



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم  
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem  
لكلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES



N° d'ordre : M2/GC/2021

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADIMIQUE

**Filière : Génie des procédés**

**Option : Génie chimique**

### Thème

**Valorisation d'un déchet vert par Adsorption**

**Présenté par:**

- 1- OTSMANE Bouderbala.
- 2- KIES Mohamed Tahar.

**Soutenu le 07/07/ 2021 devant le jury composé de :**

Présidente :	F. ABDELMALEK	Professeur	Université de Mostaganem
Examinatrice :	B. BENALOUA	MCB	Université de Mostaganem
Examinatrice :	N. MAHREZ	MCB	Université de Mostaganem
Examineur :	A. DAHMANE	MAA	Université de Mostaganem
Encadreur :	A. BELHAINE	MCB	Université de Mostaganem

*Année Universitaire : 2020/2021*

## ***Remerciement***

En premier Lieu nous remercions « ALLAH » le tout puissant qui nous a facilité le chemin et nous a donné la persévérance pour réaliser ce modeste travail.

On tient à exprimer nos sentiments de reconnaissance à toutes les personnes qui par leur aide et leurs encouragements nous ont permis de réaliser ce travail dans les meilleurs conditions.

Nous exprimons nos vifs remerciements à l'enseignant Monsieur BELHAINE, pour son encadrement, sa bienveillance, son suivi et ses suggestions pour l'accomplissement de ce travail.

Ce travail a été réalisé au Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement et de la Valorisation (STEVA) de l'Université de Mostaganem, du Professeur ABDELMALEK. Nous la remercions vivement d'avoir mis à notre disposition le laboratoire et pour l'intérêt qu'elle a accordé à notre travail en acceptant de présider le jury.

Nos sincères remerciements aux Mme BENALOUA, Mme MAHREZ et Mr DAHMANE qui nous ont honorés en acceptant d'examiner ce modeste travail.

Nous présentons nos sincères remerciements à tous les membres de laboratoire STEVA ainsi que la technicienne Mme DAMEN.

## *Dédicace*

Nous dédions ce mémoire

A mes chers parents pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A nos frères et sœurs et ma petite famille, ma femme et mes enfants.

A nos amies et nos camarades et les personelles de la Direction de l'industrie de la wilaya de Mostaganem.

Et enfin à tous les professeurs que ce soit du primaire, moyen, secondaire ou de l'enseignement supérieur.

## Résumé:

Les déchets verts peuvent présenter un bon précurseur pour la préparation de charbon actif de bonne qualité avec une capacité d'adsorption très élevée. Dans ce contexte, notre démarche a été basée, en utilisant un déchet vert largement disponible dans notre région afin de produire un charbon actif. Le matériau brut a été activé thermiquement (MT) pour l'appliquer à l'adsorption d'une solution aqueuse de colorant de famille azoïque Orange II (AO7).

L'étude de l'adsorption du colorant AO7 sur le matériau MT a montré que le taux de décoloration peut atteindre les 97% par les conditions optimales suivantes : Un temps d'équilibre de 20 min et une concentration d'adsorbant de 16 g/l et un pH inférieur à 6.1 (pH acide) et une température ambiante.

L'étude de l'isotherme a montré que le modèle de Langmuir simule mieux l'isotherme, à des valeurs de la constante  $K_L = 0.141$  correspondant à une capacité maximale d'adsorption  $b = 22.22 \text{ mg g}^{-1}$ . En ce qui concerne le modèle cinétique appliqué, il s'agit du modèle de pseudo ordre 2 car la valeur du coefficient de corrélations ( $R^2 = 0.99$ ) est proche de l'unité. La quantité maximale adsorbée est  $q_{\max} = 8.33 \text{ mg g}^{-1}$ .

La valeur de l'enthalpie libre  $\Delta G$  montre que le processus d'adsorption sur notre matériau pourrait être spontané et les valeurs de  $\Delta H$  confirment que l'interaction avec le colorant est de nature physique.

Cette étude permet de montrer qu'un matériau peu coûteux, tel qu'un déchet vert peut être valorisé dans le traitement des eaux polluées par des colorants. Un aspect encourageant pour le développement durable et la protection de l'environnement.

**Mots Clés :** Adsorption, déchet vert, Orange II.

**Summary:**

Green waste can present a good precursor for the preparation of a good quality of activated carbon with a very high adsorption capacity. In this context, our approach was based, using green waste widely available in our region to produce activated carbon. The raw material has been thermally activated (MT) to apply it to the adsorption of an aqueous solution of family azo Orange II dye.

The study of the adsorption of these two dyes on the MT material showed that the discoloration rate can reach 97% for the Orange II under the following optimal conditions : An equilibrium time of 20 minutes and an adsorbent concentration of 16 g/l. A pH less than 6.1 (acidic pH) and an ambient temperature for the addition of the dye.

The study of the isotherm has shown that the Langmuir model better simulates the isotherms, at values of the constant  $K_L$  0.141 corresponding to a maximum adsorption capacity  $b = 22.22 \text{ mg g}^{-1}$ . As regards the kinetic model applied, it is about the model of pseudo order 2 because the value of the coefficient of correlations ( $R^2 = 0.99$ ) is close to the unit. The maximum adsorbed quantity is  $q_{\text{max}} = 8.33 \text{ mg g}^{-1}$

The value of the free enthalpy  $\Delta G$  shows that the adsorption process on our material could be spontaneous and the values of  $\Delta H$  confirm that the interactions with the dyes are of a physical nature.

This study shows that an inexpensive material, such as green waste, can be used in the treatment of water polluted by dyes. An encouraging aspect for sustainable development and environmental protection.

**Keywords :**

Adsorption, green waste , Orange II .

## ملخص:

يمكن أن تمثل النفايات الخضراء مقدمة جيدة لإعداد الكربون المنشط العالي الجودة مع قدرة ادمصاص عالية جداً. في هذا السياق ، كان نهجنا قائماً على استخدام النفايات الخضراء المتوفرة على نطاق واسع في منطقتنا لإنتاج الكربون المنشط. تم تنشيط المادة الخام حرارياً (طن متري) لتطبيقها على ادمصاص محلول مائي لصبغة عائلة الأزو البرتقالية II. أظهرت دراسة ادمصاص هاتين الصبغتين على مادة MT أن معدل تغير اللون يمكن أن يصل إلى 97% للبرتقالي II تحت الشروط التالية : زمن توازن 20 دقيقة و تركيز الممتز 1.16 g/l. درجة الحموضة أقل من 6.1 (الحموضة الحمضية) أوضحت دراسة الأيزوثرم أن نموذج Langmuir يحاكي بشكل أفضل متساوي درجة حرارة الصبغت عند قيم الثابت  $K_L = 0.141$  يتوافق مع قدرة امتصاص قصوى  $b = 22.22 \text{ mg}$   $g^{-1}$ . فيما يتعلق بالنموذج الحركي المطبق ، فهو يتعلق بنموذج الرتبة الزائفة 2 لأن قيمة معامل الارتباطات ( $R^2 = 0.99$ ) قريب من الوحدة. الكمية القصوى الممتصة هي  $q_{\max} = 8.33 \text{ mg}$   $g^{-1}$ . قيمة المحتوى الحراري  $\Delta G$  يوضح أن عملية ادمصاص على مادتنا يمكن أن تكون تلقائية وأن القيم  $\Delta G$  تؤكد أن التفاعلات مع الأصباغ ذات طبيعة فيزيائية توضح هذه الدراسة أنه يمكن استخدام مادة غير مكلفة ، مثل النفايات الخضراء ، في معالجة المياه الملوثة بالأصباغ. جانب مشجع للتنمية المستدامة وحماية البيئة.

## الكلمات المفتاحية :

الإدمصاص . نفايات خضراء . برتقالي II .

