière minérale La variation de chacun de ces constituants est souvent en fonction de l'espèce de l'âge et des organes de la plante. [3].

#### a. Fibres du palmier dattier :

- Le palmier dattier a une structure fibreuse, possédant quatre types de fibres
- Fibres de bois de tronc.
- Fibres de feuilles au niveau des pédoncules.

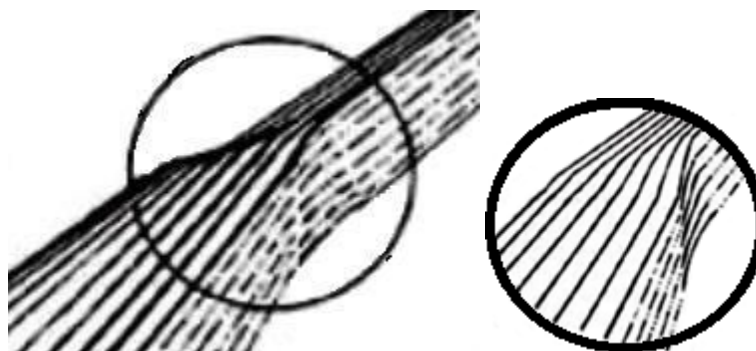
- Fibres de tige au niveau des tiges des pédoncules et du support dattier (grappe).
- Fibres de surface autour de son tronc ou de bases de palmes (pétiole)
- Fibres de Life (entre le cornaf et le tronc : bourre fibreuse appelée Life).

## **I.8. La composition chimique des fibres végétales :**

Les fibres végétales sont des fibres Lignon-cellulosiques composées de cellulose, d'hémicelluloses et de lignine et en proportions relativement faibles d'extractibles non azotés, de matière protéique brute, de lipide et de matière minérale . Les proportions de ces différents constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante.[11]

### **I.8.1. Cellulose**

La cellulose est une macromolécule formée de longues chaînes de polymères linéaires non ramifiées dont le motif de base est le glucose  $C_6H_{12}O_6$ . Le motif de répétition est le dimère cellulose (Figure 1.5). Le nombre de motifs de répétition ou le degré de polymérisation varie suivant l'origine de la cellulose.



**Figure 1.5 :** Représentation des micro-fibrilles constituant les fibres de cellulose

Dans la zone cristalline, les chaînes cellulose sont disposées parallèlement les unes aux autres, liées par des liaisons hydrogènes intra et intermoléculaires. Toutes les propriétés de la cellulose sont étroitement corrélées à la forte densité des liaisons hydrogène qui se développent entre les chaînes, elle contribue à la force et à la rigidité de la fibre. Les interactions moléculaires sont fortes et assurent l'essentiel de la cohésion tout en empêchant la pénétration des réactifs. Grâce à sa grande cohésion, la cellulose est insoluble dans la plupart des solvants. La cellulose est de nature très hydrophile. Le remplacement d'une partie des interactions inter-chaînes par des liaisons hydrogènes entre la cellulose et l'eau provoque une plastification du matériau et donc une diminution de ses caractéristiques mécaniques. La

cellulose contribue à la force et à la rigidité de la fibre grâce à ses chaînes fortement orientées [11]

### **I.8.2. L'hémicellulose :**

L'hémicellulose diffère de la cellulose dans la composition chimique, par son degré de polymérisation, ainsi que par la ramification des chaînes moléculaires. Elle est formée de monosaccharides et d'acides de sucre (Figure 1.5) (les pentoses, les hexoses, les acides hexatoniques et les désoxy-hexoses). Son poids moléculaire est beaucoup inférieur à celui de la cellulose. L'hémicelluloses constitue une classe de polymères très variés solubles dans l'eau et pouvant être extraits de la paroi des cellules végétales par des solutions alcalines. L'hémicellulose est hydrophobique et est attachée à la surface de cellulose via des liaisons hydrogènes. Elle a aussi des liaisons fortes avec la lignine. L'hémicellulose est responsable de la biodégradation, de l'absorption d'humidité, et de la dégradation thermique de la fibre, [11]

### **I.8.3.La lignine :**

La lignine est une molécule complexe tridimensionnelle, non aromatique cristalline, sa structure moléculaire n'est pas encore précisément connue. Cependant les précurseurs de la lignine, les alcools p-hydroxycinnamylique (p-coumarylique, conifrylique et sinapylique)

sont très bien connus grâce à des études au  $^{14}\text{C}$  Leurs proportions varient selon l'espèce végétale et la localisation au sein de la paroi En effet, la nature de la lignine dans les différentes parties d'une même plante peut être différente. La lignine est hydrophobique, elle entraîne une résistance à l'eau et fournit la dureté et la rigidité à la cellule de la fibre végétale. La Lignine est peu sensible à la dégradation biologique, elle crée une barrière morphologique à la pénétration et à la progression des agents pathogènes, et contribue à la protection naturelle des végétaux contre certaines attaques parasitaires . [11]

### **I.8.4.Les pectines :**

Les pectines sont des polymères de polysaccharides acides, composées d'une chaîne principale d'acide uronique et qui consistent essentiellement en l'acide de polygalacturon. La pectine est soluble dans l'eau seulement après une neutralisation partielle par alkali ou hydroxyde ammonium. [11]

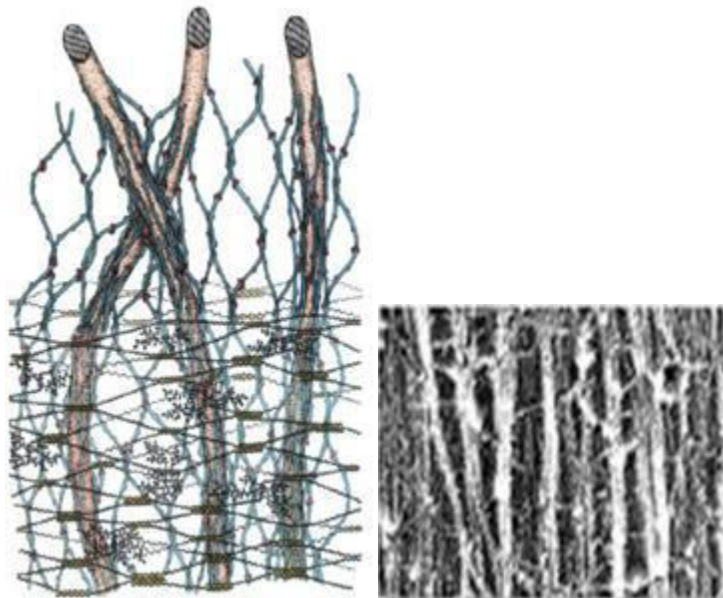
### I.8.5.Extractifs :

Les extractifs ne font pas partie intégrante de la paroi cellulaire de la fibre végétale, ils sont responsables de sa couleur et de son parfum. Les extractifs sont facilement éliminés par des solvants naturels. Ils comprennent plusieurs substances chimiques différentes comme certaines graisses, composés aromatiques, huiles volatiles, alcools à haut poids moléculaire et acides gras. Les extractifs ne contribuent pas aux propriétés mécaniques de fibre végétale mais ils lui augmentent sa résistance contre la dégradation et contre les attaques des insectes [11]

### I.8.6. Les cires (waxes) :

Les cires constituent une partie de la fibre qui peut être extraite avec les solutions organiques. Ces matériaux cireux sont composés de différents types d'alcools qui sont insolubles dans l'eau et aussi dans quelques acides

Les fibres végétales sont elles-mêmes des matériaux composites renforcés par des fibres de cellulose dans une matrice amorphe d'hémicellulose et pectine qui est associée par liaisons hydrogène et covalentes à la lignine [11]



**Figure 1.7:** Structure tridimensionnelle de la paroi primaire : (a) schéma tridimensionnelle (b) photo MEB de la paroi végétale (biologie et multimédia)

Les proportions cellulose-hémicellulose-lignine des fibres végétales sont très variables d'une espèce à l'autre. Dans la même espèce, ces proportions dépendent de l'organe de

provenance des fibres, de l'état de maturité et de l'environnement de croissance des plantes. La composition chimique moyenne de différentes fibres végétales.

### **I.8. Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres végétales :**

La variabilité dans les proportions des constituants chimiques des fibres végétales implique une variabilité des propriétés physico-mécaniques des fibres végétales. Plusieurs travaux ont montré que les fibres végétales ont des propriétés mécaniques variées, à l'intérieur même d'une espèce donnée. Cette variation de propriétés représente un des inconvénients des fibres végétales en comparaison aux fibres synthétiques. Les propriétés mécaniques et la structure des fibres végétales sont influencées par quelques conditions de croissance et varient selon l'habitat, le climat et l'âge de la plante. Généralement une fibre végétale est caractérisée physiquement par son diamètre, son porosité, sa densité, sa teneur en eau et son pourcentage d'absorption d'eau. Elle est caractérisée mécaniquement par sa résistance à la traction, à la rupture et par le module d'élasticité. Le tableau 1.5 montre la variation des propriétés physico-mécaniques de différentes espèces de la fibre végétale [5].

### **I.9. Caractéristiques thermiques et acoustiques des fibres végétales :**

Les propriétés thermiques des fibres végétales, sont très importantes. En effet, la dégradation thermique est un facteur limitant des procédés de fabrication à chaud des composites. La plupart des fibres végétales perdent de leur rigidité dès 160°C et on voit la lignine se dégrader aux alentours de 200°C. Néanmoins, la destruction de l'ordre cristallin n'apparaît qu'au-dessus de 320°C par agitation thermique des molécules [5].

La conductivité thermique des fibres végétales est faible, celles-ci possèdent les caractéristiques d'un bon isolant. La densité et la porosité sont les facteurs influençant de façon prédominante les transferts de chaleur, ceux-ci sont aussi influencés par la conduction via la paroi cellulaire et par la teneur en humidité de la fibre végétale.

Les capacités acoustiques font aussi partie des avantages de l'utilisation de fibres végétales comme renfort, elles leur donnent une bonne qualité pour le renforcement des composites à des applications qui nécessitent l'isolation phonique. [5]

### **I.10. Dans le monde :**

Le palmier dattier couvre les cinq continents dont Le Moyen Orient, l'Afrique méditerranéenne, L'Europe, et L'Amérique du Nord. Les limites extrêmes s'étendent

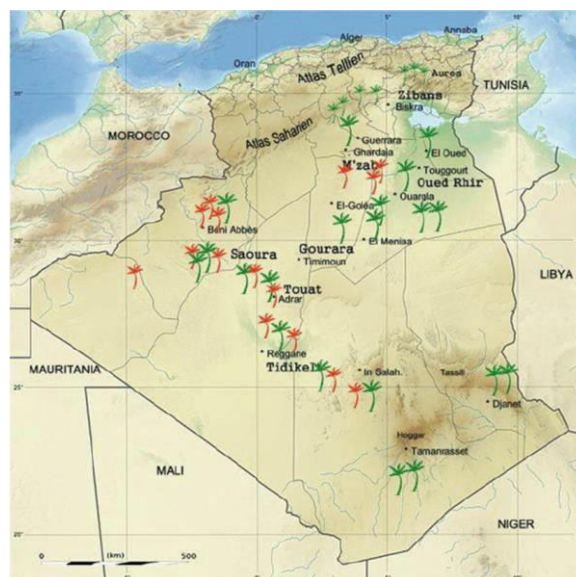
sensiblement entre 10° de latitude Nord (Somalie) et le 39° de latitude Nord (Elche en Espagne au Turkménistan), les zones les plus favorables sont comprises entre le 24 et le 34° de latitude Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Lybie, Egypte, Irak) et aux Etats Unis la culture s'étend du 33° au 35° parallèle (Figure 1.8).[1]



**Figure1.8** : Répartition géographique du palmier dattier dans le monde (El Hadrami et El Hadrami,2007)

### I.11. En Algérie :

En général les palmeraies algériennes sont localisées au Nord-Est du Sahara au niveau des oasis. Le palmier dattier est cultivé au niveau de 17 wilayas seulement, pour une superficie de 120830 hectares, cependant 4 wilayas représentent 83,6% du patri moine phoénicoles national Biskra 23%, Adrar22%, El-oued21% et Ouargla 15% [4]



