

Université KASDI-MERBAH Ouargla

Faculté des sciences appliquées

Département de Génie des Procédés



Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies.

Filière : Sciences et Génie de l'Environnement.

Spécialité : Génie des Procédés de l'Environnement.

Présenté par : **HAMDOUD Amira** et **SALHI Abir**.

Thème :

Etude bibliographique sur l'adsorption de quelques colorants par des bio-adsorbant.

Soutenu publiquement le : 01/10/2020

Devant le jury composé de :

Mr. BACHA Oussama	MCA	Président	UKM Ouargla.
Mr. LESSOUED Ridha	MCB	Examineur	UKM Ouargla.
Mr. BEN ABDESALEM Soulaf	MCA	Rapporteur	UKM Ouargla.

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Nous tenons tous d'abord à remercier le Bon Dieu de nous avoir accordé la foi, le courage, la volonté, et le bon entourage afin d'accomplir dans les meilleures conditions ce modeste travail.

*Nous tenons à remercier vivement notre encadreur M^{me} **Ben Abdesslam Soulaf**, professeur dans département de génie des procédés, pour la confiance qu'ils nous ont accordé en acceptant de nous encadrer et pour les précieux conseils nous a donné pour l'élaboration de ce travail.*

Nous remercions, les professeurs d'avoir accepté de présider les jurys, nous lui en sommes très reconnaissant.

Nous remercions le responsable de laboratoire qui nous a donné toute assistance pour réaliser ce travail.

*Nous exprimons notre gratitude au chef de département Monsieur **Tabchoche Ahmed**, et à tous mes enseignants qui ont contribué à notre formations depuis l'école primaire jusqu'aux études universitaires.*

Enfin nous remercions, tous les amis, les collègues et toutes les personne qui nous ont encouragé et soutenu de près ou loin durant la réalisation de notre travail.

Merci à tous et toutes...

Dédicace

Papa « Youcef », Maman « Nafissa »

Heureusement, vous êtes là, pour veiller sur nous chaque jour, et nous apprendre à voler de nos propres ailes, mais toujours indispensable à notre équilibre.

Avec toute mon admiration, mon amour et ma tendresse un très grand merci, pour votre sacrifice et votre soutien. Je vous aime beaucoup....

A mes adorables sœurs : Ilham, Lamia et mes beaux frères Mohamed Amine, Salah, Fateh et les petits Halima et Lahachmi.

A une personne spéciale: Ahmed Hafiane.

Je n'ai pas toujours su vous dire très adroitement comme vous êtes indispensable dans ma vie et comme je vous aime.

A tous mes aînés, toute la famille et toutes les personnes qui me connaissent.

Abir

Dédicace

Je dédie ce travail

*A mon cher père, à qui je souhaite une très longue vie,
pleine de joie, de bonheur et de prospérité.*

*A ma très chère mère à qui, de devrai toute la
reconnaissance, pour tout ce qu'elle a fait et donné pour moi,
depuis mon naissance, jusqu'à ce que je pouvais atteindre ce
niveau-là,*

*mes sœurs (Iman et Nesrine) mes frères (Rabie et
Mohamed) sur tous les petites (Abdel moujib et Meriam). Et
tous les membres des familles (Hamdoud) et (Touazi) sans
oublier les amies et camarades avec les quels j'avais partagé
des moments inoubliables.*

Amira

Sommaire

-Liste des tableaux.	
-Liste des figures.	
-Liste des abréviations.	
-Introduction général.....	1
<u>Partie A: Partie théorique</u>	
<u>Chapitre I : Généralité sur les déchets et la pomme de terre</u>	
1- Définition d'un déchet.....	3
2- Différentes classes des déchets.....	3
3- Impacte des déchets.....	3
4- La gestion des déchets	3
4-1- Valorisation par l'alimentation animale	4
4-2- Valorisation par compostage	4
4-3- Valorisation par méthanisation	4
4-4- Valorisation en Algérie	4
5-Pomme de terre	6
5-1- Description botanique.....	6
5-2- description morphologique	7
6- Les éplucheurs de pommes de terre	8
6-1- La forme	8
6-2- La couleur	8
6-3- Composition chimique du tubercule	9
6-4- Exigences écologiques de la pomme de terre	9
6-4-1- Exigence climatiques	9
6-4-2- Exigence édaphique	10
7-La filière de la pomme de terre en Algérie	10
7-1- Différentes variétés cultivées en Algérie	12
7-2- Principales régions productrices	12
7-3-Dates de plantation de la pomme de terre	13
<u>Chapitre II : L'adsorption</u>	
1-Le phénomène d'adsorption	15

1-1-Bref historique sur le phénomène d'adsorption	15
1-2-Généralité sue l'adsorption	15
1-3-Définition de l'adsorption	16
1-4-Principe de l'adsorption	16
1-5-Application de l'adsorption	16
1-6- Mécanisme d'adsorption	17
1-7- Type d'adsorption	18
a- Adsorption physique (physisorption)	18
b- Adsorption chimique (chimisorption)	18
2- Facteur influençant l'équilibre d'adsorption	19
2-1- La température de milieu	19
2-2- Le PH de la solution	19
2-3- La masse d'adsorption	19
2-4- La concentration initiale d'adsorbat	19
2-5- Le tempe d'équilibre	19
2-6- Facteur caractérisant l'adsorbat	19
2-7- Facteur caractérisant l'adsorbant	19
3- Choix de l'adsorption	20
4- Les isothermes d'adsorption	20
5-Modèles d'isothermes	21
5-1- Isothermes de Freundlich	21
5-2- Isothermes de Langmuir	22
6- Cinétique d'adsorption	23
6-1- Modèle cinétique pseudo-première ordre (modèle lagergren)	23
6-2- Modèle de la cinétique pseudo-deuxième ordre	23
6-3- Modèle de la diffusion intro particulaire	23
<u>Chapitre III : Généralité sur les colorants</u>	
1-Introduction.....	25
1-1- Définition d'un colorant	25
1-2- Procédés de traitement des colorants	25
a-Traitement Physique	26

b-Traitement Chimique	26
c-Biologique	26
2- Classification d'un colorant	26
2-1- Classification chimique.....	26
2-2- Classification selon le domaine d'application	28
3- Généralité sur LE ROUGE CONGO	30
3-1- Définition et caractéristiques	30
3-2-Dangers de ROUGE CONGO	31
3-3- Domaine d'utilisation de ROUGR GONGO	32
<u>Chapitre IV : Etudes précédentes</u>	
1-Valorisation des pelures des pommes de terre pour le traitement des eaux des rejets textiles	34
1-1-Introduction.....	34
1-2-Résultats	34
1-3-Conclusion	37
2-Valorisation du bois des noyaux des dattes d'une variété de palmier de la région de Tinghir (Maroc): Application à l'élimination de BM	38
2-1-Introduction.....	38
2-2-Résultats	38
2-3-Conclusion	41
3-Étude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de Cactus.....	42
3-1-Introduction.....	42
3-2-Résultats	42
3-3-Conclusion	45
4-Application des tiges de dattes dans l'adsorption de polluants organiques.....	46
4-1-Introduction.....	46
4-2-Résultats	46
4-3-Conclusion	49
5-Adsorption d'un colorant basique BM en solution aqueuse, sur un bioadsorbant issu de déchets agricoles de Cucumeropsis mannii Naudin.....	50
5-1-Introduction.....	50
5-2-Résultats	50
5-3-Conclusion	52

6-Adsorption des colorants Bleu de méthylène et Rouge congo en milieu aqueux par l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre.....	53
6-1-Introduction.....	53
6-2-Résultats	53
6-3-Conclusion	58
7-Adsorption du méthyl orange sur un biosorbant à base de noyaux de mangue.....	59
7-1-Introduction.....	59
7-2-Résultats	59
7-3-Conclusion	61
-Conclusion général.....	63
-Références bibliographiques	
-Résumé	

Liste des abréviations

GES : Gaz à effet de serre.

EPT : Epluchures de pomme de terre.

ITCMI : Institut des techniques des cultures maraîchères et industrielles.

RC : Rouge Congo.

BT : Bleu turquoise.

BM : Bleu de méthylène.

PCN : Point de charge nulle.

ND : Noyaux des dattes.

BA: Bioadsorbant.

BCM: Bioadsorbant cucumeropsis manni naudin.

TD: Tiges de dattes.

dTD: Diamètre de tiges de dattes.

Liste des tableaux

<u>Chapitre I</u>	
<u>Tableau I-1:</u> Composition chimique des pelures de pomme de terre.....	9
<u>Chapitre II</u>	
<u>Tableau II-1:</u> Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique.....	18
<u>Chapitre III</u>	
<u>Tableau III-1:</u> Principales caractéristiques physico-chimiques du Rouge Congo.....	31
<u>Chapitre VI</u>	
<u>Tableau IV-1:</u> Différents modèles d'isotherme.....	35
<u>Tableau IV-2:</u> Paramètres des différentes isothermes étudiées.....	35
<u>Tableau IV-3:</u> Paramètres thermodynamiques de l'adsorption du BT sur les EPT.....	36
<u>Tableau IV-4:</u> Les paramètres caractéristiques des modèles d'adsorption.....	41
<u>Tableau VI-5:</u> Caractérisation des tiges de dattes.....	46
<u>Tableau IV-6:</u> Rendements de décoloration obtenus avec les deux substrats végétaux.....	54

Liste des figures

<u>Chapitre I</u>	
<u>Figure I-1:</u> Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre.....	8
<u>Chapitre II</u>	
<u>Figure II-1:</u> Schéma simplifié du principe d'adsorption en phase liquide sur une particule de charbon actif.....	17
<u>Figure II-2:</u> Les isothermes d'adsorption en phase liquide.....	21
<u>Chapitre IV</u>	
<u>Figure IV-1:</u> Isotherme d'adsorption du BT sur les EPT.....	34
<u>Figure IV-2:</u> Equation de Van't Hoff de l'adsorption du BT sur les EPT.....	36
<u>Figure IV-3:</u> Effet du temps sur le rendement d'adsorption.....	38
<u>Figure IV-4:</u> Effet de la masse d'adsorbant sur l'adsorption.....	39
<u>Figure IV-5:</u> Effet du pH de la solution sur d'adsorption.....	39
<u>Figure IV-6:</u> Effet de la concentration initiale BM sur la quantité adsorbée.....	40
<u>Figure IV-7:</u> Effet de la température sur l'adsorption.....	40
<u>Figure IV-8:</u> Effet de la taille des particules du Cactus sur la cinétique d'adsorption du BM.....	42
<u>Figure IV-9:</u> Cinétique d'adsorption du BM.....	43
<u>Figure IV-10:</u> Effet du pH sur l'adsorption du BM par le Cactus.....	44
<u>Figure IV-11:</u> Effet de la température sur l'adsorption du colorant BM par le Cactus.....	44
<u>Figure IV-12:</u> Isotherme d'adsorption du Bleu Méthylène.....	45
<u>Figure IV-13:</u> Aspects de la tige de dattes et des tailles de grains obtenus par broyage et tamisage.....	47
<u>Figure VI-14:</u> Influence de la masse sur l'adsorption du RC et du BM.....	47
<u>Figure IV-15:</u> Influence du temps de contact et de la concentration initiale sur l'adsorption du RC et du BM sur les tiges de dattes.....	48
<u>Figure IV-16:</u> Influence du pH sur l'adsorption du RC et du BM sur les tiges de dattes.....	48
<u>Figure IV-17:</u> Influence de la température sur l'adsorption du RC et du BM sur les tiges de dattes.....	49
<u>Figure IV-18:</u> Evolution de Qm en fonction de la masse de BA.....	51

<u>Figure IV-19:</u> Evolution de la concentration réduite de BM en fonction du temps pour différentes masses de Bioadsorbant.....	51
<u>Figure IV-20:</u> Evolution de la concentration réduite en fonction du temps différents PH.....	52
<u>Figure IV-21:</u> Concentration résiduelle des colorants BM et Rouge congo en fonction de la masse de l'adsorbant.....	54
<u>Figure IV-22:</u> Décoloration des solutions aqueuses de Bleu de méthylène et Rouge congo par l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre en fonction du PH.....	55
<u>Figure IV-23:</u> Effet du temps de contact sur l'adsorption des colorants BM et Rouge congo par l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre.....	56
<u>Figure IV-24:</u> Effet de la concentration initiale du colorant BM sur la décoloration.....	57
<u>Figure IV-25:</u> Effet de la vitesse d'agitation sur l'adsorption du colorant Bleu de méthylène par l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre.....	57
<u>Figure IV-26:</u> Effet de la concentration initiale de méthylorange sur la capacité d'adsorption du biosorbant.....	59
<u>Figure IV-27:</u> Effet de la masse du biosorbant sur le taux d'élimination du biosorbant.....	60
<u>Figure IV-28:</u> Effet du temps de contact sur l'adsorption de méthylorange par le biosorbant préparé.....	60
<u>Figure IV-29:</u> Effet de la température sur l'adsorption du méthylorange.....	61

Introduction
générale

Introduction générale

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les microorganismes. Pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau[1].

Depuis la plus haute antiquité l'homme a tenté d'inclure des colorants dans de nombreux industries tel que : textile, papèterie, cosmétique et alimentaire. Due à leur facilité de synthèse et leur rapidité de production, les colorants synthétiques sont les plus utilisés. En outre la majorité de ces colorants sont toxiques et provoquent beaucoup de problèmes sur l'environnement et sur la santé humaine, d'où l'intérêt de traitement des eaux usées issues de ces industries [2].

La protection de l'environnement est devenue une préoccupation majeure de notre société, encourageant donc le développement de procédés pour l'amélioration des méthodes de dépollution, tout en axant sur la réduction des facteurs sources de pollution. La contamination des ressources en eau est un problème qui se pose avec acuité de nos jours. Elle est le résultat de l'utilisation massive de polluants organiques et minéraux d'origine agricole, urbaine et industrielle. Ainsi, les colorants synthétiques employés dans l'industrie textile, représentent ce type de contaminants.

Le rejet brutal et massif des effluents pollués par les colorants, dans le milieu naturel, a conduit à l'apparition de nombreux risques pour l'équilibre du milieu naturel et des écosystèmes, mais aussi pour l'homme lui-même, le producteur de ces déchets, et instigateur de ce grand déséquilibre.

Depuis le début de l'humanité, les colorants ont été appliqués dans pratiquement toutes les sphères de notre vie quotidienne, pour la peinture et la teinture du papier, de la peau et des vêtements, etc. Ces colorants peuvent contenir des groupements fonctionnels, naturels ou bien provenant de réactions chimiques ou de synthèse. Pour leur majorité, ces colorants sont des composés difficilement biodégradables, ils sont reconnus, toxiques ou nocifs pour l'homme et les animaux.

Plusieurs techniques ont été utilisées pour l'élimination des effluents contaminés par les colorants. Elles sont différentes les unes par rapport aux autres et peuvent être : échanges d'ions, l'extraction liquide-liquide, la filtration membranaire etc. L'adsorption est l'une des techniques les plus adoptées pour l'élimination des polluants organiques et inorganiques.

La présente étude s'inscrit dans cette perspective en essayant de valoriser un matériau non coûteux et existant localement en quantité importantes souvent non valorisées « les épiluchures de pomme de terre ». Ce résidu a été utilisé, sans aucune activation, comme adsorbant pour l'élimination des colorants, à partir de solutions aqueuses.

Ce manuscrit est subdivisé en quatre chapitres :

- chapitre 1 : Généralités sur les déchets et la pomme de terre.
- chapitre 2 : L'adsorption.
- chapitre 3 : Généralités sur les colorants.
- chapitre 4 : Etudes précédentes.

A la fin, nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur les déchets et la pomme de terre

1-Définition d'un « déchet »

Un déchet est un objet, substance ou matériau issu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation en fin de vie et devenu inutile, et qui présente un danger pour l'environnement (l'air, l'eau, le sol) et la santé des humains qui se retrouvent obligés de s'en défaire ou de l'éliminer [3].

Toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire[4].

2- Différentes classes des déchets

La classification la plus répandue à ce jour est celle qui propose de les distinguer suivant les deux grandes catégories suivantes:

- Selon **leur origine** : déchets ménagers et assimilés, déchets industriels, déchets agricoles, déchets d'activités de soins et déchets radioactifs.
- Selon **leur nature** : déchets inertes, déchets organiques, déchets banals, déchets toxiques ou dangereux et déchets ultimes [5].

3- Impact des déchets

3-1/ Sur la santé

Les cancers apparaissent comme la préoccupation la plus grave en termes de santé publique, mais ce n'est pas le seul groupe de pathologie qui soit liée à des facteurs environnementaux. Sont aussi considérés comme très liée à l'environnement les pathologies affectant le système respiratoire (l'asthme a doublé en dix ans pour les moins de 18 ans au cours des dix dernières années), le système immunitaire (développement des maladies neuro-dégénératives comme la maladie d'Alzheimer ou la maladie de Parkinson), les troubles de système endocrinien, la reproduction, la santé de l'enfant (l'enfant apparaît plus sensible à l'apparition de facteurs de risques environnementaux en raison de caractéristiques tenant à sa physiologie et à son activité) [6].

4-Gestion des déchets

Consiste en toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations. À partir de cette définition, plusieurs opérations se distinguent dans le mode de gestion des déchets existant.

4-1/Valorisation par l'alimentation animale

Beaucoup de coproduits sont utilisables et valorisables dans l'alimentation des animaux. Les ruminants, grâce aux micro-organismes de leur rumen, peuvent utiliser les coproduits riches en fibres (cellulose) ou contenant certains facteurs antinutritionnels que ne supportent pas les monogastriques. En revanche, ceux-ci, lapins et volailles, grâce à la diversité de leurs besoins nutritionnels sont aussi capables de valoriser de grandes quantités de coproduits riches en protéines, en hydrates de carbone et en graisses [7].

4-2/Valorisation par compostage

Le traitement par compostage est un procédé biologique aérobie de dégradation de la matière organique, permettant d'obtenir, à partir d'un déchet, un produit stabilisé pouvant être utilisé comme fertilisant naturel de la terre.

Les procédés de traitement par compostage sont traditionnellement décrits selon deux phases. La première, dite phase de fermentation ou phase active, constitue une étape, dont l'effet majoritaire est la dégradation rapide de la matière organique. La seconde, dite phase de maturation, met en œuvre plus majoritairement des réactions de biosynthèse de macromolécules organiques: les molécules humiques. L'humification peut néanmoins débuter au cours de la phase active, de même que la dégradation se poursuit minoritairement au cours de la phase de maturation [7].