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Summary	
ملخص	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	

## **SOMMAIRE**

Introduction générale	01
<b>Chapitre I: Etude bibliographique</b>	<b>03</b>
Introduction	04
I.1 Définition de l'adsorption	04
I.2 Les types d'adsorption	04
I.2.1 Adsorption physique	05
I.2.2 Adsorption chimique	05
I.3 La mécanisme d'adsorption	05
I.4 Les domaines d'utilisation de l'adsorption	06
I.5 Les Avantages de l'adsorption	07
I.6 Les inconvénients de l'adsorption	07
I.7 Les paramètres influençant l'adsorption	07
I.7.1 La température	07
I.7.2 La concentration	07
I.7.3 La nature de l'adsorbant	07
I.7.4 La nature de l'adsorbat	07
I.7.5. La Surface Spécifique	07
I.7.6 Le pH	08
I.8 Adsorbants	08
I.9 Isothermes adsorbants	08
I.9.1 Modèle de Langmuir	09
I.9.2 Modèle de Freundlich	09
I.10 Cinétique d'adsorption	10

I.10.1	Modèle cinétique du pseudo premier ordre	10
I.10.2	Modèle cinétique du pseudo second ordre	10
I.11	Paramètres thermodynamiques liées au processus d'adsorption	11
II.	Les déchets	12
II.1.	Définition des déchets	12
II.2.	La gestion des déchets	12
II.2.1	La valorisation	12
II.2.2	La valorisation organique	12
II.3	Définition des déchets verts	12
II.3.1	La gestion des déchets verts	13
II.3.1.1	La valorisation des déchets verts	13
II.3.1.1.1	Définition du compostage	13
II.3.1.1.1	Les types de compostage	14
II.3.1.1.2	Les étapes de compostage	15
II.3.1.1.3	Teneurs des composts de déchets verts	15
II.3.1.1.2	Définition du méthanisation	16
II.3.1.1.2.1	Le Principe de la technique	16
II.3.1.1.2.2	L'intérêt de la méthanisation	16
	Conclusion	17
	Référence	18
	<b><i>Chapitre II : Matériels et méthodes</i></b>	20
	Introduction	21
II.1	Préparation du matériau	21
II.2	Choix de la molécule étudiée	21
II.2.1	Orange II	23
II.2.2	Propriétés physico-chimique	23
II.2.3	Utilisation	24
II.2.4	Toxicité	24
II.3	Dosage par spectrophotométrie	24
II.3.1	Loi de BEER LAMBERT	25
II.3.2	Établissement des courbes d'étalonnage	26
II.4	Le Point de Charge Zéro (pH <sub>pcz</sub> )	27
II.4.1	Protocole expérimental	28



Référence	29
<i>Chapitre III : résultats et discussions</i>	30
Introduction	31
III.I Méthodologie expérimentale et préparation des solutions	31
III.2 Résultats et discussions	32
III.2.1 Détermination des temps d'équilibre	32
III.2.2 Etude de l'influence de la dose	33
III.2.3 Etude de l'influence du pH de la solution sur l'adsorption	34
III.2.4 Etude de l'influence de la température	36
III.2.5 Isothermes d'adsorption	39
III.2.6 Cinétique D'adsorption	45
Conclusion	48
Référence	49
Conclusion Générale	51

## Liste des abréviations

**MT** : matériau adsorbant utilisé (déchet vert activé thermiquement)

**A O 7**: l'Orange II.

**C<sub>e</sub>**: Concentration à l'équilibre de l'adsorbant.

**C<sub>0</sub>**: concentration initiale de l'adsorbant (mg/L) ;

**V**: volume d'adsorbat (ml) ;

**M**: masse de l'adsorbant (g).

**q<sub>e</sub>**: quantité de substance adsorbée par une unité de masse d'adsorbant en mg/g ;

**K**: constante ;

**b**: capacité maximale d'adsorption en mg/g.

**K**: constante qui est indicateur de la capacité d'adsorption ;

**1/n** : l'intensité de l'adsorption.

**q<sub>t</sub>**: la quantité du colorant adsorbé en temps t (mg/g) ;

**k<sub>1</sub>**: la constante de la vitesse du pseudo ordre.

**ABS<sub>i</sub>**: Absorbance initial à t = 0

**ABS<sub>f</sub>**: Absorbance final à t = t

**R(%)**: pourcentage de décoloration.

**C<sub>0</sub>** : la Concentration en polluant au instant 0.

**C<sub>t</sub>**: la concentration en polluant au instant t.

**T**: transmittance de la solution (sans unité) ;

**A**: absorbance ou densité optique à une longueur d'onde  $\lambda$  (sans unité) ;

$\epsilon_{\lambda}$ : coefficient d'extinction molaire en (L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>).

**l** : longueur du trajet optique (cm) ;

**C**: concentration molaire de la solution (mol L<sup>-1</sup>).

**PZC** : point charge nulle de l'adsorbant

# LISTE DE FIGURES

## CHAPITRE I

**Figure I.1 :** Domaine d'application de l'adsorption

**Figure I 2 :** Représentation schématique de processus de compostage.

**Figure I 3 :** Teneurs moyennes en éléments fertilisants des composts de déchets verts et fumier bovin en tas

## CHAPITRE II

**Figure II.1 :** Structure chimique de l'AO7

**Figure II.2 :** Schéma d'un spectrophotomètre simplifié

**Figure II.3 :** Courbe d'étalonnage De l'orange II ( $\lambda_{\max}=485$  nm)

**Figure II.4 :** trace du  $\text{pH}_{\text{pcz}}$  ( $\text{pH}_{\text{final}}$  en fonction du  $\text{pH}_{\text{initial}}$ ).

## CHAPITRE III

**Figure III.1 :** Effet du temps sur l'adsorption de l'orange II par le matériau MT

**Figure III.2 :** Etude effet de la dose sur l'adsorption de l'orange II par le matériau MT.

**Figure III.3 :** Effet de pH de la solution la fixation due l'orange II par le matériau MT.

**Figure III. 4:** Effet de la température sur l'adsorption de l'orange II par le matériau MT.

**Figure III.5:** Evolution de  $\text{Ln } K_d$  pour l'adsorption de l'orange II par le matériau MT.

**Figure III.6:** Isotherme d'adsorption de l'orange II par le matériau MT.

**Figure III.7:** Isotherme de Freundlich pour l'adsorption de l'orange II sur le matériau MT

**Figure III.8 :** Isotherme de Langmuir pour l'adsorption de l'orange II sur le matériau MT

**Figure III.9 :** les valeurs de  $R_L$  de l'adsorption d'AO7 par l'adsorbant MT.

**Figure III.10 :** Cinétique d'adsorption de l'orange II par le matériau MT (pseudo 1<sup>er</sup> ordre)

**Figure III.11 :** Cinétique d'adsorption de l'orange II par le matériau MT (pseudo 2<sup>ème</sup> ordre)

## **LISTE DE TABLEAUX**

### **CHAPITRE II**

**Tableau II.1.** Quelques propriétés physico-chimiques de l'AO7

### **CHAPITRE III**

**Tableau III.1:** Paramètres thermodynamique d'adsorption de l' AO7.

**Tableau III.2 :** Paramètres de Freundlich pour l'adsorption de l' AO7.

**Tableau III.3:** Paramètres de Langmuir pour l'adsorption de l'AO7.

**Tableau III.4 :** Résultats de la cinétique d'adsorption de l'orange II par le matériau MT

# ***INTRODUCTION GENERALE***

## INTRODUCTION GENERAL

Les traitements des rejets industriels s'avèrent d'un grand intérêt de nos jours. Une large variété de techniques physiques, chimiques et biologiques a été développée et testée dans les traitements des effluents chargés en colorants. Parmi elles la floculation, la précipitation, l'échange d'ions, la filtration sur membrane, l'irradiation l'ozonation, l'adsorption...etc.

Cependant, ces procédés sont coûteux et conduisent à la génération de grandes quantités de boues ou à la formation de dérivés de sous produits dangereux. Parmi les procédés conventionnels non couteux, l'adsorption est une technique relativement très utilisée en plus de sa facilité de mise en œuvre et son faible cout. Parmi les principaux adsorbants utilisés le charbon actif, qui est le plus désiré en raison de sa grande capacité d'adsorption et son cout bon marché. Mais reste le principal but de la recherche de trouver d'autre matériaux efficaces et beaucoup moins coûteux que les adsorbants qui existe. Dans cette optique, l'utilisation de déchets en tant qu'adsorbant présente un grand intérêt en raison de son efficacité, son coût accessible et son abondance dans la nature.