**Figure I. 9** : Carte d'Algérie, indiquant les différentes zones phoénicoles (Bouguedoura et al, 2015).

## I.12. En Adrar :

sud-ouest algérien. qui sont le Gourara (Timimoune), le Touat (Adrar) et le Tidikelt (Aoulef) Pour ce du Touat, et le Gourara: elles s'étendent sur une bande de terrain de plus de 500 km arc de cercle, ce sont les régions les plus habitées de la wilaya. Le centre administratif Au 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 envahie par le même erg. Pour le Touat son centre administratif est Adrar, il s'étend de Kabeha Nagps 35 km au nord-ouest à In Salah qui constitue ses principaux centres. Comparé au Touat, Gourara région du Tidikelt présente peu de ksours (pluriel de ksar-agglomérations) et sont distantes les unes des autres. Le nombre de ksours correspond généralement au nombre de palmeraies avec quelques exceptions; la wilaya d'Adrar en compte 245 ksours La phoeniciculture constitue la principale ressource des habitants des régions sud. Les statistiques donnent le chiffre de près de 3 millions de palmiers pour un secteur traditionnel et 14.502 ha pour une superficie de 29.104 ha dont 14.602 ha pour 137.147 qx pour le secteur de mise en valeur. Elle est devenue importante tant par le produit financier qu'elle engendre que par la pérennité de vie qu'elle permet. Son adaptation au milieu aride a permis le maintien et le développement des économies de base à l'échelle oasienne. L'évolution de la palmeraie dans la wilaya d'Adrar a été significative pendant le plan agronomique lui a permis de jouer [11]

Pleinement son rôle dans la création période 1985-2003 du fait des vastes programmes initiés pour son extension (Table) Depuis 1983 à ce jour, la superficie du palmier dattier a 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 de très bonne qualité dattiers ('Deglet nouer', Ghars', etc.), le patrimoine phoenicicole 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 troc. Le rendement par palmier reste faible de l'ordre de 25 kg/palmier. L'ensemble de palmeraies souffre d'un manque d'eau, accentué par la mauvaise conduite des irrigations la présence de la fusariose du palmier dattier (bayoud). Cette situation se traduit par le dépérissement des palmiers et la baisse des rendements. Les 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

forment une population hétérogène qui est nommée francs, ces déni sont appelés "khalt", "degoul", "ighes", "adam", "nwaya", selon les localités. Méthodes d'Etude d'Adrar, demandant ainsi un temps aussi long pour réaliser un inventaire exhaustif d tous les jardins de la région, l'étude a été portée sur un choix de dix jardins moyennement L'inventaire pratiqué fait appel au dénombrement exhaustif de tous les pan appartenant à chaque jardin. Du fait de la grande étendue des palmeraies de a entretenus par ksar [12]

### **I.13. Définitions et concepts des déchets :**

Dans le langage courant, le terme déchets désigne tout résidu rejeté parce qu'il n'est plus consommable ou utilisable et donc n'a plus de valeur. [6]

Un déchet est défini dans le code de l'environnement comme étant tous résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit, ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que le détenteur destine à l'abandon .

Ces dernières années, le déchet tend à devenir un produit de valeur, une matière première qui entre progressivement dans un cycle de récupération et de recyclage. Aussi du point de vue économique, un déchet est défini comme étant un objet ou une matière dont la valeur économique est nulle ou négative pour son détenteur, à un moment donné et dans un lieu donné. La valeur de nullité de la valeur du déchet reste toutefois relative, a expliqué cette relativité comme suit :

Quand quelque chose perd sa fonction primaire pour un utilisateur, il deviendra déchet, cependant, les déchets des uns peuvent servir de matières premières secondaires pour la fabrication d'autres produits et même des biens pour d'autres personnes ou communautés selon l'expression « les résidus des uns font le bonheur des autres »[6].

#### **I.14.1. Classification des déchets :**

Selon la classification des déchets n'est pas une chose universelle et facile. Ils peuvent être classés de différentes manières selon les objectifs et selon l'intérêt des informations qui peuvent en être tirées. Leur classification s'avère souvent utile, voire même indispensable, et très pratique pour faciliter l'entrée à une question complexe notamment celle relative à la gestion des déchets, et surtout quand il s'agit d'anticiper le choix de leur mode de gestion que ce soit à la source ou sur le cycle de leur production.

L'encyclopédie « *les Techniques de l'ingénieur* » fait une classification très détaillée des déchets en six groupes comme selon leurs origines [6]:



### **Biologique :**

Les déchets d'origine biologique sont définis par le fait que tout cycle de vie produit des métabolites (matière fécale, cadavre, etc.).[6]

### **Chimique :**

Toute réaction chimique est régie par les principes de la conservation de la matière et dès lors si l'on veut obtenir un produit C à partir des produits A et B par la réaction  $A + B \rightarrow C + D$  ; D sera un sous-produit qu'il faut gérer si on n'en a pas l'usage évident.[6]

### **Technologique :**

Quelles que soient la fiabilité et la qualité des outils et procédés de production, il y a inévitablement des rejets qu'il faut prendre en compte tel que les chutes, copeaux, résidus, solvants usés, emballages, etc.[6]

### **Économique :**

La durabilité des produits, des objets et des machines a forcément une limite qui les conduits, un jour ou l'autre leur élimination ou leur remplacement.[6]

### **Écologique :**

Les activités de dépollution (eau, air, déchets) génèrent inévitablement d'autres déchets qui nécessitent eux aussi une gestion spécifique et ainsi de suite.[6]

### **Accidentelle :**

Les inévitables dysfonctionnements des systèmes de production et de consommation sont l'origine des déchets. Buenrostro *et al* (2001) ont proposé une classification des déchets municipaux propre à la ville de Morelia au Mexique dont les résultats peuvent être utilisables pour d'autres villes à croissance rapide avec une lanification environnementale pauvre ou absente. Cette classification se base sur la source de déchet. Elle comprend trois groupes : urbain, industriel et rural et chaque groupe est présenté comme entité discrète.

La division urbaine se décompose en deux groupes : résidentiel (logements), et non résidentiel (commercial, institutionnel/services, construction /démolition, et spécial) ; Le groupe déchet

industriel concerne les activités économiques, les services, les produits commercialisés, qui peuvent présenter un danger pour la santé de la population ou à l'environnement.[6]

Le groupe déchet rurale inclut toutes les activités de production animale et agricole.

- **Toilettage :**

Le toilettage est un élagage de tous les organes en voie de dessiccation qui gênent la croissance, la bonne production des palmiers et même le travail de l'agriculteur. Chaque année, une moyenne de 5 à 18 palmes par plante se dessèche, il convient donc d'assurer chaque année un entretien rapproché. Cette opération de toilettage génère une quantité importante de sous-produits (palmes, stipes, rejets...) qui s'accumulent à l'intérieur des parcelles (figure I.10), à cause de l'abandon de l'utilisation de ces sous produits par l'agriculteur, au profit d'autres matériaux importés. Les palmeraies de la wilaya d'Adrar produit annuellement une grande quantité de sous-produits de palmier dattier. Cette grande quantité de biomasse s'accumule en faisant apparaître des points noirs de pollution dans la palmeraie, vecteurs de champignons pathogènes susceptibles de se propager .[6]



**Figure I.10:** Accumulation des sous-produits du palmier dattier à l'intérieur des parcelles  
(Photo originale, 2019).

### **I.14.2. Déchets de palmier dattier :**

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 se 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. [6]

Le palmier dattier à 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'Egypte (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) .[6]

### **I.14.3. Gestion des déchets de palmier dattier :**

« Le déchet constitue le symbole de la consommation dans les pays développés, et les signes du désespoir (dans la prise en charge) dans les pays en développement» .

La gestion se définit selon le Petit Larousse comme étant l'action ou la manière de gérer, d'administrer, de diriger, d'organiser quelque chose ; ou bien, période pendant laquelle quelqu'un gère une affaire. C'est une définition plus générale et par conséquent peu précise lorsqu'on parle de la gestion des déchets des palmiers dattiers. La réglementation algérienne (loi 01-19) définit la gestion des déchets comme « *Toute opération relative à la collecte, au choix, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations* ».

Globalement, la politique de gestion des déchets est fondée sur trois types d'instruments les instruments législatifs ou règlementaires, les instruments économiques (incitation, taxation) et les instruments de sensibilisation et formation.

Selon Les sous-produits du palmier dattier sont nombreux et peuvent être utilisés par les cultivateurs dans diverses applications comme l'artisanat, la construction ou la production d'énergie.

### **I.14.4. Utilisation traditionnel :**

Par la suite, un résumé sur l'utilisation traditionnelle des sous-produits de palmier dattier donnée par .

- **Le tronc :**

Le tronc ou la tige devient disponible lors d'une mort naturelle ou accidentelle de palmier ou par un retrait forcé. Le tronc est utilisé comme des poteaux, des poutres, des chevrons, des linteaux, des piliers, des jetées et des ponts légers. Pour cela, ils peuvent être utilisés entiers ou divisés en deux ou demi. Les demi-troncs creusés sont utilisés comme conduits pour l'eau, ou à des longueurs plus courtes pour les mangeurs et les creux. Sciés dans des planches grossières, ils sont transformés en portes, volets et escaliers pour maisons...etc. Enfin, les troncs sont également utilisés comme bois de chauffage. [6]

- **Les feuilles :**

Les feuilles offrent les possibilités d'utilisation finale les plus variées qui sont discutée par les parties individuelles dans lesquelles la feuille peut être divisée :

**A) La feuille dans son ensemble :**

D'après les feuilles entières sont utilisées dans les clôtures en les fixant dans le sol et en les tenant avec deux ou trois couches de corde faites par feuillets, ou dans le cloisonnement dans les maisons et les enclos de terrasses offrant une intimité mais en gardant une certaine ventilation. Les feuilles sont également utilisées comme toiture pour donner l'ombre. Lorsque la boue est utilisée dans la construction de la maison, les feuilles peuvent être posées sur les poutres du plafond (faites du tronc) dans un lit épais sur lequel une couche de boue est versée pour former le premier plancher ou le toit.

**B) Pétiole :**

Les pétioles ont été utilisés pour aligner les parois des puits ouverts lorsque la brique habituelle ou la pierre ne sont pas disponibles. Ils ont utilisés par les pêcheurs pour flotter leurs filets. La base peut être divisée et battue avec la masse de fibres résultante utilisée comme balai à main. Avec un peu plus longtemps, la base de la feuille a été utilisée comme batte pour densifier les parois de la boue par le maçon. Comme d'autres parties fibreuses de palmier, les pétioles sont particulièrement adaptés comme carburant.

**C) Le rachis :**

L'utilisation la plus répandue de la nervure centrale où rachis est la fabrication de caisses, mais aussi de meubles. Par exemple des simples caisses à fruits, des cages à oiseaux et des poulaillers à des cages jumelles à double pont, parfois avec des portes coulissantes. L'art de la fabrication des caisses s'est étendu à d'autres produits domestiques comme les planches à transporter, les porte-bouteilles et les meubles, en particulier les chaises et les lits .

**D) Les folioles où feuillets :**

Selon les feuillets sont principalement utilisés dans les tresses qui sont cousues ensemble dans un large éventail de paniers et sacs, mais aussi des tapis et des articles plus petits comme les fans et les chapeaux. On peut aussi fabriquer des paniers ou des sacs plus étroits et plus robustes. Pour les produits les plus raffinés, on utilise des feuilles fraîches provenant de leur couverture de protection sur la feuille et offrent une fibre moins fragile, mais la fourniture de ces fibres est limitée. À côté du panier de date, le panier de transport est un instrument le plus commun à la fois pour des utilisations privées et professionnelles. Outre les produits tissés, des brochures sont également utilisées pour fabriquer un cordon utilisé, par exemple, pour

attacher des faisceaux de matériel de pépinière ou d'autres travaux de fixation temporaire dans l'horticulture.