4-3/Valorisation par méthanisation

Le processus de méthanisation par voie microbienne consiste en une transformation de la matière organique ou minérale principalement en méthane et gaz carbonique, par une communauté microbienne fonctionnant en anaérobiose. Le gaz formé est communément appelé «biogaz». Cette fermentation se réalise spontanément dans des écosystèmes naturels, là où la matière première est présente dans un milieu anaérobie [7].

4-4/Valorisation en Algérie

L'Algérie est située dans une zone vulnérable aux effets néfastes des changements climatiques. Donc sensible aux déséquilibres environnementaux engendrés par le réchauffement climatique que subit la planète. Parmi les secteurs émetteurs de gaz à effet de serre responsables de ce réchauffement, le secteur du transport, aujourd'hui responsable d'un quart des émissions, il pourrait être à l'origine d'un tiers de celles-ci en 2030. De plus, la

demande en énergie, notamment dans les pays en voie de développement, vae augmentant, pour une source d'origine fossile, épuisable. Pour pallier à ces deux problèmes, les énergies renouvelables sont la meilleure alternative durable. Parmi ces énergies, la bioénergie est produite à partir de la biomasse et de certains déchets. Le recours aux biocarburants, une forme de bioénergie, en tant qu'alternative renouvelable et encore moins polluante semble donc intéressant. Il est possible de produire des biocarburants à partir de cultures énergétiques, de déchets, et autres types de biomasse, produisant ainsi, du biogaz, du bioéthanol, du biodiesel, et du bio hydrogène.

Les déchets non traités présentent une source de pollution non négligeable, notamment, les décharges, les centres d'enfouissement techniques, les rejets industriels...A cet effet, la valorisation des GES (gaz à effet de serre) émis par ces déchets à des fins énergétiques (sous forme de biogaz) est à envisager. En ce qui concerne les cultures énergétiques, matières premières des biocarburants, pour l'Algérie, il n'est pas possible d'avoir recours à des cultures destinées à l'alimentation humaine ou encore animale, pour la production de carburants propres. Il serait alors plus judicieux de se retourner vers les biocarburants de deuxième génération produits à partir de cellulose et de déchets[8].

L'application des biotechnologies pour la valorisation des déchets agricoles et industriels permet :

- La production de bioéthanol.
- L'utilisation de la biomasse pour la production d'acétone-butanol.
- La production de biogaz.

Dans le cadre d'une éventuelle mise en place d'un plan de développement de traitement et de valorisation énergétique des déchets pour la production de biocarburants en Algérie, la réalisation d'un inventaire des déchets et de la biomasse S'impose. En effet, une multitude de matières premières locales convertibles en biocarburants est disponible tels que :

- Les déchets agricoles.
- Les déchets de l'industrie agroalimentaire.
- Les rejets de l'industrie du papier.

- Les cultures énergétiques non destinées à l'alimentation et qui sont déjà expérimentées dans le bassin méditerranéen [8].

5-Pomme de terre

5-1/ Description botanique

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) est une plante vivace dicotylédone tubéreuse, herbacée, cultivée pour ses tubercules riches en amidon et possédant des qualités nutritives, originaire d'Amérique du Sud. Elle appartient à la famille des Solanacées, qui sont des plantes à fleurs, et partage le genre *Solanum* avec au moins 2 000 autres espèces, entre autres la tomate, l'aubergine, le tabac, le piment, et le pétunia[9].

5-1-1/Classification

La place de la pomme de terre dans le règne végétal est :

Ordre : *Solanales*

Famille : *Solanaceae*

Genre : *Solanum*

Section : *Petota*

Embranchement de classe : *Tuberosa*

Espèce : *Solanum tuberosum* L

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille de solanacées. Le genre *solanum* regroupe environ 2000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses. Dont les tubercules font l'objet d'un commerce international important. C'est une plante vivace qui se propage par multiplication végétative et qui est cultivée comme une espèce annuelle. Cette plante à tubercules a subi une évolution que rarement des végétaux connaissent (amélioration et séquençage génétique par le biais de la biotechnologie)[9].

5-2/Description morphologique

5-2-1/Partie aérienne

Chaque plante est composée d'une ou plusieurs tiges herbacées de port plus ou moins dressé et portant des feuilles composées. Comme les tiges et les feuilles, le fruit contient une quantité significative de solanine, un alcaloïde toxique caractéristique du genre.

Les inflorescences sont des cymes axillaires, les fleurs sont autogames : ne contiennent pas de nectar, elles sont donc peu visitées par les insectes et la fécondation croisée est presque inexistante dans la nature.

Certaines fleurs sont souvent stériles. La production de fruits est généralement rare parfois nulle. On connaît des variétés de pommes de terre qui fleurissent abondamment mais qui ne fructifient pas [9].

5-2-2/Partie souterraine

Le système souterrain représente la partie la plus intéressante de la plante puisqu'on y trouve les tubercules qui confèrent à la pomme de terre sa valeur alimentaire. L'appareil souterrain comprend le tubercule mère desséché et des tiges souterraines ou stolons [9].

Le tubercule de pomme de terre n'est pas une portion de racine, c'est une tige souterraine. Comme toutes les tiges, il est constitué d'entre nœuds, courts et épaissis dans lecas présent, et porte des bourgeons (que l'on appelle les « yeux ») situés dans de petites dépressions. En se développant, les bourgeons donnent les germes et les futures tiges aériennes.

Les racines prennent naissance sur différentes parties : au niveau des nœuds enterrés des tiges feuillées, au niveau des nœuds des stolons ou encore au niveau des yeux du tubercule [10].

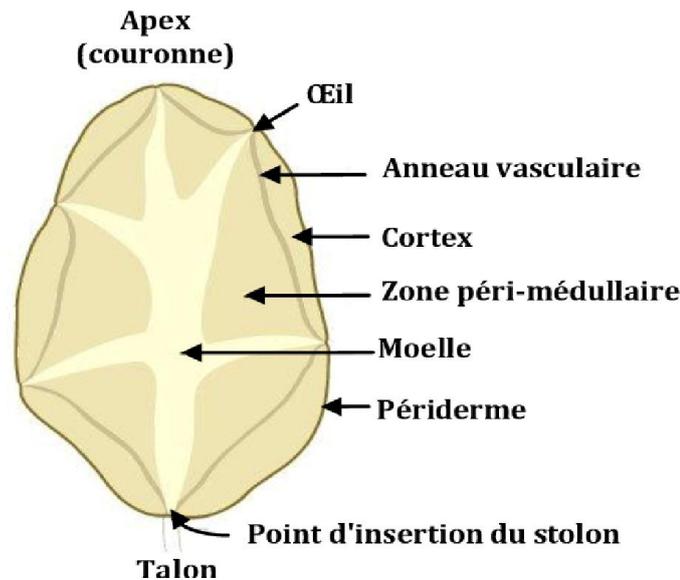


Figure I-1: Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre [10].

6-Les éplucheurs de pommes de terre (EPT)

6-1/ La forme

Les tubercules sont classés en trois grands types :

- **Les claviformes** : qui sont plus ou moins en forme de rein, comme la *Ratte*.
- **Les oblongs** : de forme plus ou moins allongée (un peu comme un kiwi).
- **Les arrondis** : qui sont souvent bosselés; ce sont des variétés surtout destinées à produire de la féculé[9].

6-2/La couleur

Il faut distinguer deux couleurs ; de la peau et de la chair

- **La couleur de la peau** :est généralement jaune, mais peut être rouge, noire, brune ou rosée.
- **La couleur de la chair** :elle est blanche, jaune plus ou moins foncée, rose ou violette selon les variétés [10].

6-3/Composition chimique du tubercule

De nombreuses études sur la composition des pelures de pommes de terre ont été menées. Elles sont une source de composés phénoliques, de glycol-alcaloïdes, de polysaccharides non amylacés, d'acides gras insaturés. Les poly phénols et les glycol-alcaloïdes contenus dans les pommes de terre ont une concentration plus importante dans la peau que dans la chair [11].

Les pelures contiennent une quantité très élevée en eau, une quantité intéressante en glucides. Une quantité élevée en amidon, les lipides, les sucres solubles et les matières azotées restent faible (Tableau I).

Tableau I-1: Composition chimique des pelures de pomme de terre [12].

Composition	Concentration(%)
Humidité	85,1
Protéines	2,3
Lipides	0,1
Glucides	12,4
Amidon	7,8
Fibres	2,5

6-4/ Exigences écologiques de la pomme de terre

6-4-1/ Exigences climatiques

a-Température : Elle influence beaucoup le type de croissance. Les hautes températures stimulent la croissance des tiges; par contre, les basses températures favorisent d'avantage la croissance du tubercule [13].

La pomme de terre est très sensible au gel. Le zéro de végétation est compris entre 6 et 8°C. Les températures optimales de croissance des tubercules se situent aux alentours de 18°C le jour et 12°C la nuit. Une température du sol supérieure à 25°C est défavorable à la tubérisation [13].

b- Lumière : La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur élevée du jour (14 à 18h). Une photopériode inférieure à 12 h favorise la tubérisation. L'effet du jour long peut être atténué par les basses températures.

La photopériode : Driver et Hawkes 1943 remarquent qu'il y a chez la pomme de terre des variétés de jours longs, des variétés de jours courts et des variétés indifférentes [13].

6-4-2-Exigences édaphiques

a-Structure et texture du sol : La plupart des sols conviennent à la culture de la pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et pas trop pierreux. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles.

En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus ou moins grossière (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule [10].

b-pH : Dans les sols légèrement acides (pH = 5,5 à 6), la pomme de terre peut donner de bons rendements. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur tubercule [10].

c- Salinité : La pomme de terre est relativement tolérante à la salinité par rapport aux autres cultures maraîchères. Cependant, un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire.

Lorsque la teneur en sel est élevée, le point de flétrissement est atteint rapidement. On peut réduire la salinité d'un sol en le lessivant avec une eau d'irrigation douce [10].

7-La filière de pomme de terre en Algérie :

Selon les historiens, l'entrée de la pomme de terre en Algérie remonte au milieu de la première décennie du dix-neuvième siècle, elle a été cultivée principalement pour l'exporter vers le marché Français. Après l'indépendance, elle est devenue un produit important pour la consommation locale, et elle est devenue de plus en plus importante dans le régime alimentaire. La demande en cette culture s'est alors accrue. Elle représente la première culture maraîchère du point de vue superficie et production, avec 1 506 859 quintaux en 2007 ce

chiffre a presque doublé en l'espace de trois ans avec une production de 3 290 000 quintaux en 2010, selon le Ministère de l'Agriculture.

L'offre nationale de cette culture et d'autres cultures maraichères n'a cessé d'augmenter constamment suite à la prise de conscience dans les années quatre-vingt. A près la détérioration du secteur agricole à la suite de l'indépendance où le secteur agricole assurait de hautes performances et jouissait d'une réputation d'un secteur majoritairement exportateur, un programme national d'intensification des productions considérées comme stratégiques a été décidé par le Ministère de l'agriculture, il s'agissait d'opérer par des politiques de soutien de toutes sortes et avec un mode d'organisation technique très avancé. Il concernait les céréales, les légumes secs et la pomme de terre. L'Institut des techniques des cultures maraichères et industrielles (ITCMI) était chargé de la mise en œuvre du programme relatif aux cultures maraichères, et particulièrement celui de la pomme de terre.

L'opération de reproduction des semences sélectionnées de pommes de terre était apparue comme un volet important de ce programme qui pouvait permettre de diminuer le coût en devises du programme d'intensification de cette culture.

Depuis le lancement du programme et jusqu'à nos jours, la culture de la pomme de terre en Algérie a connu un développement spectaculaire. Cet accroissement des superficies cultivées en pomme de terre était accompagné d'une importante augmentation des rendements. Les données recueillies lors d'une enquête que nous avons réalisée montrent bien ces augmentations [10].

L'Algérie occupe la deuxième place, après l'Égypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique pour l'année 2010, selon un rapport de la FAO.

Les chiffres présentés dans le rapport indiquent que la production nationale a dépassé le seuil de trois millions de tonnes durant l'année 2010. Elle est cultivée sur une superficie estimée à 126 milles hectares. La moyenne à hectare a atteint 26 tonnes, l'Égypte quant à elle réserve une superficie de deux millions d'hectares pour cultiver ce légume. Sa production est estimée à 4 millions de tonnes pour la même année [10].

7-1/Différentes variétés cultivées en Algérie

Cent vingt variétés sont inscrites au catalogue algérien des espèces et variétés cultivées. Cette inscription est obligatoire pour leur commercialisation. Elle est précédée de deux ans au cours desquels sont évalués les caractères d'utilisation, le rendement, le comportement vis-à-vis des parasites par le service de Contrôle et certification des semences et plantes. Les principales variétés cultivées en Algérie sont : Spunta (à chair blanche), Désirée (à chair jaune), Bartina, Lisita. Les variétés sont déterminées par :

- La forme du tubercule
- La couleur de la peau et de la chair
- La durée de conservation
- La date de mise sur le marché
- La durée de culture [10].

7-2- Principales régions productrices

La superficie occupée par les cultures maraîchères varie chaque année entre 380.000 et 400.000 ha, dont 100.000 à 130.000 ha emblavés en pommes de terre, soit 26% de la superficie maraîchère totale [10].

Il est à relever aussi que l'on assiste, depuis quelques années, à l'augmentation de cette culture par l'occupation de nouvelles zones où elle était pratiquement inconnue : cas de Sedrata, de Djelfa, du Sud et d'Ain-Defla. Donc, les zones de production sont réparties selon quatre zones géographiques : Littoral, sublittoral, atlas tellien et hautes plaines.

- **Primeur** : Boumerdes, Tipaza, Skikda, Alger, Mostaganem, Tlemcen

- **Saison** : Ain-defla, Mascara, Mila, Souk Ahras, Boumerdes, Mostaganem, Sétif, Tiziouzou, Tiaret, M'sila, Tlemcen, Batna, Chlef, Bouira, El-oued.

- **Arrière-saison** : Ain-defla, Mascara, Guelma, Chlef, El oued, Tlemcen, Mostaganem, Djelfa... [10].

7-3/Dates de plantation de la pomme de terre

Contrairement aux pays septentrionaux où la pomme de terre est cultivée durant une saison, en Algérie elle est cultivée selon trois types de culture qui sont : la primeur, la saison, et l'arrière-saison.

Les trois calendriers de culture de pomme de terre :

- **Primeurs** : plantation 15 novembre - 15 janvier.
- **Saison** : plantation 15 janvier -15 mars.
- **Arrière-saison** : 15 août -15 septembre [10].

Chapitre II
L'adsorption

1-Le phénomène d'adsorption

1-1/Bref historique du phénomène d'adsorption

Le terme « adsorption » a pour la première fois été utilisé en 1881 par Keyser pour décrire et établir une différenciation entre la condensation d'un gaz à la surface et son adsorption, processus dans lequel les molécules de gaz pénètrent dans la masse[14].

Le phénomène d'adsorption est devenu aujourd'hui un outil très nécessaire pour la purification et la séparation des substances indésirables. Il est largement répandu pour l'élimination des polluants organiques tels que les colorants, il a également une applicabilité large dans le traitement d'eaux résiduaires [15].

1-2/Généralité sur l'adsorption

Une des techniques très fréquemment adoptées pour le traitement de l'eau et des effluents industriels est l'adsorption. Son principe repose sur la propriété qu'ont les solides à fixer sur leurs surfaces certains polluants tels que les colorants textiles. L'adsorption, à ne pas confondre avec l'absorption, est un phénomène de surface par lequel des molécules de gaz ou de liquides se fixent sur les surfaces solides des adsorbants [16].

Plusieurs définitions ont été données pour décrire le phénomène:

- L'adsorption est un phénomène d'interface, pouvant se manifester entre un solide et un liquide.
- L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant par une modification de la concentration à l'interface de deux phases non miscibles : liquide/solide ou gaz/solide, on parlera donc du couple adsorbât/adsorbant.
- L'adsorption peut aussi être définie comme étant une opération physique de séparation des mélanges, celle-ci permet l'élimination d'une substance en phase gazeuse ou liquide, par une autre phase [17].

La désorption est le phénomène inverse de l'adsorption : les liaisons ioniques entre ions molécules et substrat se brisent et les ions ou molécules précédemment adsorbés détachent du substrat [10].

1-3/Définition de l'adsorption

L'adsorption est un phénomène de fixation de molécules d'un fluide sur la surface d'un solide, ce qui augmente la concentration des molécules de ce fluide sur la surface du solide sans pour autant modifier le volume de ce milieu poreux[18].

C'est un processus physique et ou chimique dans lequel une substance s'accumule à l'interface entre les phases, ce dernier peut être solide-liquide, liquide-liquide, gaz-liquide ou gaz-solide. L'adsorbat étant la substance retirée de la phase liquide et l'adsorbant: la phase solide sur laquelle l'accumulation a lieu[19].

1-4/Principe de l'adsorption

Le transfert de masse des molécules se fait de la phase fluide vers le centre de l'adsorbant. Ce processus s'opère au sein d'un grain d'adsorbant. Les matériaux adsorbants disposent de larges surfaces spécifiques, généralement développées sur des matériaux poreux industriels. Au cours de l'adsorption d'une espèce chimique comme une molécule de polluante solution aqueuse [20].

Le transfert de la phase liquide vers la phase solide se déroule en plusieurs étapes qu'on peut définir comme suit :

a- Diffusion externe: elle correspond au transfert du soluté (molécules de la phase liquide ou gazeuse) au sein de la solution à la surface externe de l'adsorbant. Le transfert de matière dépend de l'écoulement du liquide sur la surface de l'adsorbant.

b- Diffusion interne: les molécules du liquide pénètrent à l'intérieur des pores. La diffusion dépend du gradient de concentration du soluté.

c- Diffusion de surface: elle correspond à la fixation des particules à la surface des pores de l'adsorbant[21].

C'est à l'issue de ces étapes et que l'illustration ci-dessous décrit de manière simplifiée que l'élément à adsorber atteint le site d'adsorption où il est effectivement retenu, en fonction de la force de liaison qui se met en place (physiosorption ou chimiosorption).