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'adsorption en utilisant un déchet vert comme adsorbant dans le but de la réduction des déchets verts sur l'environnement d'une part et la valorisation de ce déchet dans le traitement des eaux de l'autre part.

La première partie de ce mémoire (chapitre I) comporte une synthèse bibliographique sur les:

- Généralités sur l'adsorption (types de l'adsorption, les principales facteurs influence sur l'adsorption et les modèles employés pour décrire la cinétique et les isothermes d'adsorption),
- Connaissance sur les déchets verts (valorisation du déchet vert, compostage et méthanisation).

Après une présentation de quelques méthodes utilisées dans l'adsorption et du matériel expérimental sollicité. (Chapitre II).

Dans la troisième partie (chapitre III) nous discutons sur les résultats obtenus lors de l'étude d'adsorption du matériau utilisé sur l'Orange II.

La conclusion générale résume les principaux résultats de ce travail en fin de ce manuscrit.

***CHAPITRE I:***  
***ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE***  
***Adsorption - Déchets***

## **INTRODUCTION :**

Les industries telles que le textile, le cuir, le papier, les plastiques utilisent et consomment d'importantes quantités d'eau pour colorer leurs produits. Cela a généré d'importantes quantités d'eaux usées. En conséquence, le traitement des effluents contenant ce colorant s'impose.

La technique de l'adsorption est la méthode la plus favorable pour l'élimination des colorants. Elle est devenue une méthode analytique de choix, très efficace et simple dans son utilisation. Le principe du traitement par adsorption est de piéger les colorants par un matériau solide appelé adsorbant [1].

Notre travail au laboratoire a pour objectif l'évaluation d'un déchet végétal comme adsorbant pour l'élimination des polluants organique comme les colorant.

### **I.1 Définition de l'adsorption:**

L'adsorption est définie comme étant un enrichissement d'un constituant ou l'augmentation de la densité d'un fluide (liquide ou gaz) au voisinage d'une interface. Le solide sur lequel l'adsorption à lieu est appelée adsorbant et le fluide qui va s'adsorber est appelé adsorbat [2].

L'adsorption est un phénomène de surface, à distinguer de l'absorption qui est un phénomène de profondeur.

Le phénomène inverse par lequel les molécules se détachent est la désorption. Elle peut aussi être définie comme étant le phénomène qui traduit la liaison d'un composé fluide à la surface d'un solide [3].

### **I.2 Les types d'adsorption:**

Suivant l'importance des énergies mises en jeu entre l'adsorbant et l'adsorbat, Les forces responsables du phénomène d'adsorption peuvent être de nature physique ou chimique, conduisant ainsi à deux types d'adsorption : l'adsorption physique "physisorption" et l'adsorption chimique "chimisorption".

#### **I.2.1 Adsorption physique:**

L'adsorption physique est un phénomène réversible, elle est attribuable à l'attraction électrostatique d'un soluté par une surface polarisée, afin de maintenir l'électro neutralité. Les



énergies de liaisons mises en jeu sont relativement faibles, du type force de Van der Waals. Plusieurs couches d'atomes ou de molécules peuvent se poser de cette manière [4]

### **I.2.2 Adsorption chimique:**

L'adsorption chimique est un phénomène irréversible, la molécule adhère à la surface par des liaisons ioniques ou covalentes. Ces interactions peuvent se faire lorsque le matériau possède des fonctions de surface, c'est le cas par exemple de l'alumine activée. Ces liaisons sont plus fortes en terme d'énergie, supérieure ou égale à 40 kJ/mol [4]

Le tableau suivant présente les différences entre les deux types d'adsorption:

<b>Propriétés</b>	<b>Adsorption physique</b>	<b>Adsorption chimique</b>
<b>-Température du processus</b>	-Relativement basse	-Plus élevé
<b>-Chaleur d'adsorption</b>	-5Kcal/mol environ	-10Kcal/mol environ
<b>-Liaison</b>	-Physique: Vander waals	-Chimique
<b>-Cinétique</b>	-Rapide, réversible	-Lente, irréversible
<b>-Spécificité</b>	-Processus non spécifique	-Processus très spécifique
<b>-Désorption</b>	-Facile	-Difficile
<b>-Couche formée</b>	-Mono ou multicouches	-Uniquement monocouches

**Tableau I.1.** Présente les différences entre les deux types d'adsorption [5].

### **I.3 La mécanisme d'adsorption:**

L'adsorption se produit principalement en trois étapes:

**1-**Transfert de masse externe (diffusion externe) qui correspond au transfert du soluté (molécules de la phase liquide) du sein de la solution à la surface externe des particules.

**2-**Transfert de masse interne dans les pores (diffusion interne) qui a lieu dans le fluide remplissant les pores; les molécules se propagent de la surface des grains vers leur centre à travers les fissures et les cavités vers les pores.

**3-** Adsorption sur la surface externe et interne des molécules sur les pores à l'échelle d'un grain d'adsorbant

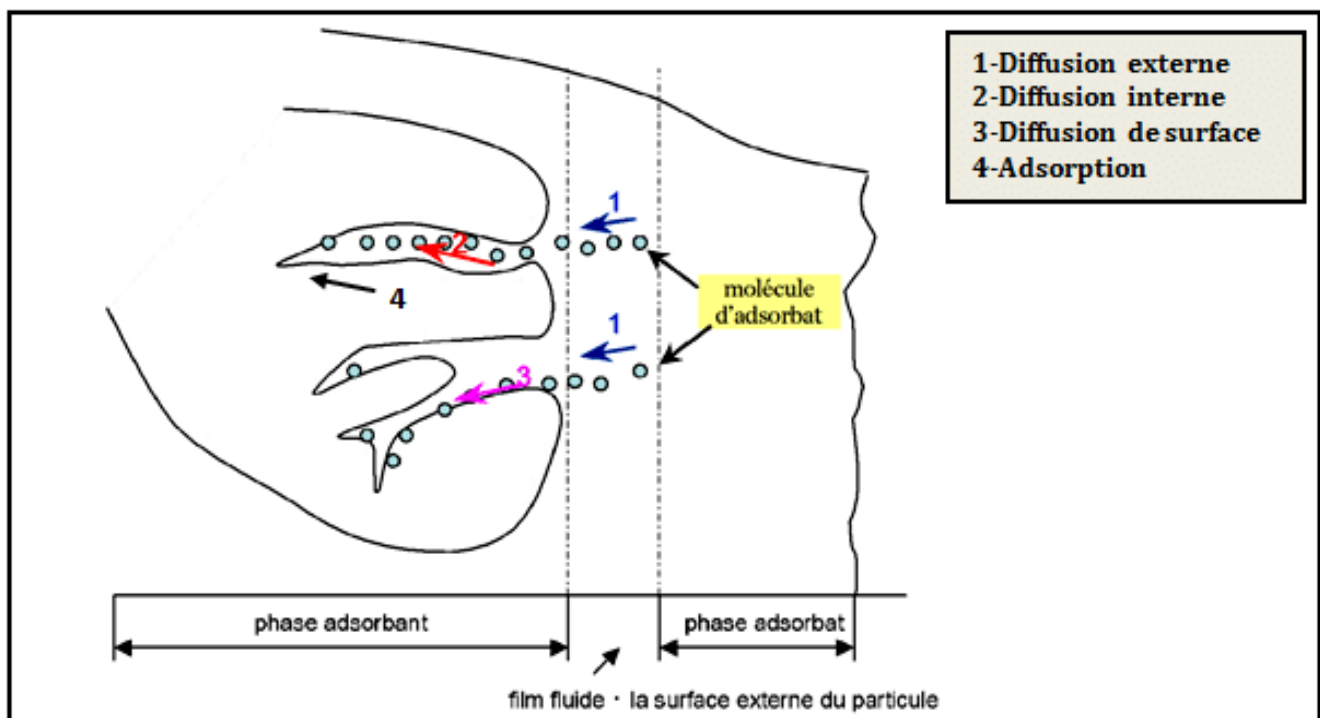
**La Figure I.2** représente un matériau (adsorbant) avec les différents domaines dans lesquels peuvent se trouver les molécules organiques ou inorganiques qui sont susceptibles de rentrer en interaction