**E) Les épines :**

Ils peuvent être utilisés dans la fabrication de trappes et, évidemment, des cure-dents ou d'autres utilisations où un instrument pointu est nécessaire. Aucune référence n'a été trouvée que l'épine soit utilisée comme une aiguille à coudre dans la fabrication de panier, ce qui rendrait vraiment la feuille entièrement autonome dans l'obtention de matériaux d'emballage pour ses propres produits. [6]

**I.14.5. Utilisation actuelle :**

Bien que ces déchets agricoles soient composés de cellulose, d'hémicelluloses, de lignine et d'autres composés qui pourraient être utilisés dans de nombreux processus biologiques, ils ont été brûlés dans les fermes, causant une grave menace pour l'environnement. Bien que plusieurs chercheurs aient étudié la culture de palmier dattier, leur utilisation et leur portée pour utiliser les dattes dans les applications thérapeutiques, les revues disponibles dans la littérature sont plutôt limitées à la chimie et à la pharmacologie, à la composition phyto-chimique, à la signification nutritionnelle et les bénéfices potentiels pour la santé de la consommation des dattes.

Au cours des dernières années, un certain nombre de chercheurs ont participé à l'étude de la production des fibres naturelles en tant que constituants portant des matériaux composites .

En général, ce qui est vrai pour le bois est également vraies pour d'autres matériaux ligno-cellulosiques bien qu'ils puissent différer en composition chimique et morphologie matricielle, en effet, les fibres naturelles sont disponibles sous différentes formes et produisent différentes propriétés lorsqu'elles sont ajoutées aux thermoplastiques.

Contrairement aux fibres naturelles ces dernières années, l'utilisation de la farine de bois, la charge dérivée du bois la plus courante pour les thermoplastiques, dans la fabrication de composites bois-plastique a été d'un grand intérêt à de nombreux chercheurs.[6]

### **I.14.6. Fin de vie des déchets des palmiers dattier :**

#### **Les cendres :**

Les cendres apportent des éléments minéraux indispensables à la nutrition (potasse - phosphore) et ont une valeur neutralisante (apport de Calcium). Mais elles contiennent également des quantités non négligeables d'Eléments Traces Métalliques (E.T.M.) qui sont autant de facteurs limitant à leur utilisation.

Préalablement à toute utilisation agricole, la teneur des cendres en éléments nutritifs et en métaux lourds doit être analysée. Pour assurer à long terme un bilan équilibré en éléments nutritifs et la fertilité du sol, un conseil spécialisé est à obtenir auprès d'un service cantonal d'information agricole. [9]

#### **Le compostage :**

Le compostage est un processus contrôlé de dégradation des constituants organiques d'origine végétale et animale, par une succession de communautés microbiennes évoluant en conditions aérobies, entraînant une montée en température, et conduisant à l'élaboration d'une matière organique humifiée et stabilisée. Le produit ainsi obtenu est appelé compost. Les déchets de palmier dattier contiennent des matières organiques utilisées depuis de longue date, en raison de leur valeur humique, comme engrais pour amender les sols cultivés.[9]

Le compostage est une excellente solution pour réduire et valoriser les déchets destinés à l'incinération ou à l'enfouissement. Ainsi, il réduit le coût du traitement des déchets ainsi que leur impact environnemental. [9]

### **I.14.7. Quantification des déchets du palmier dattier :**

L'Algérie a produits en 2001, 850 millions de tonnes de déchets (IFEN, 2002), environ 50% de ces déchets sont recyclés en agriculture : les déchets agricole (palmier datte), une partie des déchets des collectivités et des ménages (boues issues de l'épuration des eaux, composts de déchet verts, d'ordures ménagères)[9] .

En Algérie, la culture du palmier dattier est essentiellement localisée dans les wilayas sahariennes. On estime le nombre à 10 millions de palmiers dattiers dont 76 % productifs donnant une production annuelle d 270000 tonnes de dattes dont 45 % .[9]

## **I.15. Procédés de fabrication la pate des papiers :**

### **I.15.1. Approvisionnement en fibres :**

De plus en plus, le papier et le carton sont fabriqués à partir des sous-produits des scieries (copeaux, sciures, etc.) et de fibres recyclées (cartons ondulés, journaux, magazines et papiers récupérés). Le bois rond provenant de la récolte en forêt ne constitue plus qu'une source secondaire d'approvisionnement.

Dans les exploitations où le bois rond est encore utilisé, les billes acheminées à la fabrique sont écorcées à l'aide d'énormes tambours à l'intérieur desquels elles culbutent les unes contre les autres. Cette opération s'effectue à sec ou avec de l'eau (écorçage humide). Les écorces sont récupérées et utilisées principalement à des fins énergétiques. L'eau nécessaire à l'écorçage humide provient généralement d'autres secteurs de la fabrique, et les eaux usées générées lors de cette opération sont réutilisées ou dirigées vers les systèmes de traitement des eaux de procédé.[7]

### **I.15.2. Mise en pâte :**

Le bois est composé de fibres de cellulose retenues ensemble par la lignine. Pour transformer le bois en pâte, il faut séparer les fibres et, selon le procédé utilisé, retirer ou non la lignine. Trois techniques différentes sont employées en fonction de la matière première utilisée et du type de pâte à produire [7].

#### **15.2.1. Procédé mécanique :**

La pâte mécanique est obtenue en déchiquetant des billes de bois écorcées sur des meules abrasives ou des copeaux de bois entre deux plaques rainurées en acier (tournantes ou dont l'une est stationnaire). Ces types de pâtes sont appelés respectivement « pâte mécanique sur meule » (PMM) et « pâte mécanique de raffineur » (PMR). Comme ce procédé endommage les fibres et qu'il ne permet pas d'extraire la lignine de la pâte, la pâte mécanique est généralement utilisée dans la fabrication de produits qui nécessitent moins de résistance, tels que le papier journal, le papier pour cahiers publicitaires et certains papiers hygiéniques. Pour pallier cet inconvénient, les copeaux sont traités à la vapeur, avant et pendant le raffinage, puis raffinés sous pression; on obtient alors de la pâte thermomécanique (PTM). Ce procédé a pour effet d'améliorer la qualité de la pâte et permet de réduire la quantité de pâte chimique ajoutée dans la production du papier journal.



Pour améliorer davantage la qualité de la pâte produite, en plus de la vapeur, on ajoute des produits chimiques aux copeaux; on obtient alors une pâte chimique-thermomécanique (PCTM). Cette variante du procédé mécanique permet de réduire la quantité de pâte chimique ajoutée dans la production de papier de qualité.

À l'origine, ce type de pâte était beaucoup moins polluant que la pâte chimique, puisqu'on utilisait peu ou pas de produits chimiques. Toutefois, l'augmentation des quantités de produits chimiques ajoutés pour améliorer certaines caractéristiques de la pâte a entraîné des rejets de matières dissoutes plus importants, qui nécessitent un traitement des eaux de procédé de plus en plus complexe.[7]

### **15.2.2. Procédé chimique :**

La pâte chimique est obtenue en cuisant à haute pression, dans un immense autoclave, un mélange de copeaux et de réactifs chimiques appelé « liqueur de cuisson ». L'action de la chaleur et des produits chimiques permet de dissoudre la lignine et de libérer les longues fibres du bois sans les briser. Les principaux procédés utilisés dans la préparation des pâtes chimiques sont le procédé au sulfate (kraft) et les procédés au sulfite et au bisulfite.

Les matières dissoutes dans la liqueur de cuisson sont concentrées et brûlées dans une chaudière à des fins énergétiques. Dans le procédé kraft et, quelquefois, dans les procédés au sulfite et au bisulfite, les produits chimiques sont récupérés à la sortie de la chaudière et réutilisés pour fabriquer la liqueur de cuisson. La vapeur produite lors de la vidange des autoclaves est recueillie, puis condensée. Le condensat est alors débarrassé d'une partie importante de ses contaminants avant d'être acheminé au système de traitement des eaux de procédé.[7]

Les pâtes chimiques sont utilisées pour la fabrication de produits qui demandent une grande résistance, tels que les papiers d'impression et d'écriture, les papiers fins ainsi que les papiers et les cartons d'emballage. Elles servent aussi à augmenter la résistance de certains produits, comme les papiers spécialisés

Ces procédés chimiques entraînent des rejets importants de matières organiques dissoutes, qui nécessitent un traitement biologique. Ces matières entraînent, au moment de leur décomposition, une consommation de l'oxygène contenu dans l'eau.

### **15.2.3. Recyclage :**

La fabrication de la pâte recyclée s'effectue à l'aide d'un tritrateur. Il s'agit d'une grande cuve dans laquelle on ajoute les papiers ou les cartons à recycler, de l'eau, de la vapeur et, parfois, des produits chimiques. On enlève d'abord les contaminants tels que les trombones, le métal, les boudins de plastique et les bandes élastiques. Puis, on tamise et on épure la pâte afin d'en éliminer les particules indésirables. Lorsque la qualité du produit l'exige, la pâte peut aussi être désancrée. Les particules d'encre sont alors délogées des fibres de papier à l'aide de produits chimiques. L'encre est par la suite retirée de la pâte par lavage ou par flottation.

Les fibres récupérées entrent principalement dans la fabrication des cartons ondulés ou plats, du papier hygiénique, du papier essuie-tout, des mouchoirs de papier, de napperons et de certains papiers d'impression (notamment le papier journal). Ces procédés, qui requièrent sur tout l'utilisation de surfactants, se comparent généralement au moins polluant des procédés de mise en pâte mécanique.[7]

# Chapitre II

## Matériels et Méthodes

## Chapitre II :

### Matériels et Méthodes

#### II.1. Préparation et caractérisation les déchets de palmites dattiers :

Dans le but d'utiliser les déchets de palmiers dans l'adsorption, il est nécessaire de préparer les échantillons de palme, tiges et régime de palmiers dattier en leurs 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.[14]

#### II.2. Préparation les déchets de palmites dattiers :

Les déchets de palmiers (palme, tige et régime) collectées sur les champs agricoles locaux d'adjar, en Algérie ont été coupées en petits morceaux 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 à été conservée pour les essais d'adsorption. Le broyage et le tamisage fins sont rendus possible grâce



Figure II.1 : Broyage des déchets



**Figure II.2.** :Les déchets des palmiers après broyage

### **II.3. Caractérisation les déchets de palmites dattiers :**

La connaissance des propriétés physico-chimiques et structurales d'un matériau quel qu'il soit, est nécessaire pour contribuer à la compréhension de beaucoup de phénomènes tels que l'adsorption, désorption, échange ou autres. Dans ce but, les déchets de palmiers, ont été caractérisées en utilisant différents paramètres de caractérisation avec différentes techniques analytiques brièvement décrites ci-dessous :[14]

#### **II.3.1. Mesure de pH et de conductivité :**

Le pH est mesuré avec un pH- mètre (HANNA 3220) dans le filtrat de 2g des différents échantillons (tiges, palme, régime) mis en contact avec 20 ml d'eau distillée préalablement agitées pendant 16 heures. La conductivité caractérise la résistance au passage du courant en solution contenant les porteurs de charge ou ions : cation et anion y compris les protons  $H^+$  et les hydroxyles  $OH^-$  apportés par le changement de pH de la solution. La conductivité est réalisée en utilisant un conductimètre (cond 3110) sur le même filtrat que le pH.[12]



Figure II.3. l'appareil de ph et conductivité

### II.3.2. Détermination de la matière sèche:

Afin de déterminer la teneur en matière sèche de la boue, une masse  $m$  a été mise dans l'étuve à 105 °C pendant 24 h, la boue a été ensuite pesée à la sortie de l'étuve (on remarque une augmentation progressive de la masse de la boue au fur et à mesure que le temps s'allonge à la sortie de l'étuve, du a l'absorption de l'humidité de l'air). La masse ainsi pesée sera notée  $m_1$  :

Le taux de matière sèche, appelée également, siccité, est calculé comme suit :

$$Ts = (m_1/m) \cdot 100 \quad (\text{II.1})$$

Le pourcentage d'eau dans la boue est appelé le taux d'humidité et il est calculé comme suit :

$$Ts = ((m - m_1)/m) \cdot 100 \quad (\text{II.2})$$

La boue est notée liquide si la siccité varie de 0 à 10 %, boue pâteuse ; si la siccité varie de 12 à 25 %, boue solide ; si la siccité est supérieure à 25 %, boue sèche.[13]



Figure II.4. : Etuve pour séchage et matière sèche

### II.3.3. Taux de cendre :

Le taux de cendre brute ou matières minérales (MM) a été obtenu par calcination à 550 °C pendant au moins 6 h. Tous les résultats ont été exprimés en pourcentage du produit sec.[14]



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

### II.3.3. Taux de cellulose brute :

Le dosage de la cellulose brute (CB) a été déterminé par la méthode de Weende (AFNOR NF V03- 040., 1993) qui se résume en 2 étapes d'hydrolyse acide et une autre alcaline séparées par une filtration et un rinçage à l'eau chaude. Le résidu sec constitue la cellulose brute qui comprend la cellulose vraie, l'hémicellulose et la lignine.[14]



Figure II.6. : Chauffage reflue



Figure II.7 : échantillon (tige, régime, palme)



### II.3.4. Caractérisation par infra-rouge IRTF :

La spectroscopie infrarouge à transformé 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  $\text{cm}^{-1}$ ) 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.[13]



**Figure II.8 :** Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier IRTF (Cary 660).

### II.5. Protocole expérimental d'adsorption :

Avant toute étude expérimentale en colonne, une étude en système batch doit être faite. Pour cette raison, l'effet de plusieurs paramètres opératoires : la concentration initiale des déchets du palmier (20-100  $\text{mg L}^{-1}$ ).