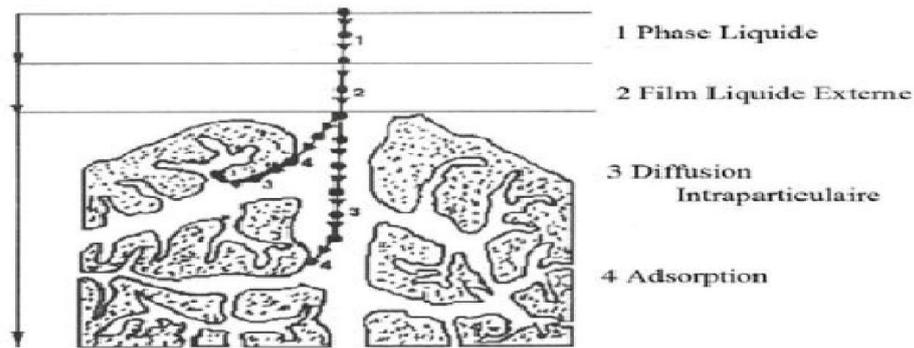


Figure II-1 : Schéma simplifié du principe d'adsorption en phase liquide sur une particule de charbon actif [22].

L'adsorption est un processus exothermique, ce qui signifie qu'elle se produit avec un dégagement de chaleur, ce qui peut conduire à un échauffement du solide et à une réduction des quantités adsorbées[23].

1-5/ Application de l'adsorption

On peut citer quelques exemples d'application de l'adsorption, notamment :

- Le traitement d'air chargé en composés organiques volatils
- La récupération des métaux lourds des eaux résiduaires industrielles.
- Le séchage, la purification et la désodorisation des gaz.
- Le raffinage des produits pétroliers.
- La récupération des solvants volatils et de l'alcool dans le processus de fermentation.
- La décoloration des liquides.
- La chromatographie gazeuse (méthode de fractionnement basée sur les différences de vitesse d'absorption de diverses substances sur un adsorbant donné)[24 ; 25].

1-6/Mécanisme d'adsorption

Le transfert d'une phase liquide contenant l'adsorbât (molécule qui s'adsorbe) vers une phase solide (l'adsorbant) avec rétention de soluté à la surface de l'adsorbant peut être décomposé en quatre étapes :

Etape 1 : transfert de la particule (très rapide).

Etape 2: déplacement de l'eau liée jusqu'à être en contact de l'adsorbant (rapide).

Etape 3 : diffusion à l'intérieur de l'adsorbant sous l'influence du gradient de concentration (lente).

Etape 4 : adsorption dans un micropore (très rapide) [26].

1-7/Type d'adsorption

Il est possible de distinguer deux types d'adsorption :

a- Adsorption physique (physisorption)

Dans l'adsorption physique, les forces intermoléculaires faibles, dites forces de Van der Waals interviennent dans l'attraction et la fixation des espèces dissoutes par le substrat solide. C'est un processus instantané car la vitesse d'adsorption est très rapide. Ce type d'adsorption est favorisé par une diminution de la température car elle se caractérise par une réversibilité rapide[27].

b- Adsorption chimique (chimisorption)

L'adsorption chimique résulte, par contre, de l'établissement de liaisons chimiques souvent de nature covalente ou ionique comme dans le cas de l'échange d'ions (couple de charges opposées). Dans ce type d'adsorption, le phénomène de fixation peut être irréversible et conduit à la modification chimique de l'espèce adsorbée [27].

Le tableau I-1 représente une comparaison entre les deux types d'adsorption qui peuvent intervenir dans les mécanismes d'adsorption.

Tableau II-1: Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique [27]

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption Chimique
Types de liaison	Liaison de Van der Waals	Liaison chimique
Température du Processus	Relativement faible comparée à T d'ébullition de l'adsorbât	Plus élevée que la T d'ébullition de l'adsorbât
Individualité des Molécules	L'individualité des molécules est conservée	Destruction de l'individualité des molécules
Désorption	Facile	Difficile
Cinétique	Rapide, indépendante de T	Très lente
Chaleur d'adsorption	Inférieur à 10 kcal/mole	Supérieur à 10 kcal/mole
Énergie mise en jeu	Faible	Élevée
Type de formation	Formation en multicouches	Formation en monocouche

2- Facteur influençant l'équilibre d'adsorption

Plusieurs paramètres influent sur l'adsorption, les plus importants sont :

2-1/ La température du milieu

L'adsorption physique s'effectue à des basses températures (phénomène exothermique) alors que l'adsorption chimique demande des températures plus élevées (phénomène endothermique). Ceci nécessite de fixer la température du processus dès le départ [17].

2-2/Le PH de la solution

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption du fait qu'il peut influencer à la fois la structure de l'adsorbant et de l'adsorbât ainsi que le mécanisme d'adsorption [29].

2-3/La masse d'adsorption

La recherche de la masse minimale nécessaire et suffisante d'un matériau pour adsorber un polluant donné, est une étape primordiale à toute étude sur l'adsorption, car elle joue un rôle très important sur le mécanisme d'adsorption et sur le coût de l'adsorbant [29].

2-4/ La concentration initiale d'adsorbant

La concentration initiale de polluant est un paramètre qui influe sur la capacité d'adsorption[30].

2-5/ Le temps d'équilibre

Le temps d'équilibre est l'un des facteurs les plus importants de point de vue économique pour les systèmes de traitement des eaux polluées[31].

2-6/ Facteurs caractérisant l'adsorbant

Toutes les substances ne sont pas adsorbables de la même manière. La capacité de rétention d'un polluant est fonction de:

- l'énergie de liaison de la substance à adsorber.
- La structure et la taille des molécules (un haut poids moléculaire réduit la diffusion et par conséquent la fixation de l'adsorbât).

-La solubilité (moins une substance est soluble, mieux elle est adsorbée)[32].

2-7/ Facteurs caractérisant l'adsorbant

Un solide adsorbant est caractérisé par des propriétés physicochimiques, mécaniques et géométriques, les plus importantes sont les propriétés géométriques.

➤**La surface spécifique** : plus la surface est grande, plus on aura une meilleure adsorption

➤**La structure de l'adsorbant**: l'adsorption d'une substance croît avec la diminution de la taille des particules et les dimensions des pores de l'adsorbant. Mais si le diamètre des pores est

inférieur au diamètre des molécules, l'adsorption de ce composé sera négative, même si la surface de l'adsorbant a une grande affinité pour le composé. La distribution des tailles des pores joue un rôle important dans la cinétique globale du processus d'adsorption.

➤ **La polarité** : les solides polaires adsorbent préférentiellement les corps polaires, et les solides apolaires adsorbent les corps apolaires[32].

3- Choix de l'adsorbant

La condition nécessaire pour obtenir une séparation entre le solvant et les solutés est de disposer d'un adsorbant vis-à-vis duquel l'adsorbabilité du solvant est inférieure à celle du soluté. Le choix de l'adsorbant peut être difficile et parfois impossible. Pour cette raison l'adsorbant doit avoir certaines propriétés telles que :

- Présenter une surface spécifique assez importante,
- Avoir une grande capacité d'adsorption,
- Être disponible et bon marché,
- Avoir une possibilité de régénération[26].

4- Les isothermes d'adsorption

Tous les systèmes adsorbant/adsorbât ne se comportent pas de la même manière. Les phénomènes d'adsorption sont souvent abordés par leur comportement isotherme. Les courbes isothermes décrivent la relation existante à l'équilibre d'adsorption entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant donné à une température constante.

L'allure de la courbe isotherme varie selon le couple adsorbât-adsorbant étudié. Expérimentalement, on distingue quatre classes principales nommées : S (Sigmoide), L (Langmuir), H (Haute affinité) et C (partition Constante). La figure II-2 présente cette classification [24].

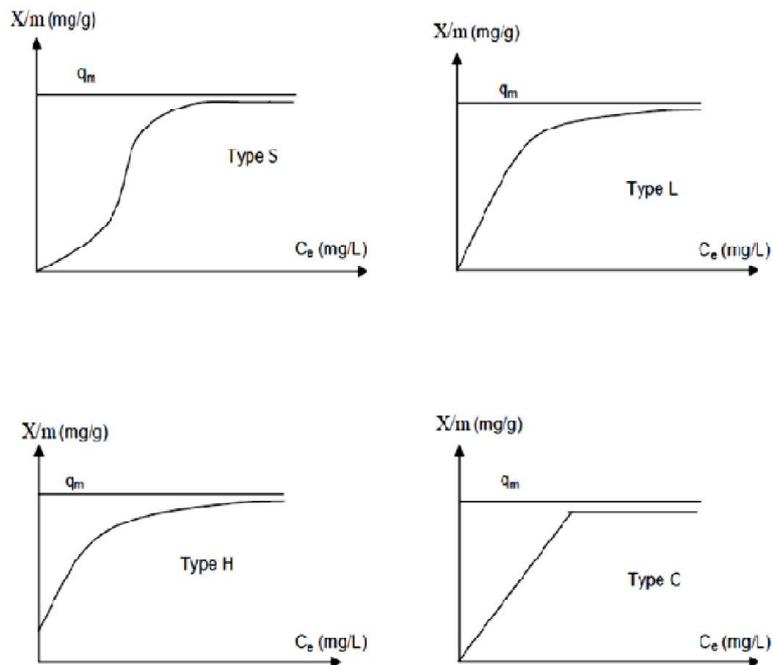


Figure II-2 : Les isothermes d'adsorption en phase liquide [24].

5-Modèles d'isothermes

Plusieurs lois ont été proposées pour l'étude de l'adsorption, et de nombreux modèles sont développés pour caractériser les processus impliqués. L'approche la plus fréquemment employée consiste à mesurer les isothermes d'adsorption représentant le partage à l'équilibre d'un soluté entre le solvant et la phase adsorbant. Parmi les modèles les plus réponsus, on distingue :

5-1/ Isothermes de Freundlich

Le modèle simple et empirique de Freundlich, est le plus communément utilisé. On considère qu'il s'applique à de nombreux cas, notamment dans le cas de l'adsorption multicouche avec possibilité d'interaction entre les molécules adsorbées suivant l'équation (II.1) :

$$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} \text{ (II.1)}$$

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

$$\ln q_e = \ln K_F + (1/n) \ln C_e \text{ (II.2)}$$

Tel que :

- K - $C_{F e}$: la constante de Freundlich ($\text{mg} : \text{la concentration à l'équilibre (mg/L)}$),
- $q_e^{(1-1/n)}$: la capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g).

($L^{-(1/n)} \cdot g^{-1}$), La constante $1/n$ adimensionnelle donne une indication sur l'intensité de l'adsorption.

La relation entre K_F et la capacité maximale d'adsorption q_m est :

$$K_F = (q_m / C_0^{(1/n)}) \text{ (II.3)}$$

Il est généralement admis que des faibles valeurs de $1/n$ ($0,1 < 1/n < 0,5$) sont caractéristiques d'une bonne adsorption, alors que des valeurs plus élevées révèlent une adsorption modérée ($0,5 < 1/n < 1$) ou faible ($1/n > 1$). Il faut noter que si $1/n$ tend vers 1, l'isotherme devient linéaire donc de type C [33].

5-2/ Isothermes de Langmuir

Le second modèle le plus communément utilisé est celui de Langmuir. Les hypothèses sont:

- Le solide adsorbant présente une capacité d'adsorption limitée (q_m),
- Tous les sites actifs sont identiques,
- Les sites actifs ne peuvent complexer qu'une seule molécule de soluté (adsorption-monocouche),
- Il n'y a pas d'interactions entre les molécules adsorbées. Il s'agit dans ce cas d'une simple application de la loi d'action de masse conduisant à la constante thermodynamique d'équilibre K définie ci-dessous (II.4).

$$K_0 = \frac{(a_{\text{complexe}})_{\text{eq}}}{(a_{\text{sites libres}})_{\text{eq}} \cdot (a_{\text{soluté}})_{\text{eq}}} \quad (\text{II.4})$$

En remplaçant les activités par des concentrations et K_0 par K_L , l'équation (II.4) devient :

$$K_L = \frac{q_e}{(C_e(q_m - q_e))} \quad (\text{II.5})$$

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

Tel que : - K_L : constante d'équilibre de Langmuir (L/mg).

- θ : Taux de recouvrement,

- q : la capacité maximale d'adsorption (mg/g).

Des développements de l'équation (II.6) conduisent à des formes linéaires de l'isotherme de Langmuir.

Parmi les cinq formes citées dans la littérature, deux d'entre elles sont très couramment utilisées:

$$\text{« Langmuir I » } 1/q_e = (1/q_m) + (1/(K_L \cdot C_e \cdot q_m)) \quad (\text{II.7})$$

$$\text{« Langmuir II » } C_e/q_e = (1/K_L \cdot q_m) + (C_e/q_m) \quad (\text{II.8})$$

La viabilité d'une adsorption peut encore se définir à partir du facteur de séparation adimensionnel R_L : $R_L = 1 / (1 + K_L \cdot C_0)$ (II.9)

-Si $R_L > 1$: les conditions de l'adsorption sont défavorable.

-Si $R_L < 1$: les conditions de l'adsorption sont favorables.

-Si $R_L = 0$: l'adsorption est irréversible [33].

6- Cinétique d'adsorption

Dans la littérature, différents modèles cinétiques ont été utilisés pour évaluer le processus d'adsorption. Deux modèles, pseudo-premier ordre et pseudo-deuxième ordre, sont les plus étudiés à fin de modéliser la cinétique d'adsorption et de déterminer certains paramètres cinétiques comme la constante de vitesse et la quantité adsorbée à l'équilibre.

6-1/Modèle cinétique pseudo-première ordre (modèle Lagergren)

Lagergren a proposé un modèle cinétique de pseudo-premier ordre exprimé par la relation suivante : $dq_t/dt = K_1(q_e - q_t)$ (II.10)

Avec :- K_1 : la constante de vitesse pour une cinétique du pseudo-premier ordre (min^{-1}) ;

- q_t : la capacité d'adsorption à l'instant « t » (mg/g).

- q_e : la capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g).

L'intégration de l'équation pour les conditions aux limites :

$q_t = 0$ à $t = 0$ et $q_t = q_t$, devient:

$$t = \ln(q_e - q_t) = \ln q_e - (K_1/2,303) \quad (\text{II.11})$$

6-2/ Modèle du cinétique pseudo-deuxième ordre

Une expression également très souvent utilisée est celle du pseudo-deuxième ordre. Ce modèle suggère l'existence d'une chimisorption, un échange d'électrons par exemple entre molécule d'adsorbat et l'adsorbant solide. Il est obéit à la relation suivante [34] :

$$(dq_t/dt) = K_2(q_e - q_t)^2 \quad (\text{II.12})$$

Avec :- K_2 : la constante de vitesse pour une cinétique du deuxième ordre ($\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

En intégrant l'équation pour les conditions aux limites $q_t = 0$ à $t = 0$ et $q_t = q_t$ à $t = t$, on trouve :

$$(t/q_t) = (1/K_2 q_e^2) + (1/q_e) \quad (\text{II.13})$$

6-3/ Modèle de la diffusion intra- particulaire

Webber et Morris ont montrés expérimentalement que lorsque l'adsorption est contrôlée par la diffusion intra-particulaire, la fraction de soluté adsorbée varie proportionnellement avec la racine carré du temps ($t^{1/2}$) durant l'étape initiale de la cinétique d'adsorption pendant laquelle la quantité adsorbée reste inférieure à 20 % de la capacité maximale [33].

L'expression cinétique de diffusion intra-particulaire est souvent présentée par:

$$q_t = K_{int} t^{0,5} + X_i \quad (\text{II.14})$$

Tel que :- K_{int} : la constante de la diffusion intra-particulaire ($\text{mg/g}.\text{min}^{1/2}$).

- X_i : représente la valeur de l'épaisseur de la couche limite [31].

Chapitre III
Généralités sur les
colorants

1-Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter des données bibliographiques sur différents types de colorants. Nous exposons également les travaux récents effectués sur les l'adsorption du colorant étudié sur un adsorbant naturel.

1-1/Définition d'un colorant

Un colorant est défini comme étant un produit capable de teindre une substance d'une manière durable. Il possède des groupements qui lui confèrent la couleur: appelés chromophores et des groupements qui permettent sa fixation: aux chromes [35].

De tout temps, l'homme a utilisé les colorants pour ses vêtements, pour sa nourriture et pour la décoration de son habitation. Ainsi dès l'antiquité, il a su extraire les matières colorantes à partir de végétaux comme l'indigo et d'animaux comme le carmin extrait de la cochenille. L'utilisation de ces colorants naturels s'est prolongée jusqu'à la première moitié du XIX^{ème} siècle. Ils furent ensuite progressivement remplacés par des colorants synthétiques, lesquels sont adaptés à de nombreux usages particuliers [36].

Il est connu que la couleur résulte d'une part, de l'interaction entre le rayonnement du spectre visible et de la matière et d'autre part elle est le complément de la radiation absorbée. Ce qui se traduit par des transitions des orbitales moléculaires de l'état fondamental vers celles de l'état excité. Il est connu également que les substances colorées contiennent des composés qui contribuent hautement à leur intensité appelées : chromophores. Des exemples typiques les illustrant sont : C=C, C=O, N=N, N=O, C=S et les cycles aromatiques, ceux qui confèrent aux colorants, une structure assez complexe. Ces chromophores possèdent souvent des aux chromes tels que : OH, NH₂ et les halogènes. Ils contribuent ainsi à l'augmentation de l'intensité de l'absorption donc de la couleur, en participant à l'extension de la conjugaison par l'intermédiaire de leur doublet libre, sans pour autant qu'ils absorbent dans le domaine de la longueur d'onde du substrat [37].

1-2/Procédés de traitement des colorants

Le traitement des rejets textiles, compte tenu de leur hétérogénéité de composition, conduira toujours à la conception d'une chaîne de traitement assurant l'élimination des différents polluants par étapes successives. La première étape consiste à éliminer la pollution insoluble par l'intermédiaire de prétraitements (dégrillage, dessablage, déshuilage...etc.) et/ou de traitements physiques ou physico-chimiques assurant une séparation solide - liquide.

Les techniques de dépollution intervenant le plus couramment en deuxième étape dans les industries textiles se divisent en trois catégories :

a-Traitement Physique: qui comprend :

- les méthodes de précipitation (coagulation, floculation, sédimentation).
- l'adsorption.
- l'osmose inverse, filtration.
- l'incinération.

b-Traitement Chimique: qui incluse l'utilisation de :

- l'oxydation classique (oxygène, ozone, oxydants tels que NaOCl, H₂O₂).
- la réduction par (Na₂S₂O₄).
- la méthode complexe métrique.
- l'échange d'ions.

c-Biologique: et qui comporte :

- le traitement aérobie.
- le traitement anaérobie [38].

2- Classification d'un colorant

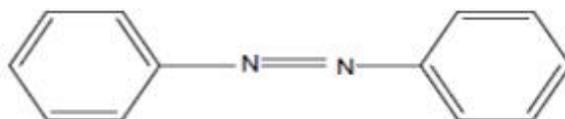
Les colorants peuvent être soit inorganiques ou organiques, d'origine naturelle ou synthétique. La classification des colorants peut être faite selon leur structure chimique, ou selon le domaine d'application [39].