**Figure I.2 :** Domaine d'application de l'adsorption [5]

#### **I.4 Les domaines d'utilisation de l'adsorption:**

L'adsorption est un traitement efficace pour l'industrie grâce à son coût faible et son efficacité de mise en œuvre, on la trouve dans plusieurs domaines tels que :

- Séchage ;
- Traitement des huiles ;



- Traitement des gaz ;
- Industrie textile ;
- Médecine.
- Décoloration et traitement des eaux ;

#### **I.5 Les Avantages de l'adsorption:**

- Une grande utilisation sur une large gamme de substances
- Une bonne reproductibilité des essais laboratoire à l'échelle industrielle
- Une possibilité de régénération à plusieurs fois
- Une facilité de mise en œuvre de fonctionnement

## **I.6 Les inconvénients de l'adsorption:**

- Nécessité d'essais préalable en laboratoire
- Les risques de relargage (désorption)
- Non adapté au traitement des effluents très chargés (saturation)
- Production de sous produit après adsorption (transfert de pollution)

## **I.7 Les paramètre influençant l'adsorption:**

Un grand nombre de paramètres et de propriétés, du support et du substrat, peuvent influencer le processus d'adsorption et notamment la capacité et la cinétique de rétention d'une substance sur un support. Il s'agit des paramètres suivants [6] :

### **I.7.1 La température:**

Le phénomène d'adsorption est exothermique ou endothermique, ainsi les résultats sont meilleurs à froid parfois [6].

### **I.7.2 La concentration:**

Plus la concentration du substrat est élevé plus la capacité d'adsorption (quantité de composé adsorbé par unité de masse adsorbant) est importante mais à des limites bien précise [7].

### **I.7.3 La nature de l'adsorbant:**

L'adsorption d'une substance donnée croît avec la diminution de la taille des particules de l'adsorbant qui permet aux composés de la solution de pénétrer dans les capillaires de la substance, donc la subdivision de la particule du solide influe directement sur les pores de ce dernier ainsi que sur sa surface spécifique qui va être développée [6].

### **I.7.4 La nature de l'adsorbat:**

Moins une substance est soluble dans le solvant mieux elle est adsorbée. L'adsorption à partir des solutions aqueuses croît lorsqu'on parcourt une série d'homologues [8].

### **I.7.5. La Surface Spécifique:**

La surface spécifique est une donnée essentielle de la caractérisation des solides et des matériaux poreux. Il est clair que l'on cherche à conférer aux adsorbants une grande surface spécifique, cette grandeur désigne la surface accessible rapportée à l'unité de poids d'adsorbant [6].

### **I.7.6 Le PH:**

Le pH a un effet non négligeable sur les caractéristiques de l'adsorption en rapport avec les propriétés de l'adsorbant en termes des pH au point zéro et la charge surfacique du matériau. Dans la plupart des cas, les meilleurs résultats sont acquis aux pH les plus faibles. Cette propriété s'applique particulièrement à l'adsorption de substances acides [9].

## **I.8 Adsorbants:**

Un adsorbant se caractérise par des propriétés physiques et chimiques intrinsèques présentées de manière non exhaustive parmi les principaux adsorbants [10] :

### **\*Charbon actif:**

Le principal adsorbant utilisé en pratique est le charbon actif. Il est obtenu à partir de matière organiques (bois) carbonisé, puis activées (dégagement des cavités remplies de goudron lors de la carbonisation). Le charbon actif peut être obtenu soit sous forme de poudre avec des pores de quelques  $\mu\text{m}$  de dimension, soit sous forme de grain.

### **\*Argiles:**

En tant que matière brute, l'argile est un mélange de minéraux argileux et impuretés cristallines sous forme de débris rocheux de composition infiniment diverse. Les argiles les plus fréquemment étudiées en tant qu'adsorbant sont la montmorillonite, la kaolinite, l'illite et la bentonite.

### **\* Zéolithes:**

Ils appartiennent à la famille des tamis moléculaires du fait de leur porosité à dispersion nulle et dont le diamètre est de l'ordre de dimensions des molécules ce qui présentent une bonne sélectivité.

### **\* Gels de Silice:**

Il s'agit d'adsorbant synthétique très hydrophile dont on peut contrôler la structure des pores.

### **\* Alumine active:**

Elle est utilisée notamment comme déshydratant en phase gazeuse [10].

## **I.9 Isothermes d'adsorbants:**

Tous les systèmes adsorbant/adsorbat 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. Il existe de nombreux modèles théoriques les plus courants sont les modèles de Langmuir et Freundlich, car ils sont les plus simples et plus répandus.

### **I.9.1 Modèle de Langmuir:**

Les réactions d'adsorption sont souvent décrites en utilisant le modèle d'adsorption de Langmuir. Ce modèle repose sur des considérations d'équilibre chimique en surface et a initialement été développé en vue de l'interprétation des réactions d'adsorption de gaz sur un site superficiel d'adsorption [10].

Ce modèle fait intervenir une adsorption sur une seule couche de l'adsorbant et suppose trois conditions :

- ✓ Des sites d'adsorption énergétiquement équivalents ;
- ✓ Une seule molécule par site ;
- ✓ Aucune interaction entre les molécules adsorbées [10].

L'équation proposée pour décrire l'isotherme de Langmuir:

$$q_e = \frac{K b C_{eq}}{1 + K C_{eq}} \dots (\text{Eq I.1})$$

- $C_{eq}$  : Concentration à l'équilibre en mg/l ;
- $q_e$  : Quantité de substance adsorbée par une unité de masse d'adsorbant en mg/g ;
- $K$  : Constante ;
- $b$  : Capacité maximale d'adsorption en mg/g.

La linéarisation de cette équation donnera l'équation (Eq. I.2)

$$\frac{C_{eq}}{q_e} = \frac{1}{kb} + \frac{C_{eq}}{b} \dots (\text{Eq. I.2})$$

### I.9.2 Modèle de Freundlich:

L'isotherme de Freundlich s'applique généralement lorsque les quantités adsorbées sont très faibles. Ce modèle qui est un modèle empirique considère de possibles interactions entre les molécules adsorbées tout en prenant en compte l'hétérogénéité de surface et s'exprime par la relation suivante [6] :

$$q_e = K_f C_{eq}^{1/n} \dots (\text{Eq I.3})$$

- $C_{eq}$  : Concentration à l'équilibre en mg/l ;
- $q_e$  : Quantité de substance adsorbée par une unité de masse d'adsorbant en mg/g ;
- $K$  : Constante qui est un indicateur de la capacité d'adsorption ;
- $1/n$  : l'intensité de l'adsorption.

L'équation de Freundlich est empirique mais souvent utile pour la description des données. Sa forme logarithmique est donnée par l'équation (Eq I.4) :

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_{eq} \quad \dots \text{(Eq I.4)}$$

### **I.10 Cinétique d'adsorption:**

L'étude cinétique des processus d'adsorption donne des informations sur son mécanisme ainsi que le mode de transfert des solutés de la phase liquide à la phase solide. Divers modèles de la cinétique d'adsorption sont utilisés afin d'étudier le mécanisme de ce processus [11]. Parmi ces modèles on distingue :

#### **I.10.1. Modèle cinétique du pseudo premier ordre:**

Le modèle cinétique du pseudo premier ordre peut être exprimé par l'équation de Lagergren suivante [12]:

$$\frac{dq}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \dots \text{(Eq I.5)}$$

Après intégration de l'équation entre les instants 0 et t on obtient :

$$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \dots \dots \text{(Eq I.6)}$$

Avec :

$k_1$  : Constante de vitesse du pseudo premier ordre (heure<sup>-1</sup>)

t : Temps de contact (heure)

$q_e$  : Capacité d'adsorption (mg / g) du matériau en mono couche (équilibre expérimental)

$q_t$  : Quantité adsorbée (mg / g) par unité de masse du adsorbant à l'instant t.