L'adsorption des déchets du palmiers ont été étudiés dans un système discontinu en utilisant un volume de 50 ml de chacune des solutions de déchets du palmier. Après chaque essai d'adsorption, le rouge Congo a été séparé par filtration avec du papier filtre. La concentration du déchets dans centrifugation (sigma 2-16p),[13]



**Figure II.9.** : solution des déchets du palmiers

### **II.6 Analyse du Rouge Congo par Spectrophotomètre UV-Visible :**

Afin de déterminer la concentration résiduelle en rouge Congo, les échantillons ont été analysé par spectrophotomètre UV-Visible.[12]



**Figure II.10.** : Spectrophotomètre UV-Visible

### **Modalisation des isothermes d'adsorption :**

En mode statique, l'adsorption liquide ou gazeuse sur des matériaux adsorbants, peut être modélisée par plusieurs modèles. De nombreux auteurs ont proposé des modèles théoriques pour décrire la relation entre la masse d'adsorbat fixée à l'équilibre ( $q_e$ ) et la concentration sous laquelle à lieu ( $C_e$ ).[13]

Il s'agit de la relation  $q_e = f(C_e)$ , que l'on appelle isotherme. La quantité de soluté adsorbée par unité de masse d'adsorbant à l'équilibre (mg/g) est exprimée par l'équation suivante :

$$q_e = \frac{x}{m} \quad (\text{II.3})$$

Avec :  $x$  : masse adsorbée à l'équilibre (mg),  $m$  : masse d'adsorbant (g).

En général, la concentration de l'adsorbat retenue par l'adsorbant est calculée par la différence entre la concentration initiale  $C_0$  et la concentration finale  $C_e$ . La quantité du soluté adsorbée à l'équilibre ( $q_e$ ) est donnée par l'équation suivante (Limousin, 2007) :

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \times V \quad (\text{II.4.})$$

Avec :  $V$  : volume de la solution (L) ;  $m$  : masse de l'adsorbant (g) ;  $C_0$  : concentration initiale de l'adsorbat (mg/L) ;  $C_e$  : concentration à l'équilibre de l'adsorbat (mg/L).

Plusieurs modèles ont été proposés pour décrire les isothermes d'adsorption. Parmi les modèles les plus répandus, on distingue :

### **Modèle de Langmuir :**

Le modèle de Langmuir a été proposé en 1916, il est basé sur les hypothèses suivantes :

- La surface du solide est homogène.
- Les molécules adsorbées ne présentent pas d'interaction entre eux.
- Les molécules adsorbées ne peuvent former qu'une couche mono moléculaire.
- L'énergie d'adsorption est constante.

L'isotherme de Langmuir est représentée par l'équation suivante (Langmuir, 1916) :

$$\frac{q_e}{q_m} = \frac{k \times C_e}{(1 + k \cdot C_e)} \quad (\text{II.5.})$$

Des développements de l'équation (I.3) conduisent à des formes linéaires de l'isotherme de Langmuir (Zhou *et al.*, 1998) :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{(k_l \cdot C_e \cdot q_m)} \quad (\text{II.6})$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{(k_L q_m)} \quad (\text{II.7})$$

Avec :  $q_e$  : la capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g) ;  $q_m$  : la capacité d'adsorption maximale (mg/g) ;  $K_L$  : la constante de Langmuir (L/g) ;  $C_e$  : la concentration à l'équilibre de l'adsorbat (mg/L).

La caractéristique essentielle de l'isotherme de Langmuir peut être exprimée par un facteur sans dimensions ( $R_L$ ), appelé aussi facteur de séparation. Il est calculé selon l'équation suivante (Sljivic *et al.*, 2009) :

$$R_L = \frac{1}{1+k_L C_0} \quad (\text{II.8})$$

D'où : lorsque  $0 < R_L < 1$  : les conditions d'adsorption sont favorables, les conditions sont défavorables lorsque  $R_L > 1$ , linéaire pour  $R_L = 1$  et irréversible si  $R_L = 0$  [13]

### Modèle de Freundlich

Le modèle de Freundlich est utilisé dans le cas de formation possible de plus d'une monocouche d'adsorption sur la surface et les sites sont hétérogènes avec des énergies de fixation différentes. D'après Van Bemmelen (1888) et Freundlich (1909), le premier modèle est empirique et basé sur la relation suivante (Freundlich, 1906) :

$$q_e = K_F C_e^n \quad (\text{II.9})$$

La forme la plus courante est donnée par la relation suivante (Zhou *et al.*, 1998):

$$\ln(q_e) = \ln(K_f) + n \ln(C_e) \quad (\text{II.10})$$

D'où :  $K_F$  (mg/g) (L/g)<sup>1/n</sup> est la constante de Freundlich qui est relative à la capacité maximale d'adsorption ( $q_m$ ). La constante adimensionnelle ( $n$ ) donne une indication sur l'intensité de l'adsorption. Il est généralement admis que de faibles valeurs de  $n$  ( $0,1 < n < 0,5$ ) sont caractéristiques d'une bonne adsorption, alors que des valeurs plus élevées révèlent une adsorption modérée ( $0,5 < n < 1$ ) ou faible ( $n > 1$ ) [13]

**Modèle de Temkin :**

Le modèle de Temkin (1940) suppose une décroissance linéaire plutôt que logarithmique (comme dans l'équation de Freundlich) de la chaleur d'adsorption de toutes les molécules de la couche en fonction du taux de recouvrement. Le modèle de Temkin est donné par l'équation suivante:

$$q_e = \left(\frac{R_t}{B}\right) \ln(k_t) + \left(\frac{R_t}{B}\right) \ln(Ce) \quad (II.11)$$

D'ou :  $q_e$  (mg/g) et  $C_e$  (mg/L) sont respectivement la capacité d'adsorption à l'équilibre et la concentration d'adsorbat à l'équilibre. En outre  $T$  est la température absolue (K),  $R$  est la constante des gaz parfaits (8,314 J/mol K),  $K_T$  (L/mg) et  $B$  (J/mol) sont les constantes de Temkin tel que  $K_T$  est une constante d'adsorption et  $B$  est une variation de l'énergie d'adsorption. Si l'équation de Temkin est vérifiée,  $K_T$  et  $B$  sont déterminés à partir de l'ordonnée à l'origine et de la pente du tracé de ( $q_e$ ) en fonction de  $\ln C_e$ , respectivement.[13]

**Tableau II.1.** Différents types des principaux modèles des isothermes d'adsorption.

Modèles	Equation non-linéaire	Equation linéaire
Langmuir	$\frac{q_e}{q_m} = \frac{k \times Ce}{(1 + k Ce)}$	$\frac{Ce}{q_e} = \frac{ce}{q_m} + \frac{1}{(k_l q_m)}$
Freundlich	$q_e = K_f C^n e$	$\ln(q_e) = \ln(K_f) + n \ln(Ce)$
Temkin	$q_e = \frac{R_t}{B} \ln(K_t Ce)$	$q_e = \left(\frac{R_t}{B}\right) \ln(k_t) + \left(\frac{R_t}{B}\right) \ln(Ce)$

# Chapitre III

## Résultats et Discussion

## Chapitre III

### Résultat et Discussions

#### III.1. Introduction

Dans ce chapitre, les résultats expérimentaux sont présentés comme suit : tout d'abord une caractérisation nécessaire des déchets de palmiers à savoir pH, Conductivité, Matière sèche, taux de cendre, Taux de cellulose et analyse par IRTF. Les résultats vont permettre de mieux appréhender l'adsorption du rouge Congo sur les palme, tige et régime de palmiers. Dans ce contexte, des séries d'adsorption sont réalisées, la première sur l'adsorption du rouge Congo sur les déchets de palmiers. Les résultats de capacités d'adsorption du rouge Congo sont discutés et comparés à d'autres matériaux. La modélisation et justification des résultats sont réalisées à partir des modèles de Langmuir et Freundlich et tempkin.

#### III.2. Caractérisation des déchets des palmiers (palm, tige, 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 III.1** Comme on peut constater sur ce tableau, les déchets ont un pH plus tôt acide, des taux d'humidité et de cendre caractéristiques d'un matériau ligno-cellulosique

**Tableau III.1.** Caractérisation des déchets des palmiers

Echantillons	pH	Conductivité (mS. cm <sup>-1</sup> )	Teneur en matière sèche	Humidité
tige	4,24	10,07	29 %	71 %
régime	4,84	7,52	34 %	66 %
palme	4,42	5,41	30 %	70 %

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

### III.3. Spectroscopie Infrarouge IR :

Les spectres Infra-Rouge à Transformée de Fourier (FTIR) des trois échantillons (Tige, régime, palme) sont présentés dans la (figure III.1.). La figure présente les principales bandes IR correspondantes aux vibrations des différents groupements. Le spectre présente une large bande dans la région de  $3000-3500\text{cm}^{-1}$  qui est assignée à la vibration d'élongation (stretching) des groupements hydroxyles OH (de carboxyle, phénols ou alcools) ou lié aux groupements amines (NH). La bande à  $3000-2700\text{cm}^{-1}$  caractérise généralement les vibrations d'élongation C-H aliphatiques (vibration d'élongation de la cellulose et hémicellulose). La bande apparaissant sur le spectre des (Tige régime palme) à  $1700-1400\text{cm}^{-1}$  a été attribuée aux groupements C=O des acides carboxyliques, groupes acétate ( $\text{COO}^-$ ), cétones, aldéhydes ou lactones. Le pic à  $1000\text{cm}^{-1}$