2-1/ Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupement chromophore.

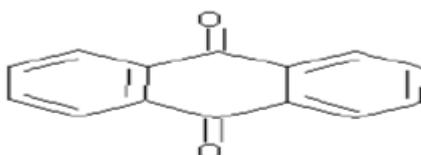
➤**Les colorants azoïques :**

Les colorants azoïques sont caractérisés par la présence au sein de la molécule d'un groupement azoïque (-N=N-) reliant deux noyaux benzéniques. Cette catégorie de colorant est actuellement la plus répandue sur le plan de l'application, puisqu'ils représentent plus de 50% de la production mondiale de matières colorantes [40.41].



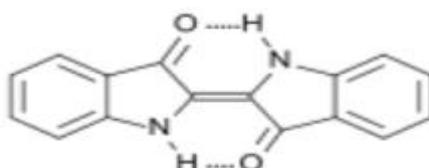
➤ *Les Colorants anthraquinoniques :*

Ces colorants sont du point de vue commercial, les plus importants, après les colorants azoïques. Leur formule générale, dérivée de l'antracène montre que le chromophore est un noyauquinonique sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amino. [40.41].



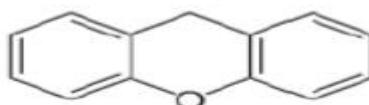
➤ *Les Colorants indigoïdes :*

Ils tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues séléniés, soufrés et oxygénés du bleu indigo provoquent d'importants effets hypsochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise. [40.41].



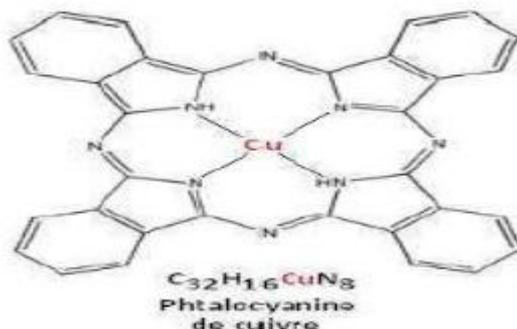
➤ *Les Colorants xanthènes :*

Le composé le plus connu est la fluorescéine. Ils sont dotés d'une intense fluorescence. Peu utilisés en tant que teinture, leur faculté de marqueurs lors d'accidents maritimes ou de traceurs d'écoulement pour des rivières souterraines est malgré tout bien établie [40.41].



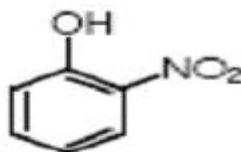
➤ *Les colorants Phtalocyanines :*

Ces colorants ont une structure complexe basée sur l'atome central de cuivre. les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt, etc.) [40.41].



➤ **Les Colorants nitrés et nitrosés :**

Ces colorants forment une classe de colorants très limitée en nombre et relativement ancienne. Ils sont actuellement encore utilisés, du fait de leur prix très modéré lié à la simplicité de leur structure moléculaire caractérisée par la présence d'un groupe nitro(-NO₂) en position ortho d'un groupement électro-donneur (hydroxyle ou groupes aminés) [40.41].



2-2/Classification selon le domaine d'application

La classification chimique présente un intérêt pour le fabricant de matières colorantes, mais le teinturier préfère le classement par domaines d'application. Dans ce cas en se basant sur le groupe aux chromes.

a. Les colorants à mordant :

Les mordants les plus utilisés sont les dichromates ou des complexes du chrome. Ils sont utilisés pour teindre la laine, le cuir, la soie, le papier et les fibres cellulosiques modifiées. La plupart des colorants à mordant sont azoïques ou triphénylméthanes, qui sont solubles et qui nécessitent un traitement de mordantage pour pouvoir être fixé sur les fibres textiles par l'intermédiaire d'oxydes de certains métaux (Al, Fe, Co et Cr) [39].

b. Les colorants acides ou anioniques :

Ils sont constitués d'un groupe chromophore (responsable de l'effet de coloration) et d'un ou plusieurs groupes sulfonates permettant leur solubilisation dans l'eau [39].

c. Les colorants basiques ou cationiques :

Qui sont caractérisés par une grande vivacité des teintes. Cependant ils résistent mal à l'action de la lumière, et, de ce fait, ils ne peuvent être utilisés pour la teinture des fibres

naturelles. On note qu'avec les fibres synthétiques, par exemple les fibres acryliques, ils donnent des coloris très solides [37].

d. Les colorants métallifères :

Les colorants métallifères sont des complexes forts contenant un atome métallique (Cr, Ni, Co). L'atome métallique peut être associé :

- A une molécule de colorant (complexe métallifère 1/1) tel que le bleu acide 158.
- Ou à deux molécules de colorant (complexe métallifère 1/2) tel que le noir acide 60. Les colorants métallifères sont généralement des colorants azoïques mais aussi des phtalocyanines. Ces colorants permettent de teindre la laine, la soie, le polyamide en nuances très solides [39].

e. Les colorants directs :

Qui sont solubles dans l'eau et qui présentent une grande affinité pour les fibres cellulosiques. Cette affinité est due à leur forme linéaire et à la coplanarité des noyaux aromatiques. Ainsi le rouge Congo est capable de teindre directement le coton sans la participation d'aucun mordant. En outre, Ils permettent d'obtenir une grande variété de coloris et sont d'une application facile. Ils présentent néanmoins une faible solidité au mouillé [37].

f. Les colorants au soufre :

Ces colorants, insolubles dans l'eau, sont obtenus par fusion de dérivés aminés ou de phénols en présence de soufre ou de sulfures. Leur utilisation en teinture n'est rendue possible qu'en les réduisant en leuco-dérivés présentant de l'affinité pour les fibres. Après teinture, le colorant est ré-oxydé en sa forme insoluble qui reste emprisonnée dans la fibre [39].

g. Les colorants de cuve et leurs leuco-dérivés :

L'expression cuve a été conservée pour désigner toute une série de colorants ayant les caractéristiques communes d'être insolubles dans l'eau, mais de se solubiliser par réduction en leuco-dérivé possédant de l'affinité pour les fibres. Les colorants de cuve ont des propriétés qui les rapprochent des colorants au soufre mais, contrairement à ces derniers, ils sont de constitution bien définie [39].

h. Les colorants réactifs :

Les colorants réactifs contiennent un groupement chromophore et une fonction chimique réactive assurant la formation d'une liaison covalente avec les fibres. La plupart (~80%) des colorants réactifs sont azoïques ou métallifères mais aussi anthraquinoniques et phtalocyanines qui sont appliqués surtout pour le vert et le bleu [39].

I. Les colorants azoïques insolubles :

Ils sont générés à partir des réactions de diazotation-copulation. Ils permettent d'obtenir, sur fibres cellulosiques des nuances vives et résistantes [39].

j. Les colorants dispersés :

Ces colorants sont très peu solubles dans l'eau et la teinture s'effectue non plus en les solubilisant mais en les mettant en suspension dans l'eau sous forme d'une fine dispersion, d'où le nom de colorants dispersés. Ces colorants sont généralement azoïques ou nitrosés (jaune à rouge), anthraquinoniques (bleu et vert) ou métallifères (toutes les couleurs) [39].

K. Les pigments :

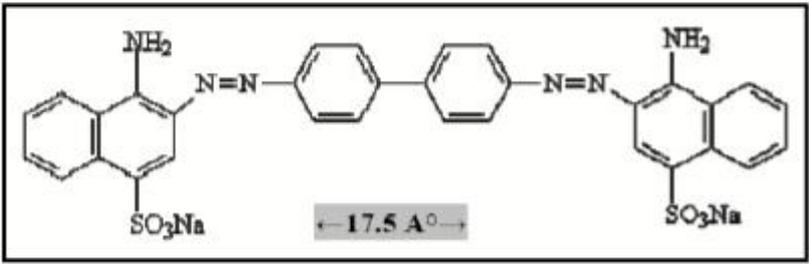
Les pigments sont des molécules insolubles dans l'eau et ne présentent aucune affinité pour les fibres textiles, ils ne peuvent être appliqués qu'en les fixant à la surface des fibres à l'aide d'un liant. Les pigments sont essentiellement utilisés en impression textile, mais également en teinture. Ils sont d'origines très diverses: des produits minéraux (noir de fumée, blanc de zinc) ou des produits organiques sélectionnés pour la stabilité de leur coloration. La plupart des pigments sont des colorants azoïques (jaune, orange, et rouge) ou dérivés de phtalocyanines (bleu et vert) [39].

3- Généralité sur le Rouge Congo**3-1/ Définition et caractéristiques**

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

Le tableau 3.1 représente les principales caractéristiques physico-chimiques du rouge Congo.

Tableau (III.1) : Principales caractéristiques physico-chimiques du Rouge Congo [42.43].

Nom	Rouge Congo (RC)
Famille	Colorants directs
Formule brute	$C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$
Appellation chimique	the sodium salt of benzidinediazo-bis-1 naphthylamine4-sulfonicacid
Masse molaire (g/mol)	696.66 g/mol
λ_{max}	500 nm
Structure	
Solubilité dans l'eau	Elevée
Utilité	Textile
Tension de Vapeur	Faible

3-2/Dangers de Rouge Congo

Tous les dangers que présente le rouge Congo ammoniacal sont dus à l'ammoniaque, sauf le risque de tacher irrémédiablement les vêtements, qui, lui, incombe au colorant. L'ammoniaque, étant très volatile, libère le gaz ammoniac, qui est fortement irritant. Ses propriétés basiques la rendent corrosive, donc, éviter le contact avec la peau et surtout avec les yeux, et éviter de respirer les vapeurs. D'autre part, il est bon de savoir que l'ammoniaque, au contact de l'iode, provoque des réactions à caractère explosif.

Il faut savoir qu'à l'état pur, le rouge Congo :

- Est toxique par contact avec la peau
- Provoque des brûlures
- Est toxique par ingestion et mortel à dose élevée de produit pur évidemment : le RC est létal à 1,43 g/kg de poids humain

- Après contact avec la peau, laver immédiatement et abondamment avec une solution à 1 % de bicarbonate de sodium (NaHCO_3)[44].

3-3/ Domaine d'utilisation de Rouge Congo

Les grands domaines d'application du Rouge Congo sont les suivants:

- L'industrie textile.
- L'industrie de matières plastiques (pigments).
- L'industrie du bâtiment : peintures (pigments).
- L'industrie pharmaceutique (colorants).
- L'industrie des cosmétiques.
- L'industrie agroalimentaire (colorants alimentaires).
- Dans l'imprimerie (encre, papier)[45].

Chapitre IV

Etudes précédentes

1/Valorisation des pelures des pommes de terre pour le traitement des eaux des rejets textiles [46] :

1-1/Introduction

La présente étude en essayant de tester des matériaux issus de déchets agro-alimentaires, ils choisissent les pelures de pomme de terre (EPT), afin d'éliminer certains polluants organiques tels que les colorants textiles, et ils ont a choisi comme colorant le bleu turquoise (BT).

1-2/ Résultats

Avant de procéder à l'étude de l'isotherme d'adsorption, ils avant d'abord essayé de déterminer les paramètres optimums. L'équilibre d'adsorption a eu lieu pour une masse en adsorbant ($m= 0,15g$) et en milieu fortement acide ($pH= 2,1$).

a-Isothermes d'adsorption :

Afin d'étudier le pouvoir adsorbant de notre système, ils avant appliqué deux modèles différents : Langmuir et Freundlich. L'isotherme d'adsorption a été étudiée pour des concentrations en colorant BT allant de 10 à 250mg/l (Figure1). A partir de l'isotherme de Langmuir, cinq formes linéaires ont été étudiées afin de choisir le meilleur modèle à partir du coefficient de régression R_2 . Les formes linéaires et non linéaires des deux modèles sont représentées sur le Tableau. Il a été trouvé que l'isotherme de Freundlich déterminée par la courbe $\ln q_e = f(\ln C_e)$ a donné le meilleur ajustement (Tableau1). La quantité maximale adsorbée déterminée par le modèle de Langmuir est égale à 76,92mg/g.

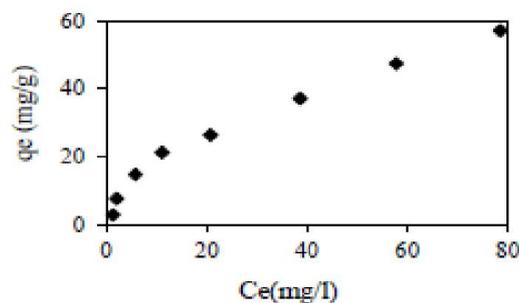


Figure IV-1: Isotherme d'adsorption du BT sur les EPT.

Tableau IV-1: Différents modèles d'isotherme.

Modèle de l'isotherme	Linéaire	Non linéaire
Langmuir	$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_{max}K_L} + \frac{C_e}{Q_{max}}$	$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_{max}K_L} + \frac{C_e}{Q_{max}}$
Freundlich	$Q_e = K_f \cdot C_e^{1/n}$	$Ln Q_e = \frac{1}{n} Ln C_e + Ln K_f$

Il est généralement admis que des faibles valeurs de 1/n (0,1 < 1/n < 0,5) sont caractéristiques d'une bonne adsorption, alors que des valeurs plus élevées révèlent une adsorption modérée (0,5 < 1/n < 1) ou faible (1/n >1). Une caractéristique essentielle de l'isotherme de Langmuir peut être exprimée par une constante dimensionnelle notée paramètre d'équilibre RL (ou facteur de séparation). La valeur de RL déterminée par la relation (1) pour l'adsorption du BT sur les PPT est égale à 0,10 ce qui indique que notre adsorption est favorable.

$$RL = 1 / (1 + KL \cdot C_0) \quad (IV.1)$$

Avec : C₀ la concentration maximale du colorant BT (mg/l), KL la constante de Langmuir et RL la valeur indicatrice du type de l'isotherme pour être irréversible (RL=0), favorable (0<RL<1), linéaire (RL=1) et non favorable (RL>1).

Tableau IV-2: Paramètres des différentes isothermes étudiées.

Isotherme	Paramètres		R ²
Langmuir	q _{max} (mg/g)	K _L (l/mg)	0,938
	76,92	0,033	
Freundlich	K _f (l/mg)	n	0,942
	1,752	1,536	

b- Etude thermodynamique :

L'enthalpie libre standard ΔG₀ est déterminée par la relation (2) :

$$\Delta G_0 = -RT Ln Kc \quad (IV.2)$$

Avec : ΔG₀ : enthalpie libre de Gibbs (kJ mol⁻¹) ; R la constante des gaz parfaits (8,314 J mol⁻¹ K⁻¹), T la température absolue (K) et Kc la constante d'équilibre calculée comme suit: Kc= Cs/Ce tel que Cs (mg/L) la concentration du colorant adsorbé et Ce (mg/L) la concentration du colorant à l'équilibre.

Les valeurs de l'enthalpie ΔH° et l'entropie ΔS° peuvent être déterminées à partir de la relation de Van't Hoff (3).

$$\ln K_c = (-\Delta H^\circ / RT) + (\Delta S^\circ / R) \quad (IV.3)$$

Le tracé de la droite $\ln K_c = f(1/T)$ nous renseigne sur les valeurs moyennes des variations d'enthalpie et d'entropie de l'adsorption du BT sur les EPT dans le domaine de la température étudié (Figure2). Les paramètres thermodynamiques sont inscrits sur le (Tableau 3).

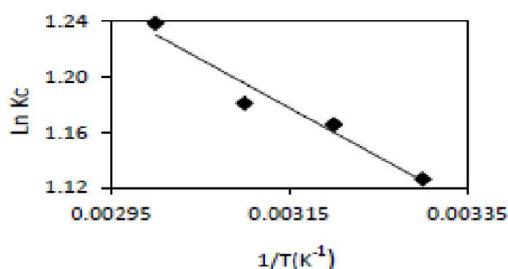


Figure IV-2 : Equation de Van'tHoff de l'adsorption du BT sur les EPT.

Les valeurs négatives de ΔG_0 suggèrent que l'adsorption du BT sur les PPT est très favorable. Les valeurs de ΔH_0 et ΔS_0 sont égales à 6,817 KJ.mole⁻¹ et à 44,01 J.mole.K⁻¹ respectivement, les valeurs positives de ΔH_0 et de ΔS_0 montrent respectivement que l'adsorption est endothermique reflète une augmentation aléatoire du désordre sur l'interface solide/solution durant l'adsorption. La valeur de ΔG_0 comprise entre (-20 et 0 KJ.mole⁻¹) et celle de ΔH_0 qui appartient à l'intervalle (1- 93 KJ.mole⁻¹) montrent que l'adsorption est physique.

Tableau IV-3: Paramètres thermodynamiques de l'adsorption du BT sur les EPT.

$-\Delta G^0$ (KJ.mole ⁻¹)				ΔH^0 (KJ.mole ⁻¹)	ΔS^0 (J.mole.K ⁻¹)
298K	308K	318K	328K	6,817	44,01
6,416	6,862	7,197	7,771		

1-3/Conclusion

L'objectif de cette étude consiste en la préparation des adsorbants à partir de déchets de l'agriculture afin d'obtenir un produit applicable dans le traitement des eaux et notamment pour la décoloration des effluents utilisés dans l'industrie textile (élimination d'un colorant anionique BT). C'est un adsorbant à faible coût. Ils ont trouvé que $0 < RL < 1$, donc on peut dire que cette isotherme d'adsorption est favorable pour le colorant BT. Les résultats montrent que l'isotherme d'adsorption du colorant BT sur les EPT suit le modèle de Freundlich. Les paramètres thermodynamiques obtenus sont des valeurs négatives pour ΔG_0 indiquant une réaction d'adsorption spontanée, des valeurs positives pour ΔH° traduit par un processus endothermique et des valeurs positives pour ΔS° , ce qui montre que les molécules du BT restent moins ordonnées sur l'interface solide/ solution au cours du processus.

2/ Valorisation du bois des noyaux des dattes d'une variété de palmier de la région de Tinghir (Maroc): Application à l'élimination de BM [47]:

2-1/Introduction

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la recherche d'adsorbants, efficaces et moins coûteux. Ils étaient intéressés à des matériaux agro ressources en l'occurrence les noyaux des dattes (ND) de palmier dattier. L'efficacité de ce matériau est testée en utilisant le Bleu de Méthylène (BM). Les différents paramètres influençant l'adsorption (masse de l'adsorbant, température, pH et concentration de la solution, etc.) ont été étudiés. L'étude des isothermes d'adsorption a montré que le modèle de Langmuir décrit mieux l'adsorption du BM sur les ND.