#### **I.10.2. Modèle cinétique du pseudo second ordre:**

Le modèle cinétique du pseudo second ordre exprimé par l'équation de suivante [13]:

$$\frac{dq}{dt} = k_2 (q_{e2} - q_{t2})^2 \dots \dots \text{(Eq I.7)}$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_{e2}^2} + \frac{1}{q_{e2}} \dots \dots \text{(Eq I.8)}$$

Avec :

$k_2$  : Constante de vitesse apparente du pseudo second ordre

$q_{e2}$  : Capacité d'adsorption du matériau à la saturation (mg /g)

$q_t$  : Quantité de colorant adsorbée (mg / g) par le matériau à l'instant t.

h : qui correspond à  $k_2 q_{e2}$  , est la vitesse initiale d'adsorption (mg/g).

### I.11 Paramètres thermodynamiques liées au processus d'adsorption:

Les isothermes d'adsorption sont généralement utilisées pour la caractérisation des adsorbants, mais cette caractérisation est incomplète sans avoir des informations sur la quantité d'énergie mise en jeu.

Le coefficient de distribution est un cas particulier de la relation de Langmuir et il est défini pour les faibles concentrations d'espèces adsorbées. Il est défini comme étant le rapport des quantités fixées par gramme de solide sur la quantité de soluté restant en solution par volume de solution [14]. Le coefficient de distribution caractérise l'affinité du soluté pour l'adsorbant, peut se traduire par l'expression :

$$K_d = \frac{Q_{ad,\epsilon}}{C_{\epsilon q}} = \frac{(C_0 - C_{\epsilon q}) * V}{C_{\epsilon q} * m} \dots \dots (\text{Eq I.8})$$

Avec :

$K_d$ : Coefficient de distribution (L/g).

$Q_{ad,\epsilon}$ : est la quantité du polluant (mg) adsorbée sur l'adsorbant à l'équilibre (mg/g).

$C_{\epsilon q}$  : Concentration à l'équilibre de l'adsorbat (mg/L).

$C_0$  : Concentration initiale de l'adsorbat (mg/L).

$V$  : Volume de la suspension.

$m$  : Masse d'adsorbant.

La relation thermodynamique de Gibbs-Helmholtz ( $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ... Eq II.9) associée à la relation obtenue par intégration de Van'THoff (Eq I.10) :

$$\Delta G = - R.T. \ln K_d \dots \dots (\text{Eq I.10})$$

Nous pouvons déterminer l'enthalpie et l'entropie à partir de l'équation Eq II.11:

$$\ln K_d = \frac{\Delta S}{R} - \frac{\Delta H}{RT} \dots \dots (\text{Eq I.11})$$

Le tracé de la droite  $\ln K_d$  en fonction de  $1/T$  permet de calculer les valeurs des paramètres thermodynamiques  $\Delta H$  et  $\Delta S$  à partir de l'ordonnée et la pente.

## **II. Les déchets:**

### **II.1. Définition des déchets:**

Selon la loi 01-19 du 12 décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, le déchet est défini comme étant tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériaux, produit ou, plus généralement, tout objet, bien meuble dont le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer [15].

### **II.2. La gestion des déchets:**

La gestion des déchets, regroupe la collecte, le transport, le traitement et la réutilisation ou l'élimination des déchets, habituellement ceux issus des activités humaines. Cette gestion vise à réduire leurs effets sur la santé humaine et environnementale pour un cadre de vie saine. Un accent est mis depuis quelques décennies sur la réduction de l'effet des déchets sur la nature et l'environnement et sur leur valorisation dans une perspective d'économie circulaire.

Tous les déchets sont concernés (solides, liquides ou gazeux, toxiques, dangereux,...etc.), chacun possédant sa filière spécifique. Les modes de gestion diffèrent selon que l'on se trouve dans un pays développé ou en développement, dans une ville ou dans une zone rurale, que l'on ait affaire à un particulier, un industriel ou un commerçant. Les déchets non dangereux sont habituellement gérés sous la responsabilité des autorités locales, alors que les déchets des commerces et de l'industrie tendent à l'être sous leur propre responsabilité [16].

#### **II.2.1 La valorisation:**

Valoriser, c'est rendre utilisables ou commercialisables par des connaissances et des compétences de recherche. La valorisation est un terme générique recouvrant le recyclage de la matière organique, la valorisation énergétique des déchets, ainsi que le réemploi, la réutilisation et la régénération [17].

#### **II.2.2. La valorisation organique:**

Elle désigne l'ensemble des modes de gestion, de recyclage et de valorisation des déchets **biodégradables** (déchets alimentaires, déchets verts, boues urbaines, boues industrielles, déchets des industries agro-alimentaires, déchets agricoles...etc.) [18].

### **II.3 Définition des déchets verts :**

Les déchets verts sont des déchets organiques issus de l'entretien des espaces verts, des jardins privés, des serres, des terrains de sports...etc. On désigne par déchets verts les feuilles



mortes, les tontes de gazon, les tailles de haies, d'arbustes, les résidus d'élagage, les déchets d'entretien de massifs, les déchets de jardin des particuliers collectés séparément ou par le biais des déchetteries [16].

Les déchets verts sont composés de plusieurs produits très diversifiés regroupés en deux grandes catégories :

- **Les déchets verts ligneux:** c'est-à-dire les branchages ou tailles de haies, plutôt secs et fibreux, qui vont se dégrader lentement;
- **Les déchets verts non ligneux:** telles que les feuilles, les fleurs ou les tontes fraîches, dotés au contraire d'un fort pouvoir putrescible car riches en eau et en azote.

### **II.3.1 La gestion des déchets verts:**

Les collectivités peuvent mettre à disposition de leurs habitants différents biens ou services leur permettant de gérer eux-mêmes leurs déchets de jardin : distribution de composteurs, prêt ou location de broyeurs, ou encore organisation de trocs de plantes sont autant d'opérations permettant de détourner les flux de déchets végétaux hors des ordures ménagères grâce à une valorisation *in situ*.

De plus, sur les espaces verts dont elles ont la gestion, les collectivités peuvent aussi entrer dans des démarches de « jardinage au naturel » : en plus des économies réalisées, cette exemplarité peut faire découvrir et encourager les comportements plus vertueux de leurs administrés [16].

#### **II.3.1.1 La valorisation des déchets verts:**

La matière végétale présente un caractère spécifique, c'est la biodégradabilité des feuilles, des branches, les tontes de pelouses et autres déchets de jardin qui peut se dérouler en présence d'air par le retournement de la matière ou par insufflation d'air qui induit une réaction de fermentation : c'est le principe du compostage.

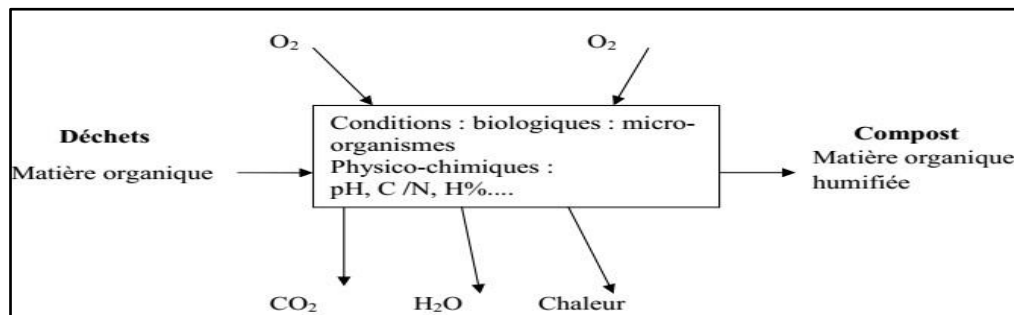
Les déchets biodégradables peuvent être valorisés en général via deux grands modes de traitement différent : le **compostage** et la **méthanisation**.

##### **II.3.1.1.1 Définition du compostage:**

Le compostage est la transformation d'une matière organique très instable et fortement biodégradable en une matière organique stable [19].

Le compostage est un processus contrôlé de dégradation de constituants organiques d'origine végétale et animale, par une succession de communautés microbiennes évoluant en condition aérobies, entraînant une montée de température, et conduisant à l'élaboration d'une matière organique stabilisée.