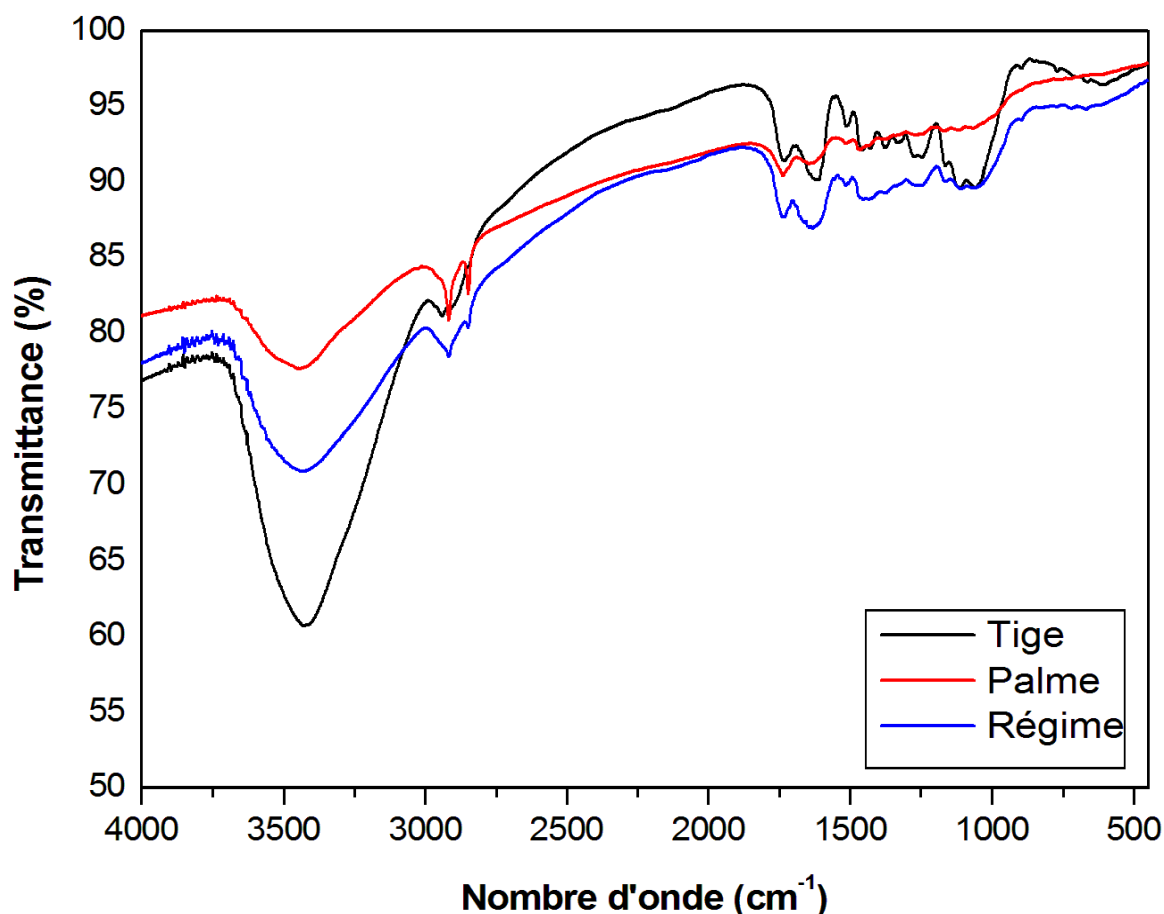


Figure III.1 : Le spectre Infrarouge sur déchets des palmier



### III.4. Résultats des essais d'adsorption sur les (Tige, régime, palme) :

#### III.4.1. Effet de la dose d'adsorbant :

La dose d'adsorbant est l'un des paramètres qui influe fortement sur le processus d'adsorption, elle joue un rôle important dans la capacité d'adsorption. Pour évaluer l'effet de la dose d'adsorbant sur l'efficacité de l'adsorption des déchets de palmiers et de déterminer la valeur optimale de cette dernière, des expériences d'adsorption ont été faites dans un intervalle de 20 à 100 g L<sup>-1</sup> et les résultats obtenus sont regroupés dans la figure III.3. Nous constatons que le taux d'élimination ( $R$ ) augmente avec l'augmentation de la dose d'adsorbant, par contre la capacité d'adsorption ( $q_e$ ) diminue. Dans (le tableau III.3).de la capacité d'adsorption des déchets de palmiers par le rouge Congo préparé peuvent être attribués aux groupes

**Tableau III.2.** Taux d'élimination et la capacité d'adsorption des déchets de palmiers

Echantillons	R (%)	Q (mg/g)
Tige	96,5248849	19,304977
	95,88303	38,353212
	95,6352774	57,3811664
	95,2963988	76,2371191
	95,0058101	95,0058101
Régime	94,6248959	18,9249792
	94,7252028	37,8900811
	94,8505445	56,9103267
	94,937733	75,9501864
	94,9626178	94,9626178
Palme	89,8635168	17,9727034
	90,4585069	36,1834028
	91,5257984	54,9154791
	100	80
	100	100

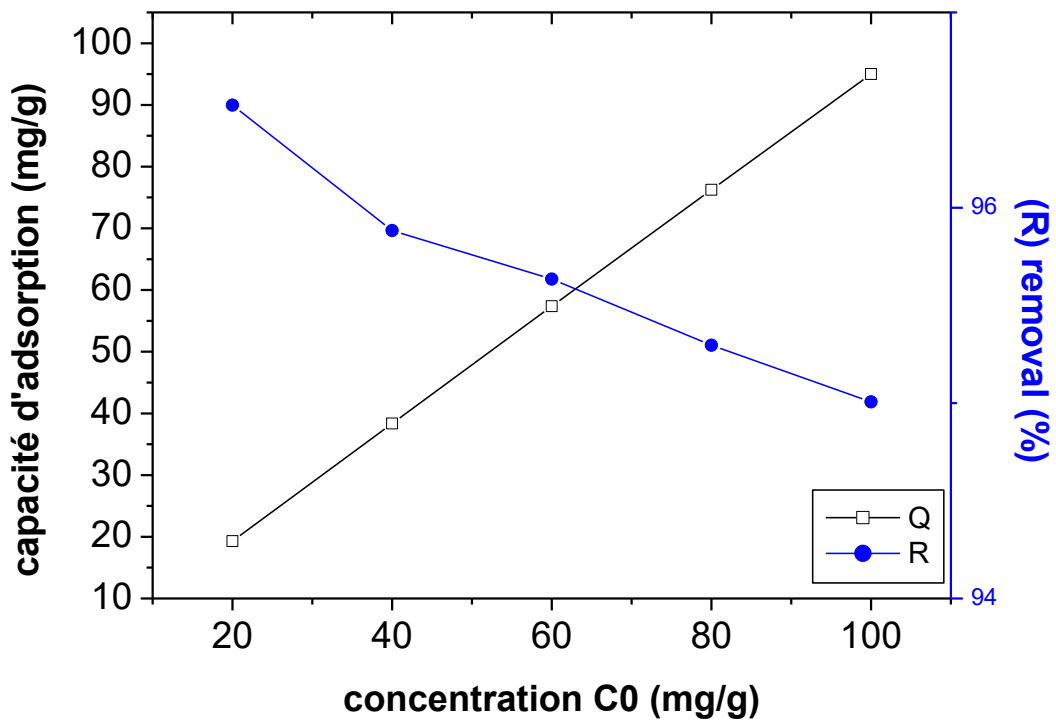


Figure III.2. Effet de la dose du rouge congo préparé sur l’adsorption des Tige

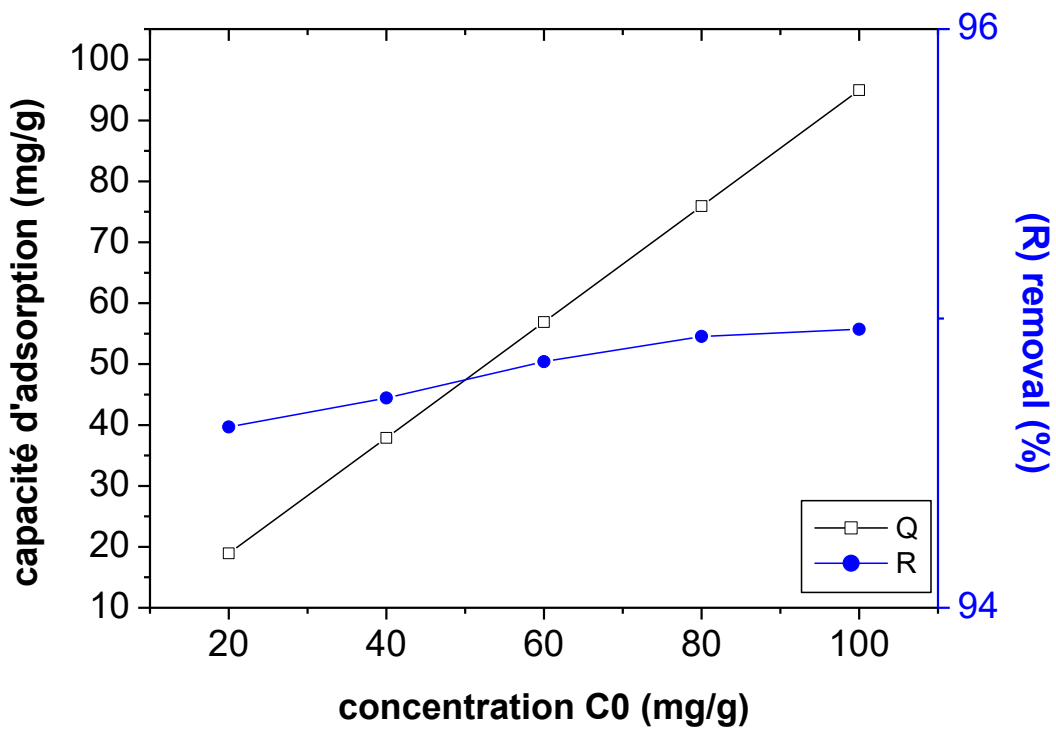
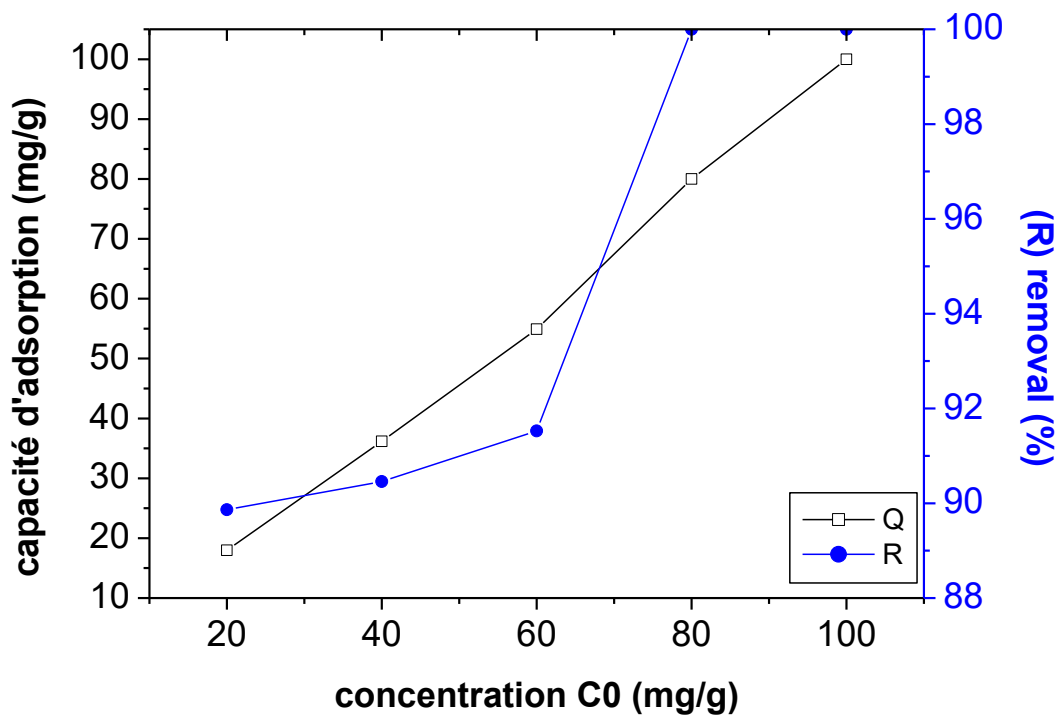