2-2/Résultats

a-Effet de temps de contact :

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 9. Dans les premières minutes la cinétique d'adsorption est très rapide, ce qui peut être expliqué par la disponibilité des sites actifs sur la surface de l'adsorbant. Ensuite elle devient plus lente jusqu'à atteindre l'équilibre après l'occupation de la majorité des sites par les ions de BM. Dans la suite de travail un temps de contact de 60 min paraît largement suffisant pour atteindre l'équilibre.

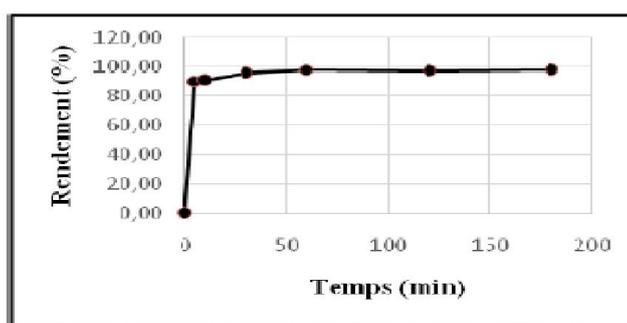


Figure IV-3: Effet du temps sur le rendement d'adsorption ($C_0= 128$ mg/L ; $V= 50$ mL ; $T= 22\pm 1^\circ\text{C}$; $m= 3$ g).

b- Effet de la masse de l'adsorbant :

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 10.

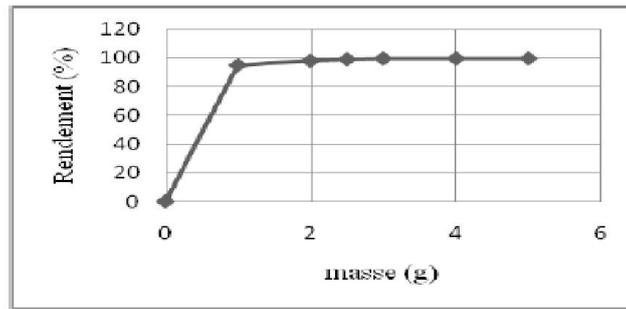


Figure IV-4: Effet de la masse d'adsorbant sur l'adsorption (temps de contact = 60 min ; $C_0 = 128\text{mg/L}$; $V = 50\text{mL}$; $T = 22 \pm 1^\circ\text{C}$).

L'analyse de ces résultats montre que le rendement d'adsorption de BM augmente avec la masse d'adsorbant pour se stabiliser à une valeur proche de 3g de ND.

c- Effet de pH :

La figure 11 présente les résultats obtenus au cours de cette étude.

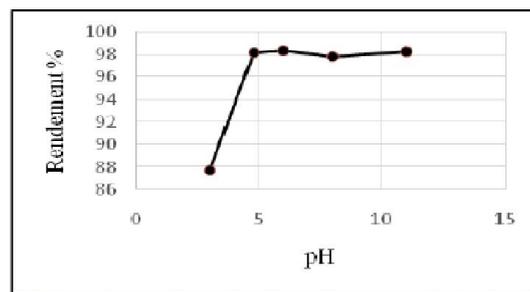


Figure IV-5: Effet du pH de la solution sur l'adsorption (temps de contact = 60 min ; $C_0 = 128\text{mg/L}$; $V = 50\text{mL}$; $T = 22 \pm 1^\circ\text{C}$; $m = 3\text{g}$).

Les résultats obtenus montrent que le milieu basique est plus tôt favorable à l'adsorption de BM sur le matériau étudié que le milieu acide. Cela peut être dû au fait que l'ajout des protons H^+ , entraîne la neutralisation de la charge négative du matériau, ce qui défavorise l'adsorption du B.M cationique en milieu très acide et inversement la favorise en milieu basique.

d- Effet de la concentration initiale de la solution sur l'adsorption :

La figure 12 correspond aux résultats obtenus.

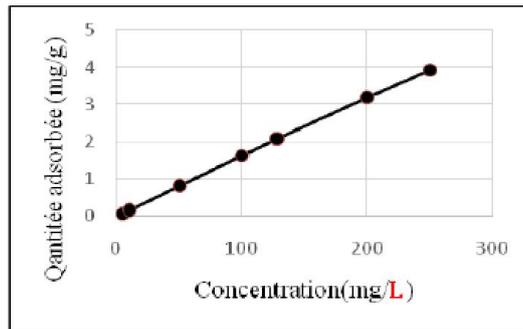


Figure IV-6: Effet de la concentration initiale BM sur la quantité adsorbée (temps de contact = 60 min ; $C_0= 128\text{mg/L}$; $V= 50\text{mL}$; $T= 22\pm 1^\circ\text{C}$; $m= 3\text{g}$).

En analysant ces résultats, nous remarquons que la quantité absorbée augmente avec l'augmentation de la concentration initiale de BM. La linéarité montre que le nombre de sites libres reste constant au cours de l'adsorption, ce qui signifie que les sites sont créés au cours de l'adsorption.

e- Effet de la température sur adsorption :

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 13.

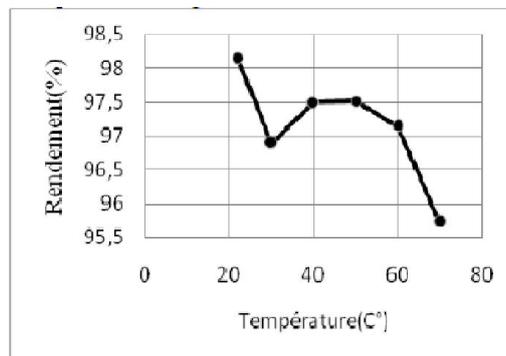


Figure IV-7: Effet de la température sur l'adsorption (Temps de contact = 60 min ; $C_0= 128\text{mg/L}$; $V= 50\text{mL}$; $m= 3\text{g}$).

La diminution de la capacité d'adsorption du BM avec la température indique que le processus est exothermique, et *conduirait dans ces conditions à une adsorption physique.*

f- Isothermes d'adsorption :

Les isothermes d'adsorption sont obtenues par la représentation graphique de $Q_e = f(C_e)$ où Q_e et C_e sont respectivement la quantité de colorant adsorbé par g d'adsorbant et la concentration à l'équilibre de ce colorant.

Les paramètres caractéristiques de chaque modèle sont regroupés dans le tableau.

Tableau IV-4: Les paramètres caractéristiques des modèles d'adsorption.

Langmuir			
K_L (L/mg)	Q_m (mg/g)	R_L	R^2
0,17	5,78	0,1 / 0,02	0,99
Freundlich			
K_F (L/g)	$1/n$	R^2	
0,9	0,58	0,98	
Henry			
K_d (L/mg)	R^2		
0,23	0,96		

Selon ces résultats nous pouvons conclure que :

- Le modèle de Langmuir décrit mieux l'adsorption du BM sur les ND.
- L'adsorption de BM sur le ND est favorable puisque le facteur de séparation R_L est compris entre 0 et 1.

2-3/Conclusion

Dans ce travail, ils ont utilisé un matériau d'origine naturelle en l'occurrence : les noyaux des dattes, pour promouvoir d'une part une méthode simple rentable et efficace capable de limiter la pollution engendrée par un colorant industriel : le bleu de méthylène ; et d'autre part, une valorisation de matériau utilisé. Dans cette étude ils ont déterminé la masse et le temps de contact optimale, et ils ont montré que l'effet de température et du pH sur l'adsorption de BM sur notre adsorbant est positif. Les isothermes de Henry, Freundlich, et Langmuir sont réalisées dans des conditions opératoires identiques, les résultats obtenus montrent que l'adsorption de BM sur ND est mieux décrite par l'isotherme de Langmuir. Les différents résultats obtenus sont prometteurs et encourageant pour envisager une étude plus complète dans l'objectif de montrer que l'adsorbant choisi pour cette étude est efficace et pourrait être utilisé comme un agent de sorption économique pour les effluents industriels.

3/Étude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de Cactus [48]:

3-1/Introduction

Dans un procédé physico-chimique d'adsorption, pour traiter des rejets colorés d'origine industrielle. Les essais ont été réalisés sur le Bleu de Méthylène (BM) qui est un colorant cationique, ils ont montrés une élimination remarquable dès les 10 premières minutes. L'influence de différents paramètres expérimentaux a été étudiée : masse d'adsorbant, pH et température. Les résultats expérimentaux ont montré que l'adsorption du colorant Bleu de Méthylène sur le Cactus atteint 61% à pH initial et à température ambiante. L'étude de l'isotherme montre que le model de Freundlich décrit bien le processus de l'adsorption du BM sur la poudre de Cactus.

3-2/Résultats

a-Effet de la taille des particules :

La taille de la particule est un facteur important, qui affecte la capacité de l'adsorption. La cinétique d'adsorption a été étudiée pour les différentes granulométries de la poudre allant de $40\mu\text{m}$ à plus que $500\mu\text{m}$. La figure 29 montre que la quantité du BM augmente quand la taille de la particule diminue. Ceci s'explique que plus la granulométrie des particules est fine plus la surface spécifique augmente plus l'adsorption augmente. Dans la suite de leur étude, la cinétique d'adsorption est étudiée pour la taille $\leq 40\mu\text{m}$.

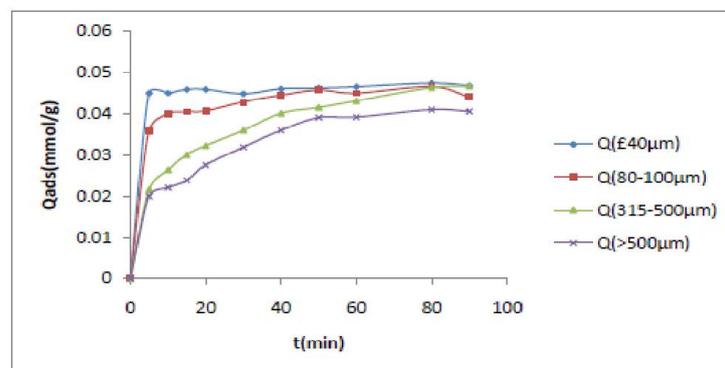


Figure IV-8: Effet de la taille des particules du Cactus sur la cinétique d'adsorption du BM.

b-Cinétique d'adsorption du BM :

Pour déterminer le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre d'adsorption du BM, des expériences ont été réalisées sur un volume de 200 ml d'une solution du BM de concentration égale à 10^{-4} mol/l, à pH initial et avec un rapport de 1g/L de la poudre du Cactus. A des intervalles de temps régulier, on effectue des prélèvements. Après filtration sur membrane Millipore, ils sont analysés par spectrophotomètre UV/Visible à $\lambda = 662\text{nm}$. La figure 30 illustre les variations de la quantité adsorbée du BM en fonction du temps.

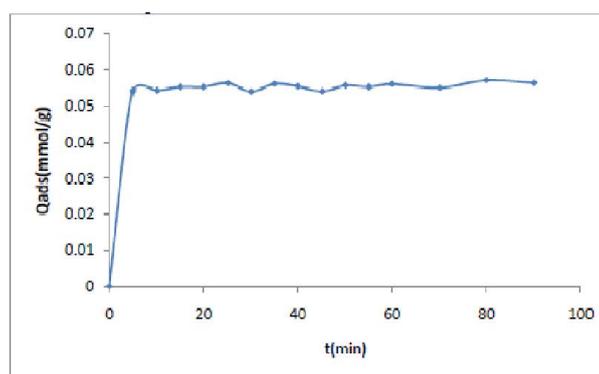


Figure IV-9: Cinétique d'adsorption du BM.

Ils ne constatent que la cinétique d'adsorption du BM présente deux étapes distinctes. La première étape est rapide et correspond au transfert de masse externe tandis que la seconde est lente et liée au phénomène de diffusion (transfert de masse interne). Ils considèrent que l'adsorption du BM sur la poudre de Cactus est un processus rapide, puisque on obtient un temps d'équilibre avoisinant de 10min. Au-delà la quantité adsorbée reste pratiquement constante jusqu'à 90min de réaction. Dans la suite de leur étude, ils travailleront avec un temps de 60min.

c-Effet du pH :

L'effet du pH sur le taux d'adsorption du BM, a été étudié sur une large gamme de pH=1-10. Avec une concentration initiale de 10^{-4} mol/L, une masse de l'adsorbant de 1g/L et à température ambiante. Le pH de la solution a été ajusté aux valeurs désirées par l'addition de HNO_3 ou de NaOH . Les mélanges sont soumis à une agitation constante pendant 1h. Après filtration, le filtrat est récupéré et analysé par UV-Visible. La figure montre une augmentation de la quantité adsorbée de BM entre pH=1-2 de 29% à 46%. Pour le domaine du pH=2-10 on remarque une stabilité de la quantité adsorbée de 51%. Cela peut être expliqué du fait qu'à des faibles valeurs du pH, la surface de l'adsorbant serait entourée par les ions H^+ ce qui diminue l'interaction des ions du bleu de méthylène (polluant cationique) avec les sites de l'adsorbant,

par contre au pH élevé, la concentration en H^+ diminue ce qui engendre une bonne interaction entre les ions du colorant et les sites de la surface. Par la suite, les expériences seront réalisées à pH initial de la solution pH= 5,4.

d-L'effet de la température :

Afin de déterminer la température optimale qui permet d'avoir la meilleure adsorption, des études ont été faites, en utilisant un bain marie, permettant le maintien de la température à la valeur désirée (entre 25°C et 60°C). Les expériences ont été réalisées en ajoutant 1g/L du Cactus à la solution du BM (200 ml, 10^{-4} mol/L, pH initial). La figure montre une diminution de la rétention de BM en fonction de l'augmentation de la température, ce qui indique que la réaction est exothermique. L'élévation de la température défavorise le déroulement du phénomène d'adsorption. Donc les meilleurs résultats sont obtenus dans le domaine de la température ambiante.

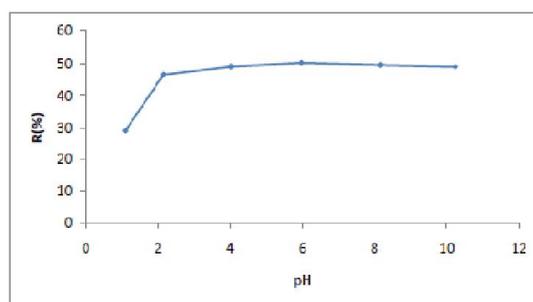


Figure IV-10 : Effet du pH sur l'adsorption du BM par le Cactus.

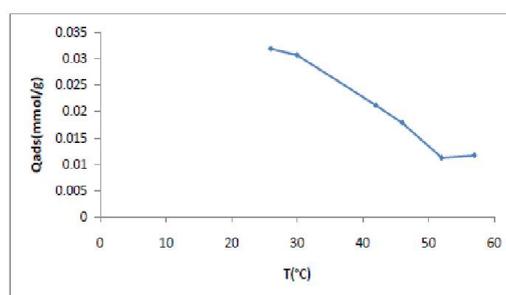


Figure IV-11: Effet de la température sur l'adsorption du colorant BM par le Cactus.

e- Isothermes d'adsorption du BM :

Les données de fixations du colorant sur le Cactus sont traitées selon les équations linéaires de Langmuir, Freundlich. Le but de cette linéarisation est de pouvoir vérifier le modèle

selon lequel se fait l'adsorption et d'en déduire les quantités maximales adsorbées ainsi que l'affinité de l'adsorbat vis-à-vis de l'adsorbant.

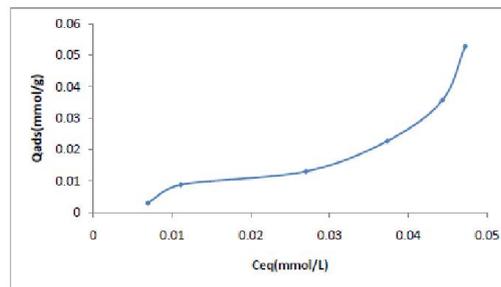


Figure IV-12: Isotherme d'adsorption du Bleu Méthylène.

3-3/Conclusion

Les résultats de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur le Cactus ont montrés que sa rétention est rapide. La taille des particules jouent un rôle très important. Plus la taille est très fine plus il adsorbe mieux. Le pH initial et la température ambiante donnent des pourcentages importants de la rétention du colorant. Le modèle de Freundlich décrit mieux le phénomène d'adsorption du Bleu de Méthylène sur le Cactus. La poudre du Cactus est un biomatériau qu'à des capacités d'adsorption intéressantes qui peut être une alternative aux autres supports commerciaux.

4/ Application des tiges de dattes dans l'adsorption de polluants organiques[49] :

4-1/Introduction

L'objectif de cette étude est la valorisation d'un résidu naturel et son application dans l'élimination par adsorption de deux colorants le Rouge Congo (RC) et le Bleu de Méthylène (BM) contenus dans l'eau. Ce déchet naturel expérimenté est les tiges de dattes qui rentrent dans la gamme de produits ligno-cellulosiques abondants et bons marché, qui peuvent concurrencer les matériaux classiques : charbon, silica gel, alumine etc.

4-2/Résultats

Dans ce travail, ils ont intéressés à l'étude de l'adsorption de deux colorants RC et BM sur les tiges de dattes, qui est un adsorbant naturel et largement disponible au sud algérien comme déchets naturel du cycle du palmier dattier. Cet adsorbant a été utilisé à l'état brut sans traitement préalable ; la préparation de l'échantillon et la procédure d'adsorption ont été déjà décrites précédemment. Afin d'optimiser le pouvoir adsorbant de ce matériau, différentes influences ont été étudiées : masse d'adsorbant, concentration initiale en colorant et temps de contact, les effets de température et de pH.

a- Caractérisation des tiges de dattes :

Tableau VI-5 : Caractérisation des tiges de dattes.

Paramètres	Valeurs
Humidité à 105°C (%)	4
pH	6,09
Densité apparente des tiges g/cm ³	0,4018
Surface spécifique BET (m ² /g)	< 1
Coefficient d'uniformité (CU)	6
Coefficient de perméabilité (K)	100
Conductivité (μS/cm-1)	8,09
Taux de cendre (%)	2,12



Figure IV-13: Aspects de la tige de dattes et des tailles de grains obtenus par broyage et tamisage.

b-Effet de la masse d'adsorbant :

La recherche de la masse minimale nécessaire et suffisante d'un matériau pour adsorber un polluant donné, est une étape primordiale à toute étude sur l'adsorption. C'est la raison pour laquelle ils ont entamé cette étape sur deux colorants le RC et le BM sur les tiges de dattes. La figure, montre une augmentation de l'adsorption du RC et du BM en fonction de la masse de tiges ajoutée dans le milieu réactionnel. Pour ces deux colorants, la masse optimale de tiges est de 0,5g soit une concentration de l'adsorbant en solution de 10g/l. L'augmentation du taux de réduction des colorants avec l'augmentation de la masse d'adsorbant est due à la disponibilité d'une grande surface active en sites.