Le produit ainsi obtenu est appelé compost. Selon [20], le compostage est un mode de traitement biologique aérobie des déchets. Son principe peut être schématisé comme le montre la figure suivante :



**Figure II.2 :** Représentation schématique de processus de compostage [20].

Le compost est donc un produit organique en état de décomposition plus ou moins avancée destiné à un retour au sol [21].

#### **II.3.1.1.1 Les types de compostage:**

Il existe deux types de compostage :

- **Le compostage à froid:**

Il consiste à accumuler petit à petit toutes sortes de déchets ménagers en couches peu épaisses dans une fosse. Au bout de quelques mois, Il se développe de très nombreux organismes vivants : (vers de terre, limaces, insectes, larves,...etc.). La décomposition est souvent lente et incomplète. On obtient en fin de compte une masse noirâtre et gluante. On peut améliorer le compostage à froid en mélangeant et retournant les déchets de temps en temps [22]

- **Le compostage à chaud :**

Le compostage à chaud ne diffère pas de celui à froid que du volume de la matière à composter et du réchauffement du tamis sur pied. Sa réalisation nécessite certaines conditions [22].

#### **II.3.1.1.2 Les étapes de compostage:**

Plusieurs techniques de compostage cohabitent au sein d'un territoire via la pratique du **compostage individuel ou partagé**, mais aussi par le compostage dit **industriel**. Ce dernier désigne la valorisation des déchets organiques à grande échelle. Il s'effectue en plusieurs étapes :

- **Préparation des déchets :**

Il peut s'agir d'un tri, d'un broyage, d'un criblage et d'un mélange des déchets afin d'obtenir une composition optimale pour les transformations biologiques.

- **Fermentation :**

C'est lors de cette étape que commence le processus biologique de transformation des déchets en compost. Les matières fermentescibles placées en tas sont retournées, ventilées et arrosées pour activer le processus de dégradation. La montée en température lors de cette phase assure l'hygiénisation des matières.

- **Criblage :**

Cette étape peut précéder ou succéder l'étape de maturation, elle permet d'éliminer les éléments indésirables et d'atteindre la granulométrie souhaitée en fonction de l'utilisation prévue pour le compost.

- **Maturation et stockage :**

Cette étape doit permettre de stabiliser le produit et de fournir un fertilisant dont les caractéristiques agronomiques sont fixées [18].

#### **II.3.1.1.3 Teneurs des composts de déchets verts:**

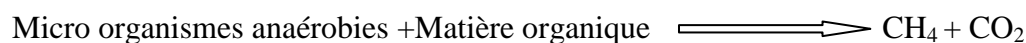
Les valeurs peuvent varier fortement d'un compost à l'autre. Le calcul du plan de fumure doit se baser sur les données figurant sur le bulletin de livraison fourni par le producteur de compost. Ce document contient toutes les indications nécessaires concernant les caractéristiques et les possibilités d'utilisation du compost.

		Matière sèche	Matière organique	N total	N disponible	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Ca
Compost de déchets verts	kg/m <sup>3</sup>	250	105	3.5	0.2 - 0.35	1.5	2.5	1.5	12.5
	kg/t MF	500	210	7	0.4 - 0.7	3	5	3	25
Fumier bovin	kg/t MF	190	150	4.9	1.0 - 2.0	3.2	6.6	0.8	3.7

**Figure I.3 :** Teneurs moyennes en éléments fertilisants des composts de déchets verts et fumier bovin en tas. [23]

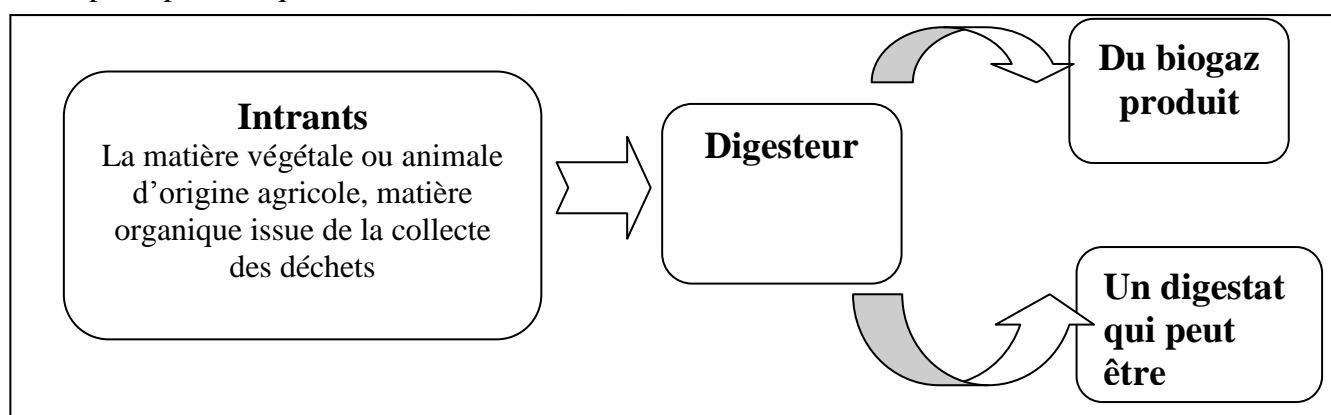
### II.3.1.1.2 Définition du méthanisation:

La méthanisation est la transformation de la matière organique en méthane et gaz carbonique par une communauté microbienne fonctionnant dans un milieu anaérobie (absence d'oxygène) [24].



#### II.3.1.1.2.1 Le Principe de la technique:

Elle est réalisée dans des réacteurs biologiques fermés (les digesteurs) la figure I.4 indique le principe ainsi que les deux résultats de la méthanisation.



**Figure I.4:** le principe ainsi que les deux résultats de la méthanisation.

#### II.3.1.1.2.2 L'intérêt de la méthanisation: [24]

Parmi les intérêts de la méthanisation on peut citer :

- \* La production d'une énergie renouvelable,
- \* La réduction des émissions de gaz à effet de serre, à prendre en compte dans un plan climat-énergie territorial,
- \* L'épuration des effluents,

- \* La valorisation des sous-produits des entreprises,
- \* La valorisation des déchets verts et autres des collectivités,

## **CONCLUSION:**

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude bibliographique sur le phénomène d'adsorption ainsi que des notions sur les déchets verts.

La valorisation de ces déchets verts est généralement en deux modes, le compostage et la méthanisation. En outre, des études récentes sur l'adsorption ont été réalisées avec des divers matériaux à faible couts d'origine des déchets verts. Ces matériaux d'origine des déchets verts sont avérés des absorbants éco-efficace et respectueux pour l'environnement. Ce qui nous a conduits à réfléchir d'utiliser un déchet vert dans l'adsorption de l'Orange II.

**Références Bibliographiques:**

- [1] K. D. Belaid et S. Kacha. « Étude cinétique et thermodynamique de l'adsorption d'un colorant basique sur la sciure de bois ». *Revue des sciences de l'eau* 24(2), 2011, P 131-144.
- [2] Sébastien Comte. Couplage de la chromatographie gazeuse inverse à un générateur d'humidité « Etude de l'hydrophilie de surface de solides divisés et des limites de la technique. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, 2004
- [3] H. Hawari, C.N. Mulliga. « Biosorption of lead (II), Cadmium (II), copper (II) and Nickel (II) by anaerobic granular biomass », *Bioresource Technol*, 97. p 692–700 (2005)
- [4] Manole Creanga. Mécanisme du transfert d'un adsorbant vers le site d'adsorption au sein d'un grain d'adsorbant
- [5] Bougdah Nabil, "Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite ", Mémoire de Magister, l'Université 20 Aout 55, Skikda, (2007).
- [6] Stéphanie Marsteau "traitement des gaz dangereux captés sur les lieux de travail" institut national de recherche et de sécurité ED4263 (2005).
- [7] Naib N. " étude du procédé d'adsorption du phénol sur du charbon actif à base de grignon d'olive, modélisation par les plans d'expérience", mémoire de Magister, Université Mohamed Bougara, Boumardes (2002).
- [8] El M'rabet M, " Contribution à l'étude de l'adsorption du carbofuran et du phénamiphos par les complexes argilo-humiques et par les sols et de la biodegradation du carbofuran ". Thèse d'état, Agadir, (2002).
- [9] LIANG-MING SUN et FRANCIS MEUNIER, technique de l'ingénieur, traité Génie des procédés, adsorption aspects théoriques, centre FRANCIAS, P J273063.
- [10] Patricia PASCAUD. (2012). Apatites nanocristallines biomimétiques comme modèles de la réactivité osseuse, Etude des propriétés d'adsorption et de l'activité cellulaire d'un bisphosphonate, le tiludronate. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, p45-47.
- [11] AZIRI, Sabrina. " étude de l'adsorption du nickel par des biosorbants." thèse de Magister en chimie de l'Environnement université Tizi-Ouzou, (2012), p. 12, 16, 17, 18, 20.
- [12] LAGERGREN.S (1898). ZUR theorie der sogenannten adsorption gelöster stoffe *Kungl. Vetensk. Akad. Handl.* 24, p1-39.
- [13] MCKAY .G.HOYS (1999) pseudo-second order model sorption processes », *Proces Biochem* 34,p 451-65.
- [14] J.A. Moore. « Chimie organique moderne, travaux pratiques ». Thèse de Doctorat, Université de Delaware, traduit par Colette et A Staub. Editions HRW LTEE, Montréal, Toronto. MASSON, 1975.