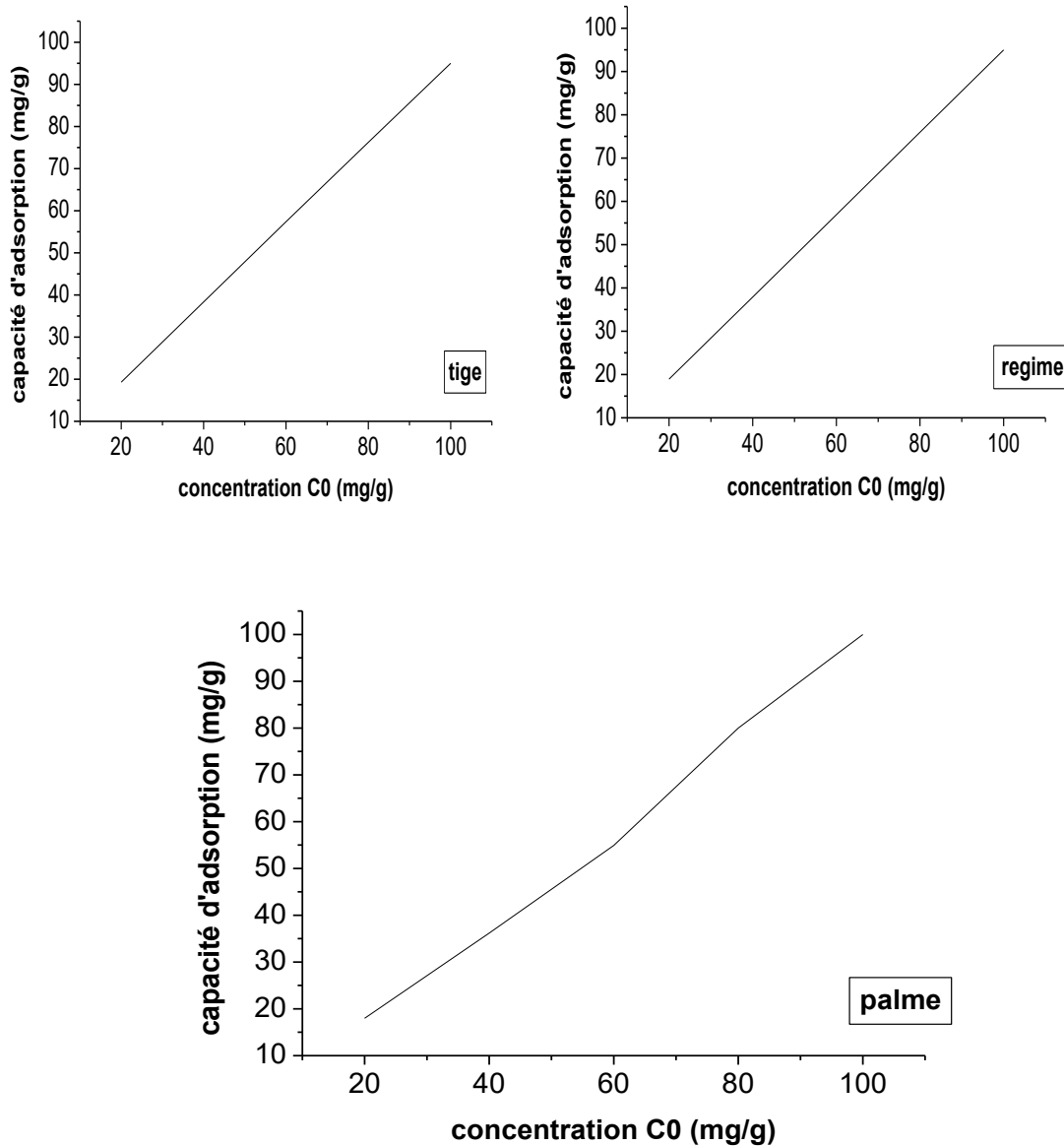
Figure III.3. : Effet de la concentration initiale sur l’adsorption du rouge Congo par les régime



**Figure III.4.** : Effet de la concentration initiale sur l’adsorption du rouge Congo par les palme

### III.4.2. Effet de la concentration initiale :

Pour étudier l’effet de la concentration initiale sur l’adsorption des déchets de palmiers, nous avons fait varier la concentration initiale dans l’intervalle de 20 à 100 mg L<sup>-1</sup> en maintenant la dose de l’adsorbant à 0,05 g et la température à 25 °C. Les résultats obtenus sont illustrés dans la(figure III.5. On remarque que la capacité d’adsorption des déchets de palmier 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 20 à 100 mg/L.



**Figure III.5.** : Effet de la concentration initiale sur la capacité d’adsorption du dechet du palmiers (tige ,régime , palme )

L’augmentation de la capacité d’adsorption de déchets du palmier est le résultat de l’occupation de la surface et des sites libres, inaccessibles à de faibles concentrations de déchets du palmier dans la solution et elle pourrait être attribuée aussi au rapport des sites actifs disponibles d’adsorption au nombre de moles initial de déchets du palmier. En plus, l’augmentation de la concentration provoque l’élévation de la force d’entraînement du gradient de concentration donc l’augmentation de la diffusion des déchets du palmier en solution dans la surface du rouge Congo

### III.4.3. Etude des isothermes 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 (Peng *et al.*, 2010). 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 (Qihong *et al.*, 2007). De plus, l'isotherme permet de donner des informations sur le mode d'adsorption (adsorption en monocouche ou en multicouches).

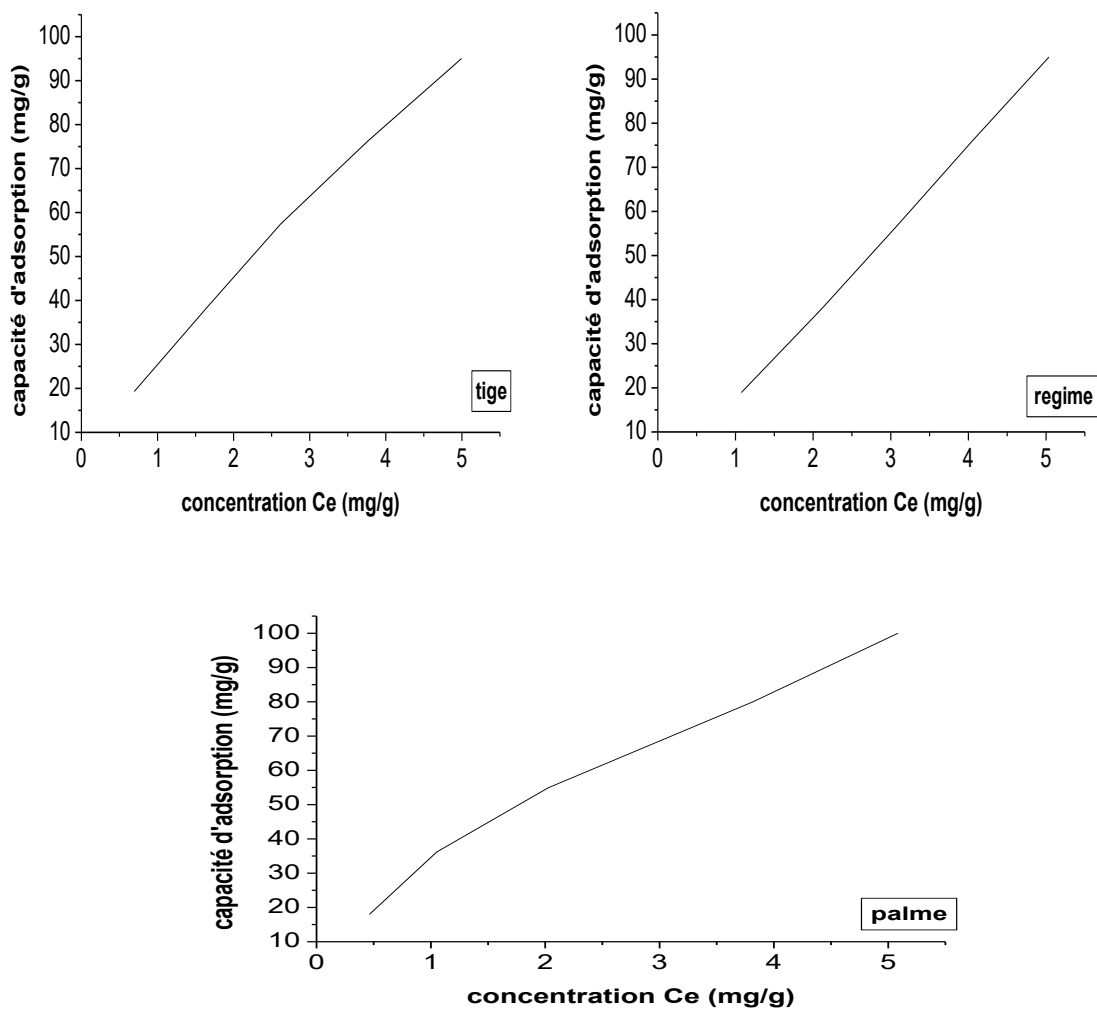


Figure III.6 : Isotherme d'adsorption des déchets des palmiers sur le rouge Congo préparé.

Dans cette étude, l'effet de la concentration initiale des déchets du palmaire sur la capacité d'adsorption ( $q_e$ , mg g<sup>-1</sup>) par rouge Congo préparé, a été étudié dans une gamme de

concentration initiale (20-100 mg L<sup>-1</sup>). L'isotherme d'adsorption construit à température ambiante (25 ± 1 °C) est représentée sur la figure III.6. L'isotherme d'adsorption des déchets du palme montre une forme L selon la classification de Giles, indiquant une affinité relativement élevée entre l'adsorbat et l'adsorbant. La valeur maximale de la capacité d'adsorption à l'équilibre est 34.49 mg g<sup>-1</sup>

### 4.3.1. Modèle de Langmuir :

Tableau III.4 :. Modèle de Langmuir sur des déchets de palmiers

Echantillons	C <sub>0</sub> (mg/l)	C <sub>e</sub> (mg/l)	Q (mg/g)	C <sub>e</sub> /Q
Tige	20	0,69502302	19,304977	0,03600227
	40	1,64678799	38,353212	0,04293742
	60	2,61883359	57,3811664	0,04563925
	80	3,76288095	76,2371191	0,0493576
	100	4,99418987	95,0058101	0,0525672
Régime	20	1,07502083	18,9249792	0,05680433
	40	2,10991888	37,8900811	0,05568526
	60	3,08967332	56,9103267	0,05429021
	80	4,04981364	75,9501864	0,05332197
	100	5,03738215	94,9626178	0,05304595
Palme	20	0,4628371	19,5371629	0,02369009
	40	1,05163341	38,9483666	0,02700071
	60	2,02729665	57,9727034	0,03496985
	80	3,81659724	76,1834028	0,05009749
	100	5,08452094	94,9154791	0,05356893

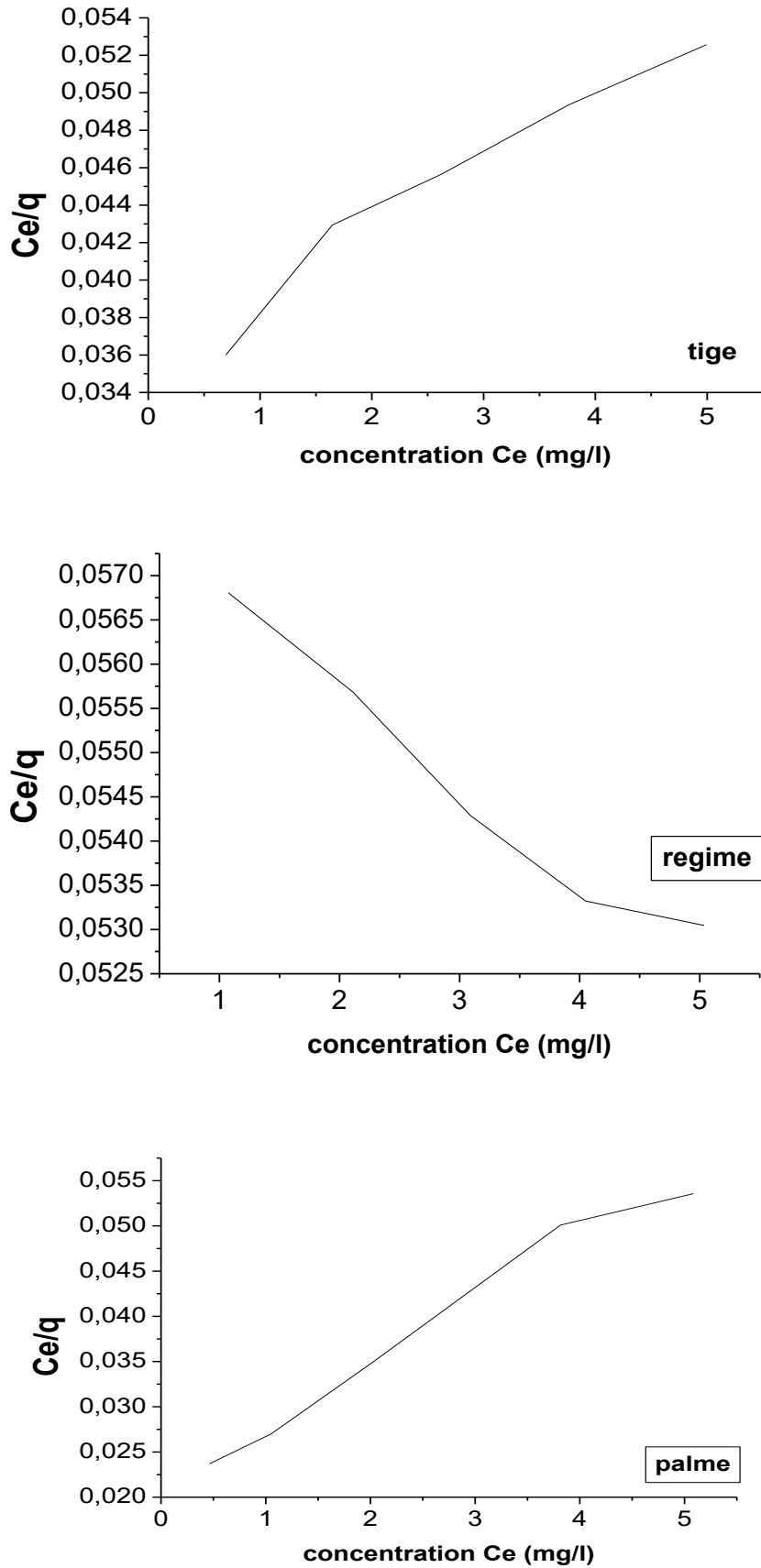
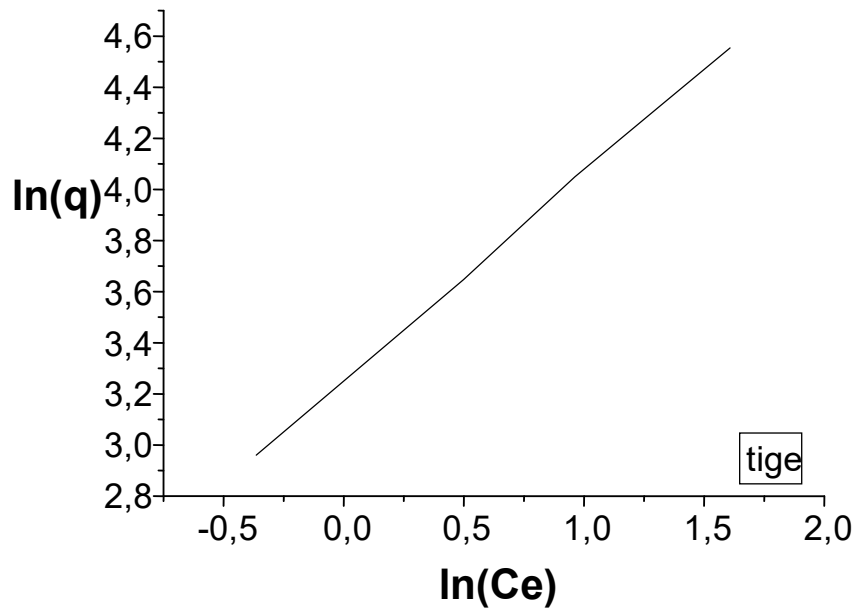