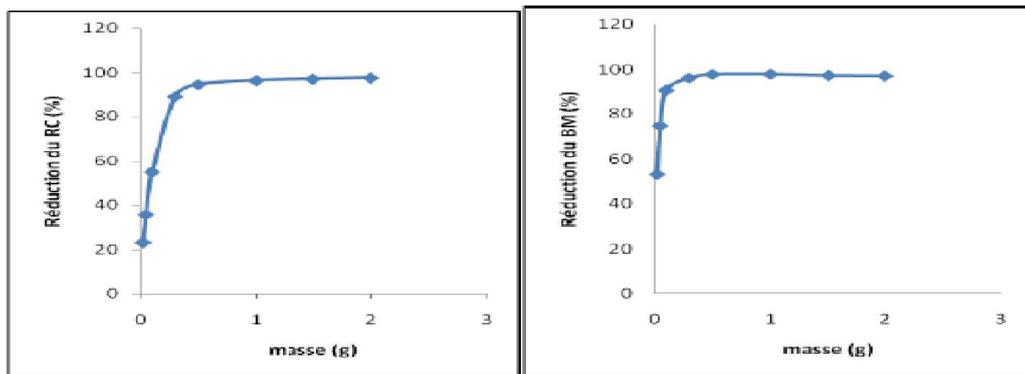


Figure VI-14: Influence de la masse sur l'adsorption du RC et du BM.(Granulométrie : $0,2 < d_{TD} < 0,1 \text{ mm}$; température = 20°C ; $C_0 \text{ RC} = 150 \text{ ppm}$; $C_0 \text{ BM} = 150 \text{ ppm}$; pH libre RC = 7.00 ; pH libre BM = 4.00 ; temps de contact = 60 min).

c- Effet du temps de contact et de la concentration initiale en colorant :

L'adsorption du RC et BM sur les tiges de dattes est conduite à différents temps de contact (0 à 180min) et différentes concentrations initiales en colorants (10 à 150 ppm). La dose

en matériau étant de 10g/l. Les résultats sont présentés en figure. Ils illustrent que la réduction des deux colorants par adsorption sur les tiges, augmente avec l'augmentation du temps de contact.

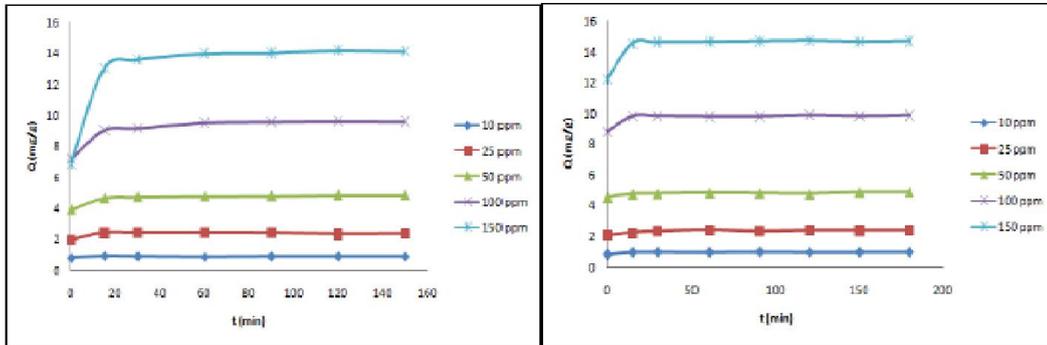


Figure IV-15: Influence du temps de contact et de la concentration initiale sur l'adsorption du RC et du BM sur les tiges de dattes. (Granulométrie : $0,2 < d_{TD} < 0,1 \text{ mm}$; température = 20°C ; Dose tiges = 10 g/l ; pH libre RC = 7.00 ; pH libre BM = 4.00).

d-Effet du pH sur l'adsorption du BM et RC :

Le pH est un paramètre clé dans les phénomènes d'adsorption des composés organiques ou inorganiques. Les colorants anioniques (cas RC) montrent une sorption élevée en dessous de pH 4, alors que les colorants cationiques (cas BM) montrent un maximum d'adsorption à pH 3-4. Ce résultat est observé aussi dans cette étude à concentration initiale de 150ppm en colorant RC ou BM et 10g/l en tiges de dattes. La figure, montre effectivement qu'à pH acide mais inférieur à 2, l'adsorption du RC sur les tiges de dattes est à son maximum alors que le BM est adsorbé au maximum à pH supérieur à 3 et reste constant jusqu'à la limite de l'étude à pH 10.

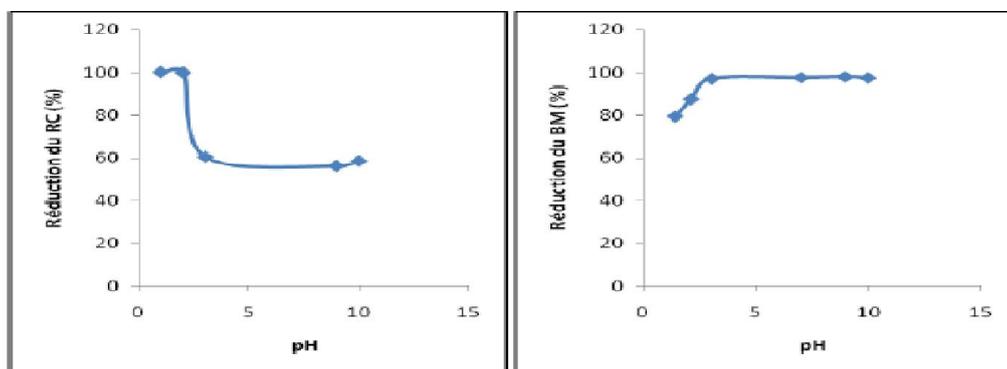


Figure IV-16: Influence du pH sur l'adsorption du RC et du BM sur les tiges de dattes (Granulométrie : $0,2 < d_{TD} < 0,1 \text{ mm}$; température = 20°C ; Dose tiges = 10 g/l ; pH libre RC = 7.00 ; pH libre BM = 4.00 ; temps de contact = 60 min).

e- Effet de la température sur l'adsorption du RC et RC :

Pour tester l'influence de la température de la solution sur l'adsorption du RC et BM sur les tiges de dattes, des essais à température de 10, 20, 30 et 50 °C ont été réalisés. Les résultats montrent que les taux de réduction des colorants, dépassent les 96 et 97% pour le RC et BM successivement.

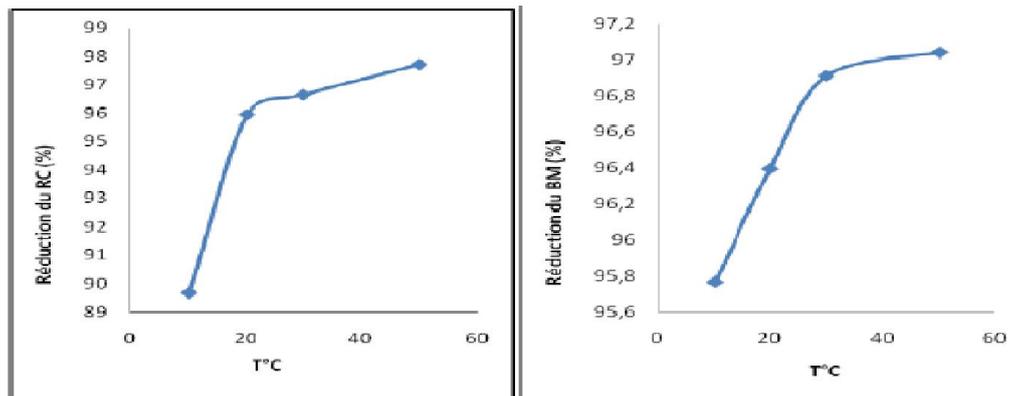


Figure IV-17: Influence de la température sur l'adsorption du RC et du BM sur les tiges de dattes. (Granulométrie : $0,2 < d_{TD} < 0,1 \text{ mm}$; Dose tiges = 10g/l ; pH libre RC = 7.00 ; pH libre BM = 4.00 ; temps de contact = 60 min).

4-3/Conclusion

Les résultats des essais d'adsorption, ont montré que dans des conditions appropriées le taux de réduction est supérieur à 95% pour chacun de ces deux colorants pris à des concentrations initiales entre 10 et 150ppm. La dose en tiges de dattes étant de 10g/L, la température de 20°C, et le temps de contact de 1h. L'étude de l'influence de la température a montré que l'adsorption est endothermique. La seule divergence de comportement entre le RC et le BM est observée pour l'effet pH où le RC a le maximum d'adsorption à $\text{pH} \leq 2$ alors que le BM a une capacité d'adsorption ultime au-delà d'un pH 3. La modélisation des isothermes d'adsorptions obtenues, concorde bien avec les modèles de Langmuir et de Freundlich pour chacun des colorants étudiés.

5/Adsorption d'un colorant basique BM en solution aqueuse, sur un bio adsorbant issu de déchets agricoles de Cucumeropsis manni Naudin [50]:**5-1/Introduction**

L'adsorption sur des bio adsorbants est un procédé courant pour éliminer les micropolluants de l'eau. Le but de notre travail est d'étudier l'adsorption du BM sur le BCM. L'adsorption du bleu de méthylène (BM) sur un bio adsorbant à base des téguments des graines de Cucumeropsis manni Naudin (BCM) a été étudiée en réacteur discontinu. Les effets des paramètres ci-après ont été étudiés pour l'optimisation de l'adsorption : masse de bio adsorbant, temps d'adsorption, concentration et pH de la solution de BM. La capacité ultime d'adsorption vraie a été évaluée à 89,41 mg g⁻¹ à pH 6,67, avec une surface spécifique de 251,87 m² g⁻¹. La capacité d'adsorption augmente avec la masse de bio adsorbant à cause de la disponibilité des sites libres. L'adsorption de BM sur BCM est meilleure en milieu basique, à cause des interactions électrostatiques entre la surface du BCM chargée négativement et les cations organiques de BM. Le BM est éliminé à 80,75% dans les conditions optimales. Les isothermes obtenues sont toutes de type S. Le modèle de pseudo-ordre 1 est mieux approprié pour décrire l'adsorption de BM sur BCM, comparé au modèle de pseudo-ordre 2. L'adsorption de BM sur BCM est mieux décrite par le modèle de Langmuir. Le paramètre de séparation RL de Langmuir et le paramètre 1/n de Freundlich, inférieurs à 1, indiquent que l'adsorption de BM sur BCM est favorable. Les résultats de cette étude montrent que le BCM est un bio adsorbant potentiel pour l'élimination des colorants organiques en solution aqueuse.

5-2/Résultats

L'adsorption du bleu de méthylène a été étudiée en fonction de la masse de bio adsorbant, du temps d'adsorption, du pH de la solution de BM et de la concentration initiale de la solution de BM. Pour chaque paramètre, la capacité ultime d'adsorption apparente et le pourcentage d'adsorption ont été calculés. Les résultats obtenus sont présentés ci-après.

a-Effet de la masse du Bio adsorbant :

Pour déterminer la masse optimale nécessaire pour éliminer le BM, 100 mL de la solution de BM 50 mg L⁻¹ sont mis en contact avec différentes masses de Bio adsorbant. Les résultats présentés par la Figure montrent un accroissement du pourcentage d'adsorption avec la masse du Bio adsorbant. Ces résultats montrent que la capacité ultime d'adsorption diminue brutalement avec

l'accroissement de la masse de Bio adsorbant de 10 mg à 200 mg et ensuite légèrement jusqu'à la masse de 800 mg, masse à partir de laquelle elle devient pratiquement constante.

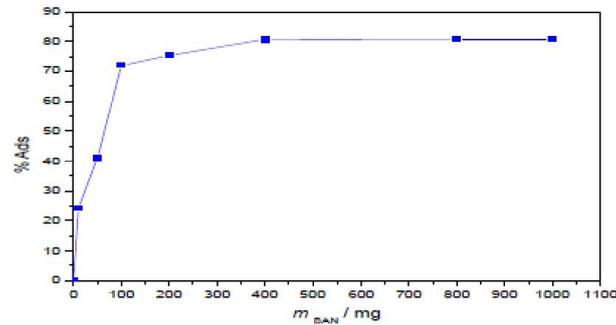


Figure IV-18 : Evolution de Q_m en fonction de la masse de BA ($V= 100 \text{ mL}$; $C_i=50,0\pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$; $\text{pH}=6,67\pm 0,01$; $T= 29\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$).

b- Effet du temps d'adsorption :

L'effet du temps sur l'adsorption a été étudié en mettant en contact une solution de BM 50 mg L^{-1} avec une masse donnée de Bio adsorbant. Les résultats obtenus consignés dans la Figure indiquent une diminution progressive de la concentration résiduelle avec le temps de contact dépendant de la masse de bio adsorbant ; et après un temps donné, la concentration résiduelle demeure constante. Le pourcentage d'adsorption de BM sur BCM augmente avec le temps de contact.

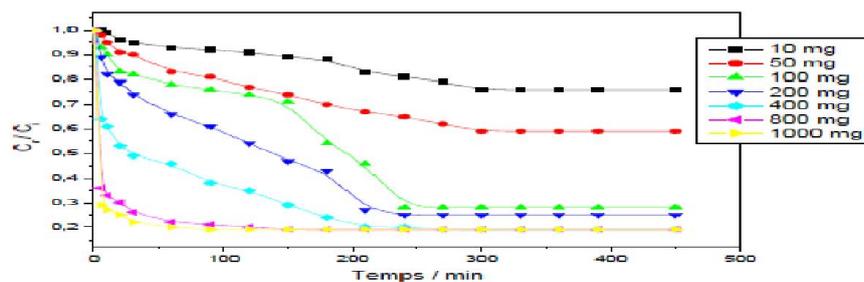


Figure IV-19: Evolution de la concentration résiduelle de BM en fonction du temps pour différentes masses de Bio adsorbant ($V= 100 \text{ mL}$; $C_i=50,0\pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$; $\text{pH}=6,67\pm 0,01$; $T= 29\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$).

c- Effet du pH sur le pourcentage d'adsorption et la capacité d'adsorption :

L'effet du pH sur l'adsorption a été étudié avec des solutions de BM 50 mg L^{-1} pour les pH 3, 4, 5, 8, 10 et 12, en utilisant une masse de Bio adsorbant de 800 mg, masse optimale déterminée expérimentalement. Les courbes présentées dans la Figure montrent une diminution de la

concentration réduite en fonction du temps d'adsorption, à différents pH, jusqu'à une valeur minimale qui reste constante à partir de 150 minutes, dans la plupart des cas.

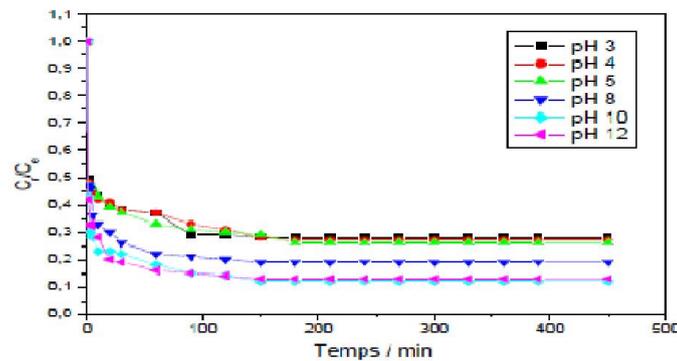


Figure IV-20: Evolution de la concentration réduite en fonction du temps différents pH
($V= 100 \text{ mL}$; $C_i=50,0\pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$; $m_{BA}= 800 \text{ mg}$; $T= 29\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$).

5-3/Conclusion

L'adsorption de BM sur le BCM augmente avec la masse du bio adsorbant. La concentration optimale de BCM a été estimée à $800 \text{ mg}/100 \text{ mL}$. Le temps d'équilibre diminue avec l'augmentation de la masse de BCM. Le temps optimum déterminé est de 150 minutes. Le taux de rabattement passe de 24,25% lorsque la masse de BCM augmente de 10 mg à 1000 mg. Cet accroissement est attribué à la disponibilité des sites libres avec la masse de BCM. Le pH optimum pour l'élimination de BM par le BCM est 10. L'adsorption de BM est meilleure en milieu basique (87,88%) comparée au milieu acide (74,13%); cela s'explique par le fait qu'en milieu basique, la surface du bio adsorbant est négative, d'où l'accroissement des interactions électrostatiques avec les cations organiques provenant de la dissociation des molécules de BM. L'adsorption de BM sur le BCM est mieux décrite par le modèle de Langmuir qui donne des coefficients R^2 proches de 1 ; ce qui suppose une adsorption en monocouche, absence d'interactions entre les molécules adsorbées et celles encore au cœur de la solution. Le modèle de pseudo-ordre 1 décrit mieux l'adsorption de BM sur le BCM ; le mécanisme d'adsorption est donc gouverné par la réaction de surface. Les paramètres RL et $1/n$ inférieurs à 1, obtenus dans la plupart de cas, indiquent que l'adsorption de BM sur BCM est favorable. Le BCM est donc un adsorbant potentiel pour l'élimination de BM en solution aqueuse.

6/Adsorption des colorants Bleu de méthylène et Rouge Congo en milieu aqueux par l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre [51]:**6-1/Introduction**

Dans ce travail, ils étudient l'adsorption en milieu aqueux de deux colorants organiques, Bleu de méthylène (BM) et Rouge Congo (RC), sur l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre. Les deux supports végétaux ont été préalablement caractérisés. Une série d'expériences a été ensuite réalisée afin d'étudier l'influence de différentes conditions opératoires sur la capacité d'adsorption. L'ensemble des résultats obtenus montrent que le colorant cationique "Bleu de méthylène" s'adsorbe mieux sur les deux supports étudiés que le colorant anionique "Rouge Congo" dont l'adsorption est faible. L'étude de l'effet du pH montre que l'adsorption du colorant BM est influencée en milieu trop acide. Le modèle cinétique du second ordre s'applique parfaitement dans le cas des systèmes adsorbant/adsorbât étudiés. Les isothermes d'adsorption du colorant BM sur l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre sont décrites de manière satisfaisante par le modèle de Langmuir. L'écorce de palmier s'est avérée être le support le plus performant pour l'élimination du colorant BM. La capacité d'adsorption maximale de l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre est respectivement d'environ 111,11 mg/g et 17,54 mg/g. D'autre part, l'étude thermodynamique de l'adsorption du colorant BM sur les deux supports végétaux étudiés montre qu'il s'agit d'un processus spontané, exothermique et de nature physique.