- [15] MEHU , J. ET PERRODIN, Y. Etude comparative et critique des normes et procédures Retenues au plan international pour évaluer le potentiel polluant de déchets solidifiés. 128p, Villeurbanne (Fr) 1991.
- [16] ADEME, 2001. "Déchets organiques - Essai agronomique de plein champ d'un compost des Déchets verts (résultats 8e année d'expérimentation)." Paris, France.
- [17][https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/valorisation](https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/valorisation)
- [18]<https://www.paprec.com/fr/comprendre-le-recyclage/seconde-vie/les-differentes-filieres-pour-vos-dechets/valorisation-organique>
- [19] Leclerc B., 2001. Guide des matières organiques.eds guide technique de l'ITAB
- [20] Charnay F., 2005. Compostage des déchets urbains dans les PED : Elaboration d'une Démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de Doctorat N° 56. Université de Limoges.
- [21] Francou C., 2003. Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets Urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage – Recherche D'indicateurs pertinents, Thèse de Doctorat, Institut national agronomique Paris-Grignon,
- [22] ADEME, 2008. Guide pratique sur le compostage. ADEME édition
- [23] DBF 2009 et Directives 2010 de la branche sur la qualité du compost et du digestat
- [24] René MOLETTA (2009) le traitement des déchets. Ed Tec et Doc .France.

# **Chapitre II:**

## **Matériel et méthodes**



## **INTRODUCTION :**

Dans ce chapitre nous allons présenter le matériau utilisé comme adsorbant, un déchet de nature végétale (déchet vert). La plante en question tenue anonyme était désherbée et laissée à l'abondant. Ce déchet a été collecté et modifié afin de le valoriser dans le domaine des traitements des eaux, en améliorant ainsi son pouvoir d'adsorbant, ce matériau a subi des traitements d'activation.

### **II.1 Préparation du matériau:**

Le matériau qui fait l'objet de notre étude, est un déchet vert défini comme sous produit d'une plante largement disponible dans l'ouest algérien. Tous les ans des milliers d'arbres de cette plante sont taillés dans la période du printemps par le service de jardinage de la mairie avec des quantités importantes qui deviennent un déchet vert encombrant en grande quantités ce qui est intéressant à le valoriser.

Une quantité de feuilles de la plante a été nettoyée à l'eau de robinet, puis plusieurs fois à l'eau distillée pour éliminer toutes les matières indésirables comme les impuretés, les matières solubles, les fines particules et la poussière, puis elle est séchée à 105°C pendant 24 heures. Le matériau séché a été broyé dans un broyeur en poudre fine, tamisé à 250 µm.

La valorisation de ce déchet comme adsorbant nécessite un traitement thermique car l'essai du matériau brut (feuilles lavées, séchées à 105 °C/24h à l'étuve et broyées à 250 µm) sur l'adsorption du colorant AO7 a donné un très faible taux d'élimination. Le matériau brut a été soumis à un traitement thermique après une optimisation de la température et du temps de séjours à un chauffage de 800 °C pendant 30 minutes à un taux de 20°C / Min pour obtenir un matériau appelé MT.

Afin d'étudier la capacité d'adsorption de ce matériau, nous avons choisi un colorant à usage répandu; il s'agit de l'Orange II (AO7).

### **II.2 Choix des molécules étudiées:**

Notre choix s'est porté sur la molécule modèle qui est l'orange II (AO7) d'une part, par son caractère nocif pour l'environnement et, d'autre part, par la facilité de son dosage dans l'eau. Il possède en plus des groupements chimiques variés. Il est largement utilisé dans de nombreux domaines

## II.2.1 Orange II:

L'Acide Orange 07 (AO7) est fourni par Acros Organics avec une appellation codée et commercialisée Orange II. L'AO7 est un colorant azoïque, soluble dans l'eau (à 30°C: 116g/L), utilisé dans les industries du textile, cuir, papier et teinture. Les colorants azoïques sont généralement des sels sodiques de sulfoacides aromatiques.

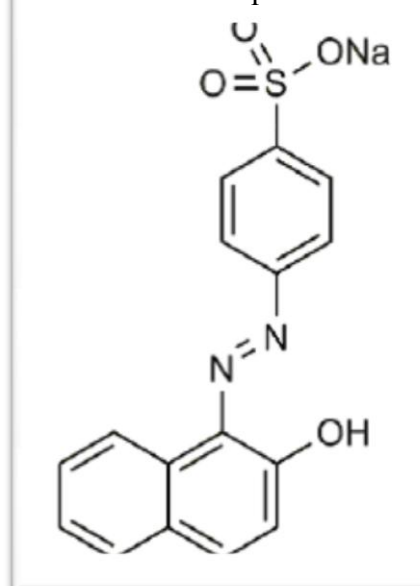
### II.2.1.1 Propriétés physico-chimique:

Quelques-unes de ses propriétés physicochimiques ont été résumées dans le tableau II.2. La structure chimique est présentée dans la figure II.2.

**Tableau II.1.** Quelques propriétés physico-chimiques de l'AO7 [1]

Propriétés	AO7
Numéro de CAS	633-96-5
Formule chimique	C <sub>16</sub> H <sub>11</sub> N <sub>2</sub> NaO <sub>4</sub> S
Masse moléculaire	350.32g/mole
Point de fusion	164°C
Densité	300
$\lambda_{\max}$	485 nm
Etat	poudre
Couleur	Orange
Odeur	Inodore
Solubilité dans l'eau	30°C: 116g/L

**Figure II.1.** Structure chimique de l'AO7



### **II.2.1.2 Utilisation:**

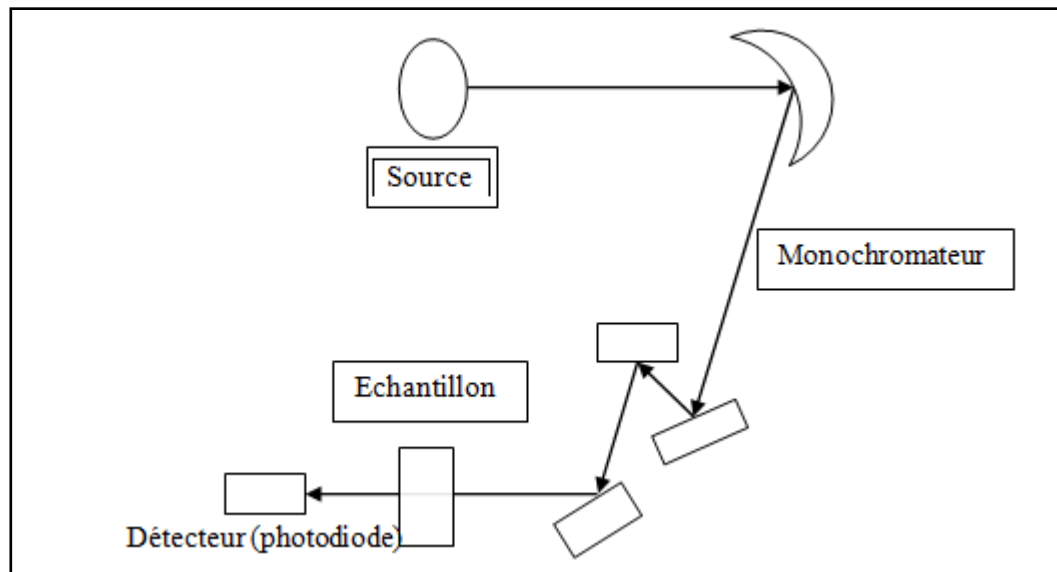
L'Orange II est un colorant non réactif, est utilisé comme agent de coloration direct des cheveux ainsi que dans des formulations de teinture capillaire oxydative. Il est aussi autorisé pour l'utiliser dans les produits cosmétiques sauf ceux destinés à être appliqués à proximité des yeux, dans l'œil particulier.