Figure III.6 : graphe model Langmuir des déchets du palmiers (tige, régime, palme)

**4.3.2. Modèle de Freundlich :**

**Tableau III.5. :** Modèle de Freundlich sur des déchets de palmiers

Echantillon	ln(Q)	ln(Ce)
Tige	2,96036294	-0,36381031
	3,64683828	0,49882671
	4,04971614	0,96272902
	4,33384847	1,32518487
	4,55393805	1,60827521
Régime	2,9404827	0,07234004
	3,63468937	0,7466495
	4,04147681	1,12806536
	4,33007768	1,39867086
	4,55348332	1,61688653
Palme	2,97231844	-0,77038013
	3,66223684	0,05034459
	4,05997227	0,7067032
	4,33314363	1,33935925
	4,5529868	1,62620081





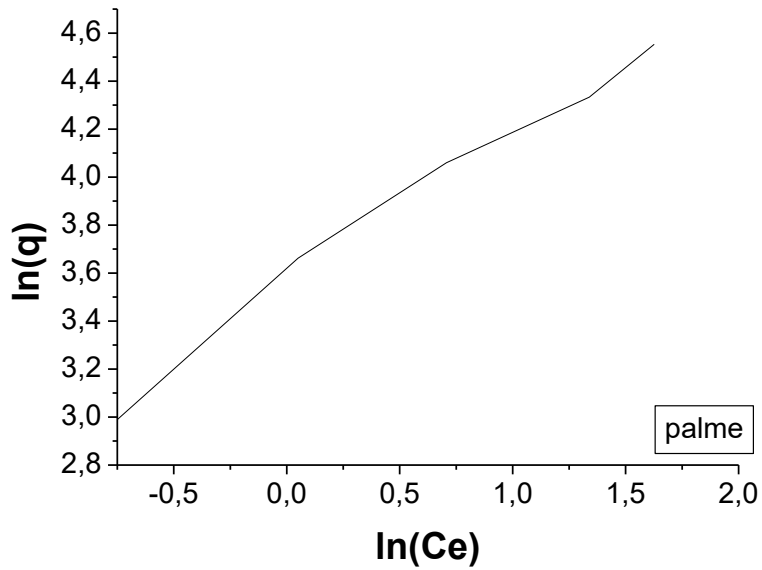
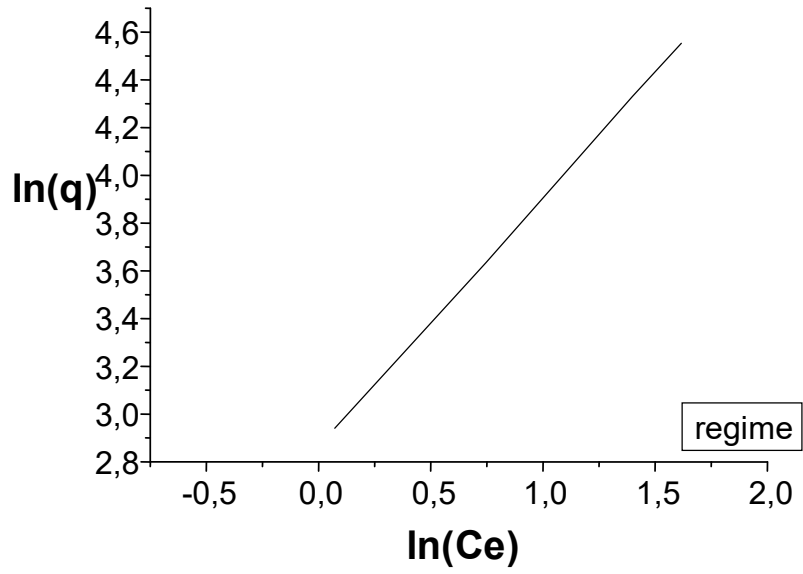
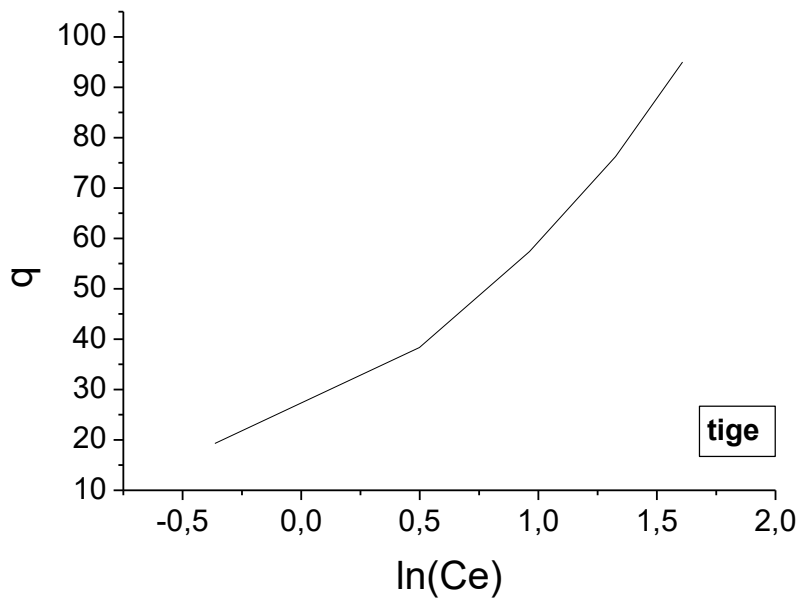


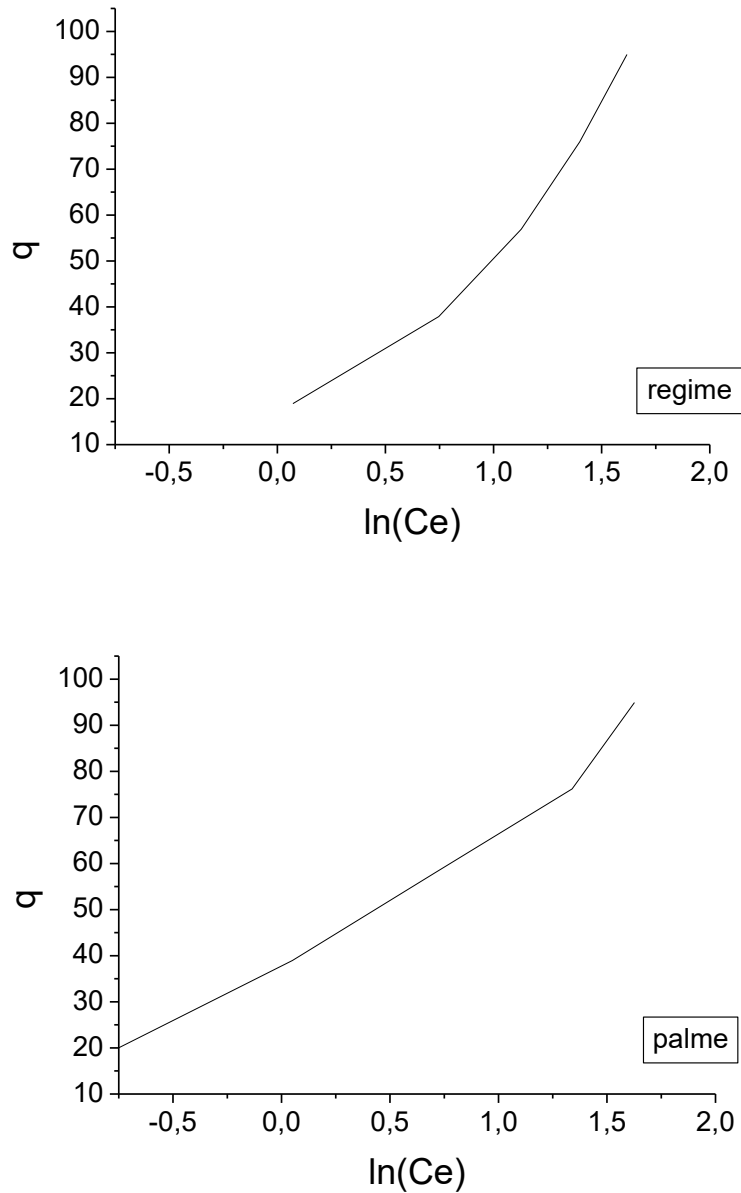
Figure III.7. : graphe model Freundlich des déchets du palmiers (tige, régime ,palme )

**4.3.3 Modèle de Tempkin :**

**Tableau III.6.** Modèle de tempkin sur des déchets de palmiers

Echantillons	Q (mg/g)	ln(Ce)
<b>Tige</b>	19,304977	-0,36381031
	38,353212	0,49882671
	57,3811664	0,96272902
	76,2371191	1,32518487
	95,0058101	1,60827521
<b>Régime</b>	18,9249792	0,07234004
	37,8900811	0,7466495
	56,9103267	1,12806536
	75,9501864	1,39867086
	94,9626178	1,61688653
<b>Palme</b>	19,5371629	-0,77038013
	38,9483666	0,05034459
	57,9727034	0,7067032
	76,1834028	1,33935925
	94,9154791	1,62620081





**Figure III.8. :** graphe model tempkin des déchets du palmiers (tige, régime, palme)

Plusieurs lois ont été proposées pour décrire ces isothermes d'adsorption, et de nombreux modèles ont été développés pour caractériser les processus impliqués. Les résultats expérimentaux ont été analysés selon différents modèles : Langmuir, Freundlich, Temkin Les différentes isothermes d'adsorption des déchets de palmiers sur le rouge Congo sont illustrées graphiquement dans les figure A partir de la figure, nous pouvons remarquer que les modèles d'adsorption sont concordants avec les données expérimentales selon l'ordre suivant: Freundlich > Langmuir > 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 III.7).