6-2/Résultats***a-Effet de la masse de l'adsorbant sur la décoloration :***

Dans des erlenmeyers contenant 100 mL de la solution colorée à 25 mg/L (pH sans correction = 6,4), ils ont introduit des masses croissantes de l'écorce de palmier ou la bagasse de canne à sucre allant de 0,05 g à 2,4 g. Le mélange ainsi obtenu a été ensuite agité (500 rpm) pendant 2 heures. Les surnageants obtenus ont été analysés pour déterminer la concentration résiduelle du colorant en fonction de la masse de l'adsorbant ajouté. La figure illustre les résultats obtenus qui montrent que la concentration résiduelle de l'adsorbât diminue avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant utilisé. Une masse optimale de 0,5 g de la bagasse de canne à sucre fait diminuer la concentration de la solution de Bleu de méthylène de 25 mg/L à 5,25 mg/L et celle de la solution de Rouge Congo de 25 mg/L à 24,25 mg/L. D'autre part, une masse optimale de 0,1 g de l'écorce de palmier diminue la concentration de la solution

de Bleu de méthylène de 25 mg/L à 0,87 mg/L et celle de la solution de Rouge Congo de 25 mg/L à 21,95 mg/L. En effet, l'augmentation de la dose de l'adsorbant fait croître le nombre des sites disponibles pour la fixation des colorants, ce qui favorise par conséquent le phénomène de décoloration. L'ensemble de ces résultats montre bien que les deux supports végétaux ont une grande affinité pour le colorant cationique BM. Ce pendant, l'adsorption du colorant anionique Rouge Congo sur les deux matériaux reste faible. Comme ils pouvant le constater (Tableau), le rendement de décoloration d'une solution de BM à 25 mg/L peut atteindre 96,5% et 79% en utilisent respectivement l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre. En revanche, les rendements obtenus dans le cas du colorant anionique Rouge congo ne dépassent pas 12,2% et 3% respectivement dans le cas de l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre. L'adsorption dépend donc à la fois de la nature de l'adsorbât et celle du matériau adsorbant.

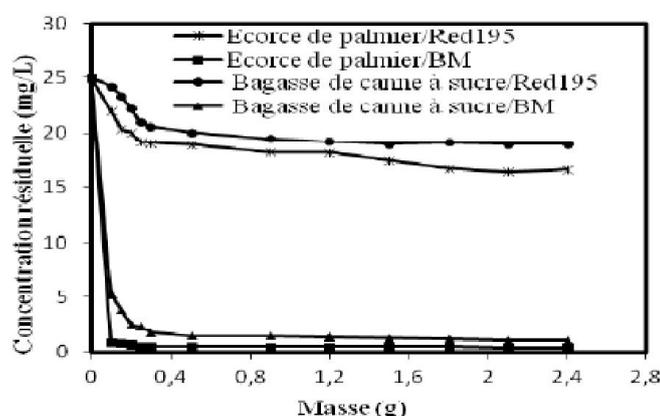


Figure IV-21 : Concentration résiduelle des colorants BM et Rouge congo en fonction de la masse de l'adsorbant ($C_0= 25$ mg/L ; $pH_{SC}= 6,4$; Vitesse d'agitation= 500 rpm ; Temps de contact= 2h ; $V= 100$ mL ; $T= 24\pm 2^\circ C$).

Tableau IV-6 : Rendements de décoloration obtenus avec les deux substrats végétaux ($C_0= 25$ mg/L ; $pH_{SC}= 6,4$; Vitesse Agitation= 500 rpm ; Temps de contact= 2h ; $V= 100$ mL ; $T= 24\pm 2^\circ C$).

Support	Ecorce de palmier		Bagasse de canne à sucre	
Colorants	BM	Red195	BM	Red195
Décoloration (%)	96,5	12,2	79	3

b- Effet du pH sur l'élimination des colorants :

Dans ce travail, ils avant étudié l'efficacité d'adsorption des deux colorants à 25 mg/L, en variant le pH de 2 à 12 à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique HCl (0,1N) ou de la soude

NaOH (0,1N) selon le pH voulu. Une masse de 0,1 g de l'écorce de palmier ou 0,5 g de la bagasse de canne à sucre, a été agitée dans 100 mL de la solution colorée. Les résultats obtenus et présentés sur la figure, montrent que l'adsorption du colorant Bleu de méthylène est influencée en milieu trop acide. Cependant, en tenant compte des taux de décoloration atteints, l'influence du pH sur l'adsorption du colorant Rouge Congo reste limitée. Dans ce travail, tous les essais de décoloration sur les deux supports végétaux ont été effectués à pH normal de la solution (sans correction) pour éviter un éventuel effet du pH.

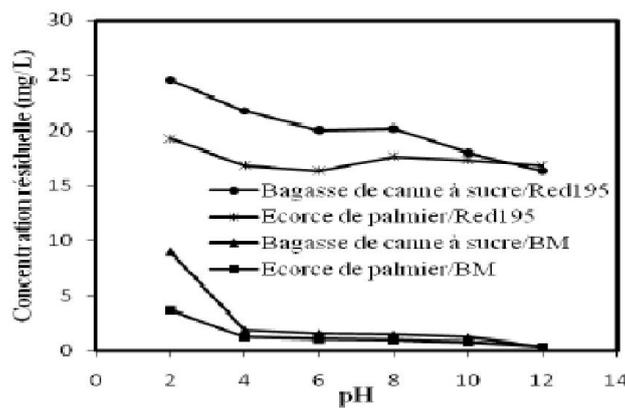


Figure IV-22: Décoloration des solutions aqueuses de Bleu de méthylène et Rouge Congo par l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre en fonction du pH ($V= 100$ mL; $C_0= 25$ mg/L; Temps de contact= 2h; Vitesse d'agitation= 500 rpm; $T= 24\pm 2^\circ\text{C}$).

c- Etude de la cinétique d'adsorption :

Afin d'étudier la cinétique d'adsorption des colorants Bleu de méthylène et Rouge Congo sur l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre, les expériences ont été menées dans les mêmes conditions opératoires décrites précédemment : un volume de 100 mL de la solution colorée à 25 mg/L est agitée à 500 rpm en présence de 0,1 g de l'écorce de palmier ou 0,5 g de la bagasse de canne à sucre à pH normal de la solution sans correction ($\text{pH}_{\text{SC}} = 6,4$). Des échantillons pour analyse ont été prélevés à des intervalles de temps réguliers en vue de déterminer les concentrations résiduelles des colorants. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure.

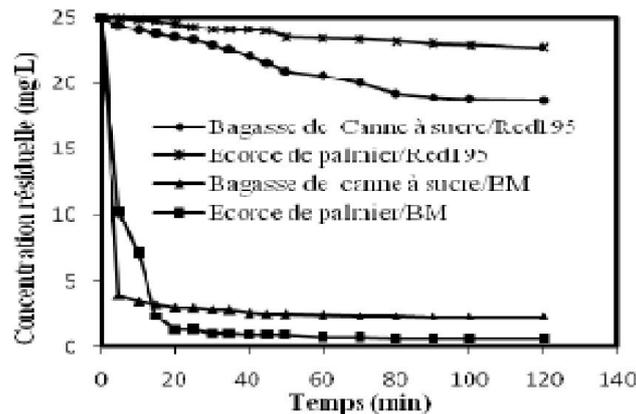


Figure IV-23: Effet du temps de contact sur l'adsorption des colorants BM et Rouge Congo par l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre ($C_0 = 25$ mg/L ; $pH_{SC} = 6,4$; Vitesse d'agitation = 500 rpm ; $V = 100$ mL, $T = 24 \pm 2^\circ C$).

L'étude cinétique de l'élimination des deux colorants par les deux matériaux adsorbants montre que la concentration résiduelle de Bleu de méthylène diminue rapidement avec l'augmentation du temps de contact. L'équilibre est généralement atteint après 20 minutes d'agitation. Après ce temps de contact, le rendement de décoloration de la solution de BM atteint 96% avec l'utilisation de l'écorce de palmier. En revanche, ce rendement ne dépasse pas 4% dans le cas de Rouge Congo. La bagasse de canne à sucre permet d'atteindre un taux de décoloration de l'ordre de 89% et 8% respectivement dans le cas de Bleu de méthylène et de Rouge Congo. Comme dans le cas de l'étude de l'effet de la masse, ils constatent aussi que l'affinité d'adsorption de l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre est plus grande pour le colorant cationique (BM) que pour le colorant anionique (Rouge Congo).

d-Effet de la concentration initiale du soluté :

L'effet de la concentration du soluté sur la décoloration a été étudié en agitant 0,1 g de l'écorce de palmier ou 0,5 g de la bagasse de canne à sucre, pendant 120 minutes, dans des solutions colorées dont la concentration varie de 10 à 250 mg/L. Les tests ont été réalisés à pH normal de la solution ($pH_{SC} = 6,4$) sous agitation de 500 rpm à température ambiante. Les concentrations résiduelles et les quantités de colorant adsorbé par unité de masse de l'adsorbant ont été déterminées. L'évolution de Q (mg/g) en fonction de la concentration initiale du colorant est présentée sur la figure. Les résultats montrent que la capacité d'adsorption de Bleu de méthylène augmente avec l'augmentation de la concentration initiale pour les deux supports végétaux étudiés. Au-delà d'une concentration de 150 mg/L pour l'écorce de palmier, et 200

mg/L pour la bagasse de canne à sucre, on observe un palier dû à la saturation des sites actifs des deux adsorbants en présence d'une teneur élevée en colorant.

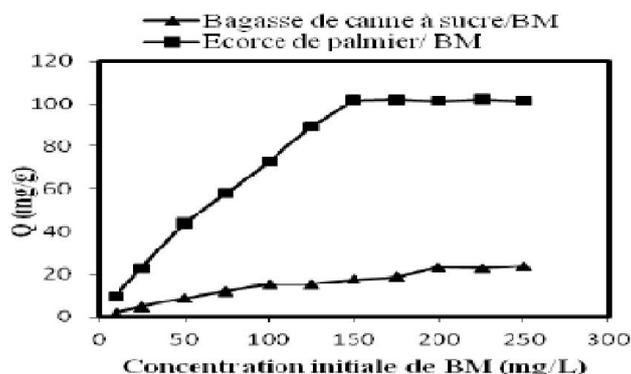


Figure IV-24 : Effet de la concentration initiale du colorant BM sur la décoloration ($pH_{SC}=6,4$; $V=100$ mL; Temps de contact= 2 h; Vitesse d'agitation= 500 rpm ; $T=24\pm 2^{\circ}C$).

e-Effet de la vitesse d'agitation :

Dans le but de déterminer l'effet de l'agitation sur le rendement de décoloration, nous avons varié la vitesse d'agitation de 100 à 900 rpm. Les résultats représentés sur la figure montrent que la concentration résiduelle du colorant Bleu de méthylène en milieu aqueux, pour les deux supports étudiés, décroît avec l'élévation de la vitesse d'agitation et elle devient constante à partir de 500 rpm. La fixation du Bleu de méthylène sur les mêmes supports est due à un phénomène d'équilibre à l'interface adsorbant-adsorbât.

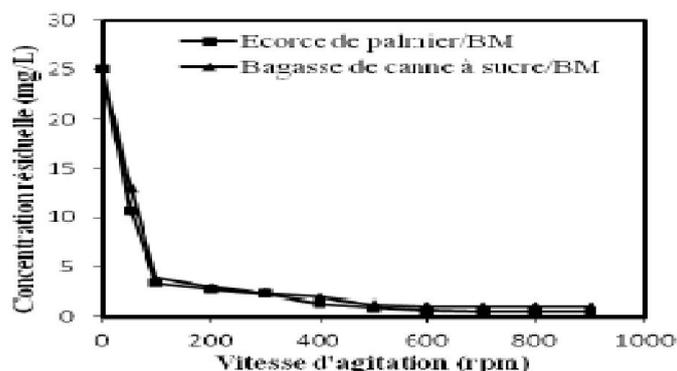


Figure IV-25: Effet de la vitesse d'agitation sur l'adsorption du colorant Bleu de méthylène par l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre ($C_0=25$ mg/L ; $pH_{SC}=6,4$; Temps de contact= 2 h; $V=100$ mL, $T=24\pm 2^{\circ}C$).

f- Effet de la température et étude thermodynamique :

Les paramètres thermodynamiques sont considérés comme des indicateurs réels pour l'application d'un processus d'adsorption, qui peut être endothermique ou exothermique selon le matériau adsorbant et la nature des molécules adsorbées. Dans le but d'appréhender le phénomène thermodynamique de l'adsorption du colorant BM par l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre, ils ont suivi la décoloration en variant la température des solutions colorées de 24 à 83°C. Les essais ont été réalisés sur des volumes de 100 mL des solutions colorées à 25mg/L, à pH normal de la solution ($pH_{SC} = 6,4$), avec une masse de 0,1 g de l'écorce de palmier ou 0,5 g de la bagasse de canne à sucre. Ces mélanges sont maintenus sous agitation constante de 500 rpm pendant une durée de 30 min. La concentration résiduelle du colorant a été déterminée par spectrophotométrie UV-Visible à la longueur d'onde appropriée.

6-3/Conclusion

Les résultats obtenus à l'issue de cette étude ont permis de conclure que le colorant BM s'adsorbe mieux que le colorant Red195 sur les deux matériaux testés. Après 20 minutes d'agitation, le rendement d'élimination de BM des solutions aqueuses à 25 mg/L peut atteindre 96% et 89% respectivement lors de l'utilisation de l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre. Cependant, ce rendement ne dépasse pas 4% et 8% respectivement lors de l'utilisation des deux substrats végétaux pour l'adsorption du colorant anionique Red195. Les résultats obtenus montrent que le modèle cinétique du second ordre s'applique bien dans le cas des systèmes adsorbât/adsorbant étudiés et que l'adsorption du colorant BM sur les deux supports obéit parfaitement à l'isotherme de Langmuir. L'écorce de palmier s'est avérée être le meilleur adsorbant pour l'élimination du colorant BM. La capacité maximale d'adsorption est d'environ 111,11 mg/g et 17,54 mg/g respectivement pour l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre. L'élévation de la température diminue le rendement de fixation du colorant BM sur les deux supports végétaux. En effet, l'adsorption de bleu de méthylène sur l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre est un processus spontané et exothermique. Les interactions entre ces supports et le colorant BM sont de nature physique.

7/Adsorption du méthyle orange sur un bio adsorbant à base de noyaux de mangue [52]:

7-1/Introduction

Afin de clarifier le processus d'adsorption, des expériences en batch ont été réalisées pour étudier l'effet des paramètres opératoires sur le processus d'adsorption tel que : la concentration initiale en méthylorange (10-100 mg/L), masse d'adsorbant (0,1-1 g), temps de contact (10-120 min) et la température (25-55 °C) ont été étudiés. Pour décrire l'équilibre d'adsorption, les données expérimentales ont été analysées par l'isotherme de Langmuir et l'isotherme de Freundlich. Les paramètres thermodynamiques ΔG_0 , ΔH_0 et ΔS_0 ont montré que le processus d'adsorption est spontanément faisable et endothermique.

7-2/Résultats

a-Effet de la concentration initiale :

La figure représente l'effet de la concentration initiale en méthylorange (10-100 mg/L) sur la capacité d'adsorption du bios adsorbant préparé. Nous remarquons que la capacité d'adsorption augmente avec l'augmentation de la concentration initiale de méthylorange. La capacité d'adsorption de 0,58 à 11,82 mg/g pourrait être attribuée au rapport entre les sites actifs disponibles d'adsorption et au nombre initial de molécules de méthylorange.

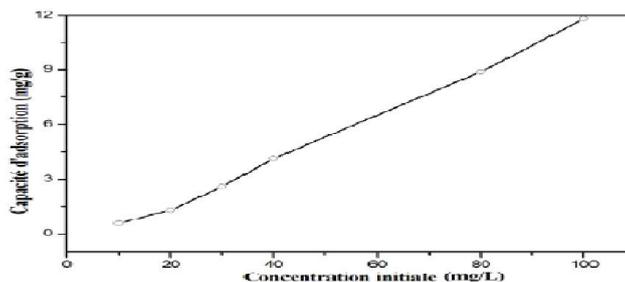


Figure IV-26: Effet de la concentration initiale de méthylorange sur la capacité d'adsorption du bio adsorbant (m : 0,3 g ; pH : 6,8 ; T : 25 °C ; t : 60 min).

b- Effet de la masse du bio adsorbant :

La masse du bio adsorbant est l'un des principaux paramètres dans le processus d'adsorption. L'effet de la masse du bio adsorbant a été étudié dans l'intervalle 0,1-1 g dans un volume de solution MO de 50 ml et l'évolution du taux d'élimination est représentée dans la

Figure. Les résultats obtenus montrent que le taux d'élimination augmente progressivement avec l'augmentation de la dose du bio adsorbant. Le taux d'élimination augmente de 22,8 jusqu'à 49,6%. La masse de 0,3 g a été considérée comme la valeur optimale de la dose du bio adsorbant pour les autres expériences.

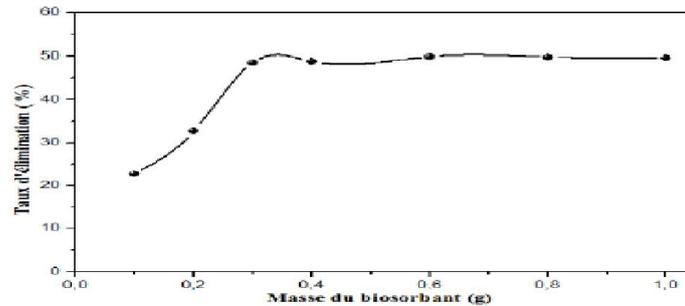


Figure IV-27: Effet de la masse du bio adsorbant sur le taux d'élimination du bio adsorbant (C_0 : 100 mg/L ; pH : 6,8 ; T : 25 °C ; t : 60 min).

c- Effet du temps de contact :

L'effet du temps de contact sur le taux d'élimination de méthylorange, a été étudié sur une gamme de 10 à 120 min et la variation de la capacité d'adsorption est représentée sur la figure. Avec une concentration initiale de 100 mg/L, une masse de bio adsorbant 0,3 g et à température ambiante. Les résultats obtenus montrent que le taux d'élimination augmente rapidement pendant les 40 premières minutes, puis augmente lentement, ensuite il reste quasiment constant. La figure montre que le taux d'élimination a été atteint à 40 min avec 46,84 %. L'augmentation du taux d'élimination dans la première partie pourrait être due au transfert de masse externe qui est rapide. Puis, l'augmentation lente du taux d'élimination de méthylorange jusqu'au temps d'équilibre qui est 40 min. Cela signifie qu'il y a un transfert de masse interne de l'adsorbant, ceci correspond généralement à un phénomène de diffusion dans la porosité interne de l'adsorbant.

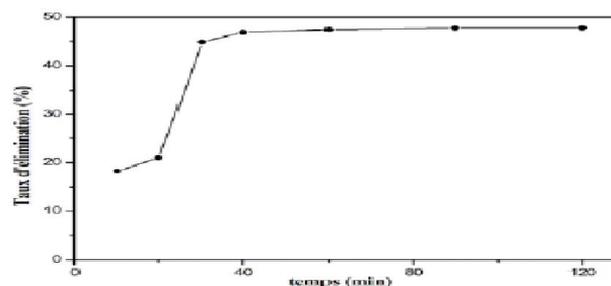


Figure IV-28: Effet du temps de contact sur l'adsorption de méthylorange par le bio adsorbant préparé (C_0 : 100 mg/L ; m : 0,3 g ; pH : 6,8 ; T : 25 °C).

d- Effet de la température :

L'effet de la température a été étudié dans l'intervalle 25-55 °C et les résultats sont donnés dans la figure. Les expériences ont été réalisées en mélangeant 0,3 g du bio adsorbant avec la solution de méthylorange (50 ml, 100 mg/L, pH initial). La figure 4 montre une diminution du taux d'élimination du colorant en fonction de l'augmentation de la température, il diminue de 47,37 % jusqu'à 16,66 % dans la gamme de température étudiée. Donc les meilleurs résultats sont obtenus dans le domaine de la température ambiante.

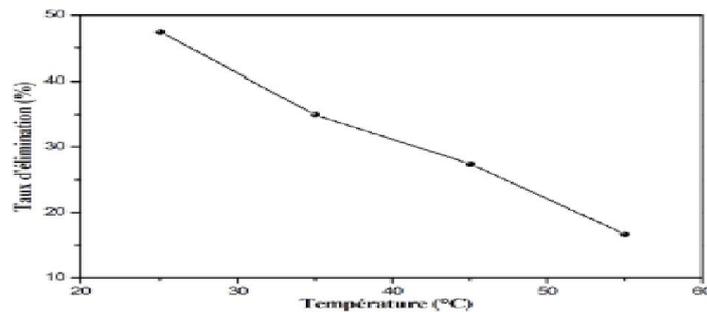


Figure IV-29: Effet de la température sur l'adsorption du méthylorange (C_0 : 100 mg/L ; m : 0,3 g ; pH : 6,8 ; t : 40 min).

7-3/Conclusion

Dans cette étude, les noyaux de mangue ont été utilisés comme bio adsorbant pour l'élimination de méthylorange en mode batch. Les paramètres expérimentaux optimaux pour l'adsorption d'acide orange 52 sont : pH initial (6,8), la dose d'adsorbant (10 g/L), le temps de contact (40 min), la concentration initiale (100mg/L) et la température (25 °C). Les résultats expérimentaux d'isotherme d'adsorption sont en bon accord avec le modèle de Freundlich ($R^2 > 0,99$). La capacité d'adsorption maximale de monocouche Q_{max} du méthylorange s'est avérée être de 5,71 mg/g à 25 °C. Les paramètres thermodynamiques ΔG_0 , ΔH_0 et ΔS_0 ont montré que le processus d'adsorption est spontanément faisable et endothermique. Basant sur les résultats obtenus dans la présente étude, ils peuvent conclure que les noyaux de mangue est un bio adsorbant facilement disponible et à faible coût; ils peuvent être considérés comme un moyen rentable et un bio adsorbant potentiel pour l'élimination des colorants à partir de solutions aqueuses.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le traitement des eaux contaminées par des métaux ou des micro-polluants du type colorants ou autres, fait en général intervenir des techniques onéreuses telles que la précipitation, la filtration sur membrane, l'échange d'ions, l'adsorption sur charbon actif, etc. des techniques alternatives sont aujourd'hui étudiées afin d'une part, réduire les coûts de traitement et d'autre part utiliser au maximum des ressources renouvelables et valoriser des déchets issus d'activités industrielles ou agricoles . En général, un matériau adsorbant est économique s'il est utilisable dans un procédé simple et s'il est abondant naturellement (au moins localement).

Les capacités de nombreux sous-produits agricoles ou agroindustriels à fixer des colorants peuvent être exploitées pour la mise en œuvre de procédés de traitement d'effluents industriels pollués. Il s'agit d'un débouché économiquement attractif, moins coûteuse et permettant du même coup de valoriser des déchets qui sont parfois sources de nuisances.

La présente étude en essayant de tester des matériaux issus de déchets agro-alimentaires, afin d'éliminer certains polluants organiques tels que les colorants textiles.

Ce présent travail avait pour objectif principal l'application des supports naturelles ou biomatériaux (bioadsorbant) dans l'adsorption de certains colorants susceptibles d'être présents dans les eaux teinturières. Elle nous a permis, d'une part, de dégager quelques conclusions quant à l'importance dans l'adsorption de colorant, de la nature des supports adsorbants, de Les différents paramètres influençant l'adsorption (masse de l'adsorbant, température, pH et concentration initial de la solution, temps de contact, etc.), et du rôle que jouent les charges de surface des différents matériaux utilisés; et d'autre part, on a pu mettre en évidence les processus probables d'adsorption des colorants sur ces supports.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] **Z. Hassi ,S. Lechelah** , Synthèse des hydrotalcites et leurs applications dans le traitement des eaux , Master , Université d'El Oued (2011).
- [2] **Saquist M., Muneer M.**, Dyes and Pigments, 56(1) (2003) 37- 49.
- [3] **KIHAL, M.** Contribution à l'étude de décharge de SafSaf (Tlemcen). Thèse de doctorat : En Ecologie végétal et Environnement. Tlemcen : Université Aboubakr Belkaïd, 2015,59p.
- [4] L'article L 541-1-1 du Code de l'environnement définit les notions suivantes.
- [5] **ASNOUNE, Meriem** .Optimisation de la gestion des déchets ménagers dans quelques villes de l'Ouest Algérien. Thèse de doctorat : Génie Analytique et Environnemental. Mostaganem: Université Abdelhamid Ibn Badis, 2017,111p.
- [6] **Christian N., Alain R.**, 2004- Déchets et pollution. 1éd. Dunod, Paris, p. 134.
- [7] **René M.**, 2009- Le traitement des déchets. éd. TEC et DOC, Paris, p.p. 1-6.
- [8] **Jean-Michel B.**, 2004- Gestion des déchets. 3éd. DUNOD, Paris, p. 448.
- [9] **Dominique M.**, 2010- Les productions légumières. 3éd. Educagri, France, p.p. 93-98.
- [10] **Boufares K.**, 2012- Comportement de trois variétés de pommes de terre (Sunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique. Mem. Img. Agro., Univ. Abou BakrBelkaid, Tlemcen, p. 77.
- [11] **Wu ZG, Xu HY, Ma Q, and all.** 2012.Isolation, identification and quantification of unsaturated fatty acids, amides, phenolic compounds and glycoalkaloids from potato peel. Food Chemistry.135 : 2425 - 2429 .
- [12] **Arapoglou D, Vlyssides A, Haidemenaki K, and all.** 2009. Alternative ways for potato industries waste utilisation. In: Proceedings of the 11th International Conference on Environmental Science and Technology, Chania, Crete, Greece, (3–5 September).
- [13] **Rousselle P., Robert Y., Grosnier J C.**, 1996- La pomme de terre. 1éd. INRA, France, p. 509.
- [14] **KANIA. A.** Utilisations de charbons actifs dans des procédés d'adsorption de Composés Organiques Volatils et des procédés de catalyse dans l'eau. Thèse de doctorat : chimie organique et macromoléculaire. Université d'Artois : faculté des sciences Jean Perrin, 2010,172p.
- [15] **YU, L et LUO, Y-M.**The adsorption mechanism of anionic and cationic dyes by Jerusalem artichoke stalk-based mesoporous activated carbon. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2014, vol. 2, no 1, p. 220-229.
- [16] **BLAZYP J** (1994). Métallurgie du plomb Procédés modernes et sources secondaires,

Techniques de l'ingénieur V.J2. J.2730. 5.

[17] **YAHIAOUI N** (2012). Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif. Mémoire de magister en chimie , option chimie de l'environnement, université de TIZI OUZOU, pp : 33-45.

[18] **MEBARKI.B** .Etude des transferts de chaleur et de masse dans une machine frigorifique à adsorption solaire. Thèse de doctorat : Génie Climatique. Université de Constantine, 2017 ,161p

[19] **SREEREMYA S**. Adsorption-Review .International Journal of Advance Research and Development. 2017, Volume2, N°.2, p1-4 .disponible : sur <www.ijarnd.com>.

[20] **CHEKEM, C**. Matériaux carbonés multifonctionnels à porosité contrôlée à partir des ressources végétales tropicales: application au traitement de l'eau par photocatalyse. Thèse de doctorat : sciences de l'ingénieur .Université de Perpignan, 2017,255p.

[21] **ADRAR, I**. Utilisation des noyaux de dattes pour l'élimination des ions Fe^{2+} en solution aqueuse. Mémoire de magister : Chimie de l'Environnement. Université de Tizi-Ouzou, 2016, 102p.

[22] **ARAR, S et HAZOURLI, A**. Adsorption du colorant jaune d'alizarine sur différents biomatériaux. 2016.

[23] **MEULLEMIESTRE, A**. Valorisation des déchets de la filière «bois» en deux étapes: isolation des molécules extractibles puis fabrication de charbon actif: cas du pin maritime. 2014. Thèse de doctorat : génie des procédés Université de La Rochelle, 2014,244p. Disponible sur <<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01174996>>.

[24] **SEDIRA, N**. Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes. Mémoire de magister en chimie physique et analytique, option environnement et traitement des eaux .université de Souk Ahras, 2013, pp : 37-39 - 149.

[25] **GUEDIDI, H**. Préparation et modification de carbones activés pour l'adsorption de polluants organiques émergents: molécules pharmaceutiques et liquides ioniques. Thèse de doctorat : chimie. Université de Grenoble : l'École Doctorale SISEO, 2015,230p.

[26] **ANONYME**. Etude sur les coûts de la réduction des rejets de substances toxiques. Fiches Traitements, adsorption, pp : 2.

[27]**OUSLIMANI N** (2012). Adsorption des colorants acides des effluents manufacturiers par des montmorillonites. Thèse de doctorat en sciences et génie des matériaux, option chimie de la matière et de l'environnement, université de BOUMERDES, pp : 24-25.

[28] **TROKOUREY A, KRA DO, KOUADIO N A, ATHEBA GP and all**, (2015). Modélisation des propriétés adsorbantes de charbons activés issus de deux variétés d'Acacia (auriculiformis et mangium). International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 13 No. 2, pp: 542-553.

- [29] **NAIT MERZOUG N** (2014). Application des tiges de dattes dans l'adsorption de polluants organiques. Mémoire de magister en chimie physique et analytique, option traitement des eaux et environnement, université de SOUK AHRAS, pp : 50.
- [30] **AARFANE A, SALHI A, EL KRATI M, TAHIRI S, MONKADEM and all.**(2014). Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des colorants Red195 et bleu de méthylène en milieu aqueux sur les cendres volantes et les mâchefers. J. Mater. Environ. Sci. 5 (6) :1927-1939.
- [31] **FAYOUD N, ALAMI YOUNSSI S, TAHIRI S ALBIZANE A** (2015). Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption de bleu de méthylène sur les cendres de bois. J. Mater. Environ. Sci. 6 (11): 3295-3306.
- [32] **BOULKRAH H** (2008). Etude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants. Mémoire de magister en chimie, option pollution chimique et environnement, université de SKIKDA, pp : 51-53.
- [33] **AKSAS H** (2013). Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels. Thèse de doctorat en génie des procédés, option génie de l'environnement, université de BOUMERDES, pp 23, 24, 93, 120.
- [34] **Ho YS, McKay G** (1998). Kinetic model for lead (II) sorption onto peat. AdsSci Technol;16:943-55.
- [35] **BENAMRAOUI F** (2014). Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture. Mémoire de magister en génie des procédés, option génie chimique, université de SETIF, pp : 5
- [36] **ARNAULD P** (1990). Cours de chimie organique, 15^{ème} édition, Dunod éditeur.
- [37] **BAGHRICVHE O** (2005). Contribution de méthodes destructives (Photolyse et P.O. A 's) et non destructives à l'élimination de deux colorants (bleu de méthylène et rouge Congo) en solution aqueuse. Mémoire de magister en science exacte, option chimie, université de CONSTANTINE, pp : 3,9, 10.
- [38] **E. Errais**, Réactivité de surface d'argiles naturelles. Etude de l'adsorption de colorants anioniques, thèse de Doctorat, université de strasbourg, (2011).
- [39] **SAIDI F** (2013). Elimination du bleu de méthylène par des procédés d'oxydation avancée. Mémoire de magister en chimie, option chimie inorganique et environnement, université de TLEMEN, pp : 4, 8, 12.
- [40] **A. Abdessemed**, Etude de l'élimination de l'éthyle violet par adsorption sur la kaolinite et le charbon actif et par des méthodes photochimiques en milieu aqueux, Magister, université Mentouri, Constantine, (2009).

[41] **N. Barka**, l'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un Phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO₂ supporté, thèse de Doctorat, université Ibn Zohr-Agadir,(2008).

[42] **M. Bouhamed, O. Dia** , Etude de l'élimination du colorant Rouge Congo par adsorption sur des matériaux argileux naturels, Master , université d'eloued,(2012).

[43] **VENKAT S ., VIJAY BABU P V.**, (2013).Kinetic and equilibrium studies on the removal of Congo red from aqueous solution using Eucalyptus wood (*Eucalyptus globulus*) saw dust, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers , Vol 44 , p81–88.

[44]**Rouge Congo ammoniacal (RCA).**

[45] **M.N Crepy**. "Dermatoses professionnelles aux colorants", Fiche d'allergologie dermatologie professionnelle hôpital Cochin, (2004).

[46]**K. BOUHADJRA., N. OUBAGHA., and all.**Valorisation des pelures de pommes de terre pour le traitement des eaux des rejets textiles. Laboratoire de chimie appliqué et génie chimie (LCAGC), Université Mouloud Mam meri Tizi-Ouzou.

[47]**A. Dbik, N. El Messaoudi et A. Lacherai**. Valorisation du bois des noyaux des dattes d'une variété de palmier de la région de Tinghir (Maroc): Application à l'élimination de bleu de méthylène. Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Ressources Naturelles, Université ibn Zohr. Faculté des Sciences. BP 8106, 80000 Agadir Maroc. 2014.

[48]**F. Sakr, A. Sennaoui, M. Elouardi, and all.**Étude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de Cactus. Laboratoire de Chimie Physique, Equipe de Photocatalyse et Environnement, Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, Agadir. , B. P. 8106 Cité Dakhla, Agadir, MAROC. 2014.

[49]**Melle NAIT MERZOUG Nesrine**. APPLICATION DES TIGES DE DATTES DANS L'ADSORPTION DE POLLUANTS ORGANIQUES [mémoire de Magister].Souk-Ahras :Université Mohamed Cherif Massaadia Souk-Ahras, Faculté des Sciences Et La Technologie ; **2013-2014**.

[50]**Kifline Milebudi KIFUANI , Anatole KIFUANI KIA MAYEKO, and all**. Adsorption d'un colorant basique, Bleu de Méthylène, en solution aqueuse, sur un bio adsorbant issu de déchets agricoles de *Cucumeropsis mannii* Naudin. Laboratoire de Chimie Organique Physique, Eau et Environnement (LACOPE), Département de Chimie et Industrie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo.ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print).

[51] **A. Aarfane, S. Tahiri, A. Salhi, and all**.Adsorption des colorants Bleu de méthylène et Red195 en milieu aqueux par l'écorce de palmier et la bagasse de canne à sucre : Etude cinétique et thermodynamique. Laboratoire de l'Eau et de l'Environnement, Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université Chouaïb Doukkali, B.P. 20, El Jadida 24000, Maroc. 2 Equipe

de Thermodynamique, Surface et Catalyse, Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université Chouaïb Doukkali, B.P. 20, El Jadida 24000, Maroc.2015.

[52] KHELIFI O, MEHREZ I, YOUNSI M, and all. ADSORPTION DU MÉTHYLORANGE SUR UN BIOSORBANT À BASE DE NOYAUX DE MANGUE. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°36, Dec 2018, pp. 145-156.

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la recherche d'adsorbants, efficaces et moins coûteux. Nous nous sommes intéressés à des matériaux agro ressources (bio adsorbant). L'efficacité de ces matériaux est testée en utilisant plusieurs colorants. Les différents paramètres influençant l'adsorption (temps de contact, masse de l'adsorbant, température, pH et concentration initiale de la solution) ont été étudiés. Les données cinétiques ont été modélisées par les équations de pseudo-première ordre et pseudo-second ordre, et révélaient que l'adsorption des colorants sur les bioadsorbants a une bonne efficacité.

Mots-clés: Adsorption, Colorants, Bio adsorbant, Isothermes.

Abstract

This work is part of the search for adsorbents, effective and less expensive. We are interested in agro-resource materials (bio adsorbent). The effectiveness of these materials is tested using several dyes. The various parameters influencing adsorption (contact time, mass of the adsorbent, temperature, pH and initial concentration of the solution) were studied. The kinetic data were modeled by pseudo-first order and pseudo-second order equations, and revealed that adsorption of dyes to bio adsorbents has good efficiency.

Keywords: Adsorption, Colorants, Bio adsorbent, Isotherms.

ملخص

هذا العمل هو جزء من البحث عن مواد ماصة فعالة وبأقل تكلفة. فكننا مهتمون بمواد الموارد الزراعية (مادة ماصة حيوية). يتم اختبار فعالية هذه المواد باستخدام عدة أصباغ. تمت دراسة العوامل المختلفة التي تؤثر على الامتصاص (وقت التلامس ، كتلة المادة الماصة ، درجة الحرارة ، الرقم الهيدروجيني والتركيز الأولي للمحلول). تم نمذجة البيانات الحركية بواسطة معادلات الدرجة الأولى والثانية والثالثة ، وكشفت أن امتصاص الأصباغ على المادة الماصة البيولوجية له كفاءة جيدة.

الكلمات المفتاحية: الامتصاص ، الملونات ، الامتصاص الحيوي ، متساوي الحرارة