**Tableau III.7** : Les paramètres d'adsorption pour les différents modèles étudiés

Model	Paramètres d'adsorption			
Modèle de Langmuir	échantillon	$Q_{max}$ (mg g <sup>-1</sup> )	$K_L$ (L mg <sup>-1</sup> )	$R^2$
	Tige	270,27027	0,10481586	0,9526
	Régime	-1000	-0,01733102	0.9609
	Palme	144,927536	0,33333333	0.9788
Modèle de Freundlich	échantillon	$N$	$K_F$ (mg g <sup>-1</sup> ) (L g <sup>-1</sup> ) <sup>1/n</sup>	$R^2$
	tige	1,23092073	25,8911186	0,9997
	Régime	0,95501862	17,4755017	0.9999
	Palme	1,57282164	34,4910545	0,9852
Modèle de Temkin	Echantillon	$B$ (J mol <sup>-1</sup> )	$K_T$ (L mg <sup>-1</sup> )	$R^2$
	Tige	37,642	2,04385924	0,9493
	Régime	48,044	1,21214101	0,9452
	Palme	30,2	3,72068312	0,9782

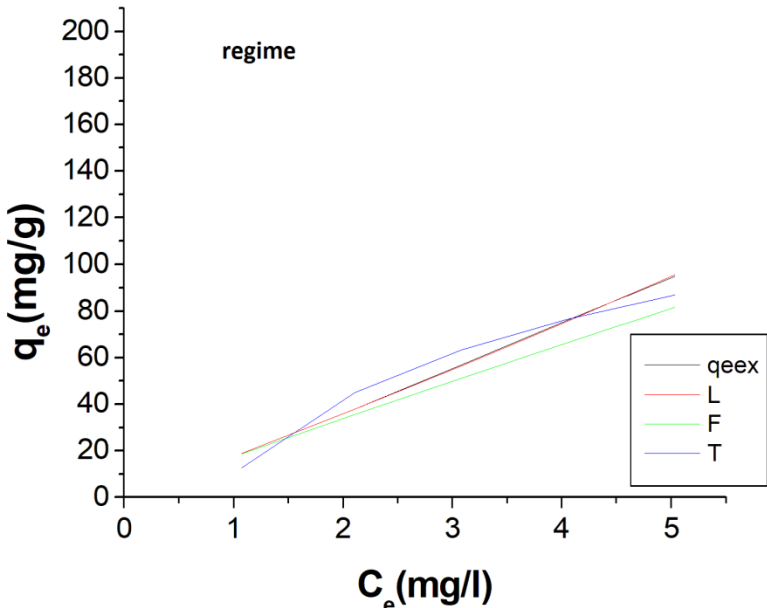
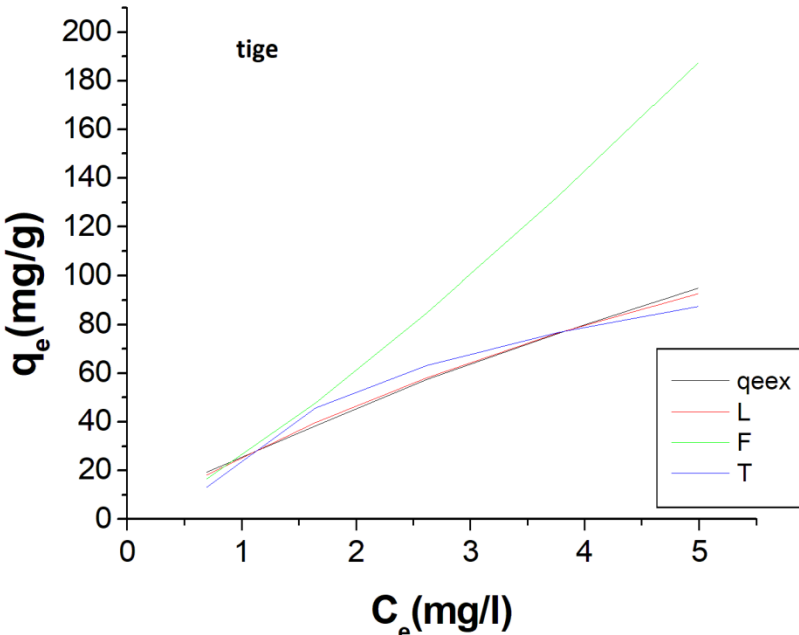
D'après les résultats, nous pouvons observer que le modèle de Freundlich possède la plus grande valeur du coefficient de détermination par rapport aux autres isothermes ce qui suggère que l'adsorption des ions de déchets de palmiers sur la surface du rouge Congo est une adsorption multicouche. La valeur de la constante de Freundlich ( $n$ ) indique la faisabilité du processus d'adsorption. D'après l'isotherme de Langmuir, la capacité d'absorption maximale des déchets de palmiers sur rouge Congo était La capacité d'adsorption maximale ( $Q_{max}$ )

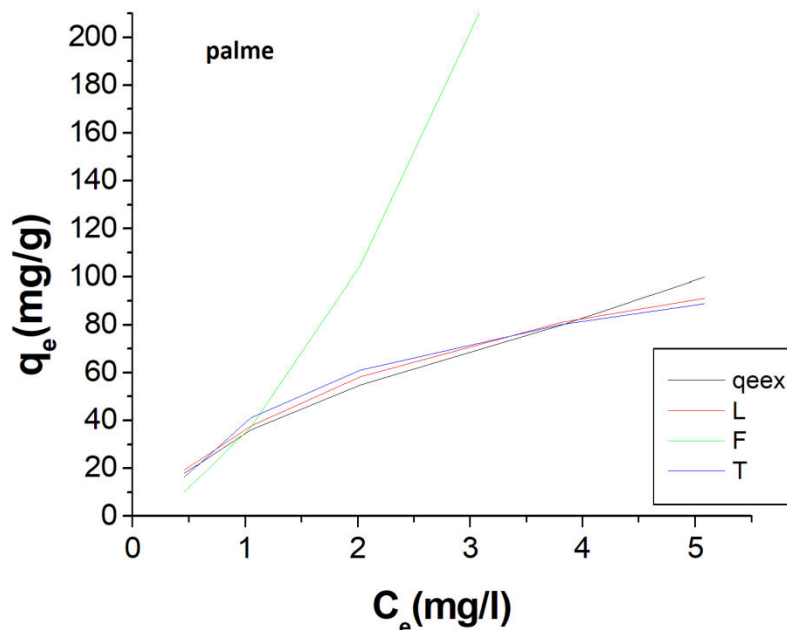
### 5. Les différentes isothermes d'adsorption des déchets du palmiers :

Les différentes isothermes d'adsorption des déchets du palmiers sur le rouge Congo sont illustrées graphiquement dans la figure III.9. A partir de la figure, nous pouvons remarquer que les modèles d'adsorption sont concordants avec les données expérimentales selon l'ordre suivant: Langmuir > Temkin > Freundlich.

**Tableau III.8 : Capacité adsorption théorique**

Echantillon	Modèle	Modèle	Modèle
	Langmuir	Freundlich	temkin
Capacité adsorption théorique			
<b>Tige</b>	18,3520968	16,5449074	13,2134523
	39,784102	47,842585	45,6848351
	58,209644	84,6853913	63,1470458
	76,4461099	132,303368	76,7906089
	92,8659131	187,458839	87,4466954
<b>Régime</b>	18,9849195	18,7254972	12,7186047
	37,9549465	35,6541009	45,1151285
	56,5767141	51,3222008	63,4398722
	75,4855346	66,4571059	76,4408429
	95,6538348	81,8556019	86,9247965
<b>Palme</b>	19,3707738	19,3707738	16,4145201
	37,6170824	37,6170824	41,2004066
	58,4431576	58,4431576	61,0224368
	81,1445931	81,1445931	80,1286494
	91,1478948	91,1478948	88,7912646





**Figure III.9 :** Différentes isothermes d’adsorption des déchets du palmier sur le rouge Congo

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 des déchets du palmiers sur la surface du rouge Congo est une adsorption multicouche. La valeur de la constante de Freundlich ( $n$ ) indique la faisabilité du processus d’adsorption

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, il a été mis en évidence les différentes données concernant la technique d’adsorption choisie. Les mécanismes et leurs modélisations sont décrits afin de mieux appréhender et expliquer les résultats obtenus dans nos différents essais caractérisant ce type d’étude.

L’étude d’adsorption du RC par les déchets du palmier à partir des solutions aqueuses a été effectuée. Les paramètres expérimentaux optimisés pour l’adsorption des déchets du palmiers sont un pH, la dose d’adsorbant, conductivité, la concentration initiale. Les données des isothermes d’équilibre étaient en bon accord avec le modèle de Freundlich, Langmuir et Tempkin.

Les résultats obtenus montrent que le biomatériau préparé à partir des palmes a une capacité d'adsorption maximale (34,49 mg/g) mieux que celle préparé à partir du régime et tige.

La comparaison des résultats obtenus avec ceux de la littérature montre que le Rouge Congo issu des boues d'épuration est un support très intéressant pour l'adsorption des déchets du palmiers à partir des solutions aqueuses.



# Conclusion générale

## **Conclusion générale :**

Le travail présenté dans ce mémoire avait pour objet une aide à la décision en matière de gestion des déchets du palmier dattier d'Adrar d'analyse de la problématique de gestion des déchets du palmier dans la région d'Adrar.

La région d'Adrar est une région à vocation phoenicicole, les activités socioprofessionnelles dépendant directement ou indirectement du palmier dattier.

Les sous-produits ou les déchets obtenus ont des avantages que si on l'utiliser beaucoup sur le plan financier, sanitaire et préservation de l'environnement. Ces produits de terroirs possèdent une originalité profonde dans les coutumes, les traditions et les habitudes de la région locale.

Cette étude révèle que chaque palmeraie produit des quantités considérables dont des tonnages appréciables est perdus annuellement (89 161 tonnes des déchets au niveau de la wilaya d'Adrar).

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 humidité, la concentration. Différents modèles mathématiques tels que (Langmuir, Freundlich, Temkin) ont été étudiés afin de modéliser le procédé d'adsorption.

Enfin, il est intéressant d'élargir cette étude par des essais d'adsorption supplémentaires sur d'autres paramètres et de faire une étude comparative entre différents supports tels que les déchets des palmiers utilisant d'autres méthodes de caractérisation pour mieux contrôler la structure de nos déchets et aussi de faire une optimisation des paramètres opératoires par utilisation des plans d'expérience.

## **Références bibliographiques :**

[1] Farah MOKEDDEM, Caractérisation morphologique et biochimique de quelque Cultivars du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) dans la région de Foughala, Mémoire magister, Wilaya du Biskran, 2019/2020.

[2] Melle DJOUDI Imene Contribution à l'identification et à la caractérisation de quelques accessions du palmier dattier (Phoenix Dactylifera.l) dans la région de Biskra Mémoire magister .2012/2013

[3]Munier P, 1973. Le Palmier Dattier. Éd.G.-P. Maisonneuve et Larose. Paris.

[4] ALMI Kenza: Génie Mécanique Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmier dattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie. Doctorat en sciences 2018/2019

[5] Hadji Fatima Proposition de modèle de caractérisation numérique chez quelques cultivars du palmier dattier . Mémoire de master.2019/2020

[6] Slimani Abdelaziz et Salhi Boudjemaa Caractérisation et Quantification des déchets du palmier dattier dans la région d'Adrar mémoire de master.2018/2019

[7] livre Les fabriques de pâtes et papiers au Québec Procédés, rejets et réglementation

[8] BEKAKRA Khaoula Etude de l'élimination du colorant Rouge Congo par l'adsorption sur charbon actif . mémoire de master 2016/2017

[9] Dihmani Mohammed Bahmid Abderrahmane Caractérisation et évaluation de la diversité du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) dans la région d'Adrar Cas : Oasis de Tamentit mémoire de master.2017/2018

[10] mémoire du magistère la caractérisation des palmiers dattiers males dans la région de ouargla en vue d'une sélection qualitative

## Références bibliographiques

[11] ALMI Kenza Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmier dattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie. Thèse doctorat.08/04/2018

[12] livre first is on date palm. acta hort 994,ishs 2013

[13] Omar KHELIFI Etude de l'adsorption du nickel et du cuivre sur un charbon actif préparé à partir des boues de station d'épuration . thèse doctorat 2017/2018

[14] mémoire master Etude de l'élimination du colorant Rouge Congo par l'adsorption sur charbon actif

[15] Melle Sana NOUACER Application des tiges de dattes dans l'adsorption de métaux toxiques de l'eau thèse doctorat.2014/2015