### **II.2.1.3 Toxicité:**

Les colorants synthétiques organiques les plus toxiques sont les colorants diazo et cationiques comme le colorant Orange II. Le caractère électro-attracteur des groupes azo génère des déficiences électroniques, ce qui implique que les azoïques sont peu disposés au catabolisme oxydatif dans des conditions environnementales aérobies. La toxicité des azoïques est démontrée par l'augmentation du nombre de cancers de la vessie observés chez des ouvriers de l'industrie textile, dus à leur exposition prolongée aux colorants azoïques. Depuis, les travaux effectués sur ces colorants ont démontré que ces composés chimiques présentaient des effets cancérigènes pour l'homme et l'animal. La toxicité des azoïques est due à la présence de substituant sur le noyau aromatique notamment des groupes nitro ( $\text{NO}_2$ ) et halogènes (particulièrement Cl)[2].

## **II.3 Dosage par spectrophotométrie:**

Les lois générales d'absorption s'appliquent pour les spectres d'absorption dans les domaines ultraviolets et visibles. L'analyse spectrophotométrique est fondée sur l'étude du changement d'absorption de la lumière par un milieu en fonction de la concentration et de la proportion d'intensité lumineuse absorbée par la solution. D'après cette analyse on peut déduire la concentration de la substance absorbante, en utilisant une lumière sensiblement monochromatique. La calorimétrie est un cas particulier de la spectrophotométrie dans le domaine du visible, on utilise une source de lumière blanche et les déterminations sont faites à l'aide d'un instrument simple appelé colorimètre. Une cellule photoélectrique permet d'apprécier l'intensité de la coloration, on utilise une lumière dont les longueurs d'ondes se situent dans un domaine spectral relativement étroit grâce à des filtres qui ne transmettent que des longueurs d'ondes d'une petite région du spectre [3].



**Figure II.2.** Schéma d'un spectrophotomètre simplifié [3].

### II.3.1 Loi de BEER LAMBERT:

Soit un faisceau de lumière monochromatique traversant une épaisseur  $l$  de solution d'un corps adsorbant. Soit  $I_0$  la puissance rayonnante à l'entrée de la solution et  $I$  la puissance rayonnante à la sortie,  $C$  la concentration du corps absorbant et  $\ell$  l'épaisseur de la cuve [4].

La loi de Beer Lambert s'exprime sous la forme suivante

$$A = \log(I_0/I) = \log(1/T) = k C \ell$$

avec :

$T$  : facteur de transmission ou transmittance.

$A$  : absorbance ou densité optique.

$C$  : concentration massique du composé dosé.

$I, I_0$  : intensité du faisceau émergent et incident.

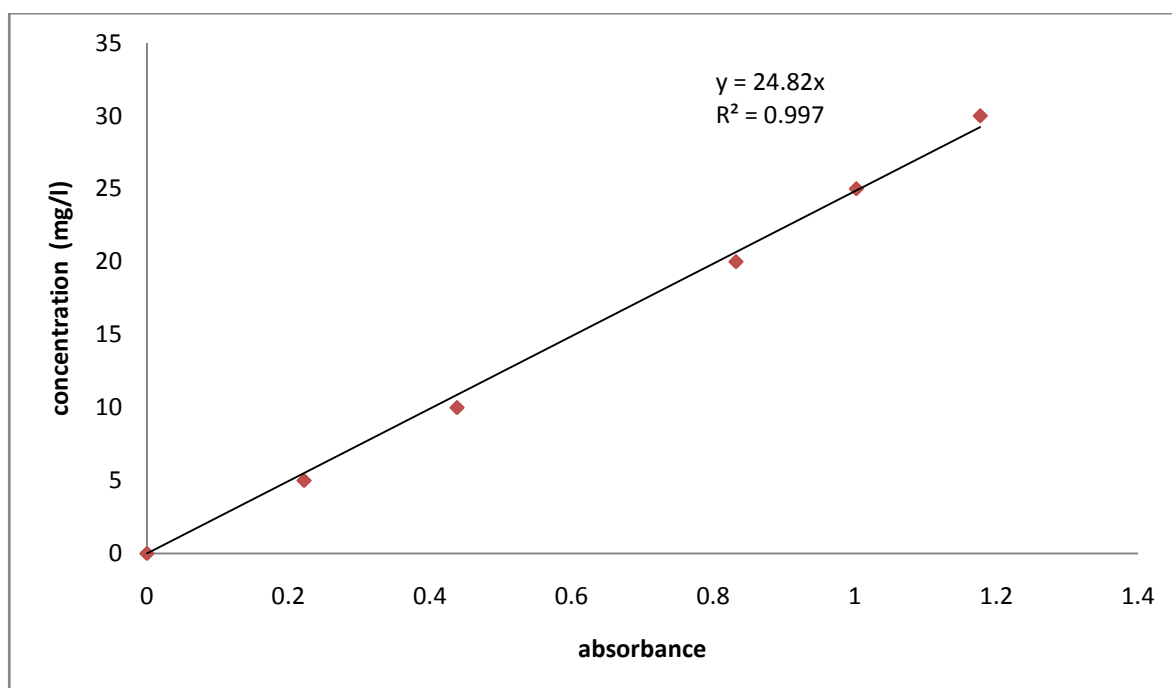
$k$  : coefficient spécifique d'absorbance.

$\ell$  : épaisseur de la cuve.

### II.3.2 Établissement des courbes d'étalonnage:

Un balayage est fait afin de déterminer les longueurs d'onde maximales d'absorption avant d'établir les courbes d'étalonnage de l'orange II par spectrophotométrie. La longueur d'onde maximale est 485 nm pour l'orange II.

On prépare une solution mère à partir de laquelle nous préparons par dilution une série de solutions de concentrations voulue à des absorbances qui ne dépassent pas la valeur 1, cela pour le domaine de validité de la loi de Beer Lambert. Nous établissons ainsi la droite de la courbe d'étalonnage de l'Orange II  $C = f(A)$  (  $C$ : concentrations des solutions et  $A$  : leurs absorbance). Les résultats de l'absorbance sont représentés graphiquement sur les figures II.3.



**Figure II.3.** Courbe d'étalonnage de l'AO7 ( $\lambda_{\max}=485$  nm)

La régression linéaire a donné  $A = 0,0402 \cdot C$  avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0.9969$  ce qui représente un très bon ajustement linéaire. Cette équation est utilisée pour calculer les concentrations inconnues.

## II.4 Le Point de Charge Zéro ( $\text{pH}_{\text{pcz}}$ ):

L'adsorption sur une surface solide dépend fortement du pH de la solution ainsi que du  $\text{pH}_{\text{pcz}}$  de la surface de l'adsorbant utilisé. Le  $\text{pH}_{\text{pcz}}$  est le pH pour lequel il y a absence de charge positive ou négative à la surface de l'adsorbant. Le tracé du  $\text{pH}_{\text{final}}$  en fonction du  $\text{pH}_{\text{initial}}$  détermine le PZC qui correspond au point d'intersection entre  $\text{pH}_{\text{final}} = f(\text{pH}_{\text{initial}})$  avec la ligne  $\text{pH}(\text{final}) = \text{pH}(\text{initial})$ .

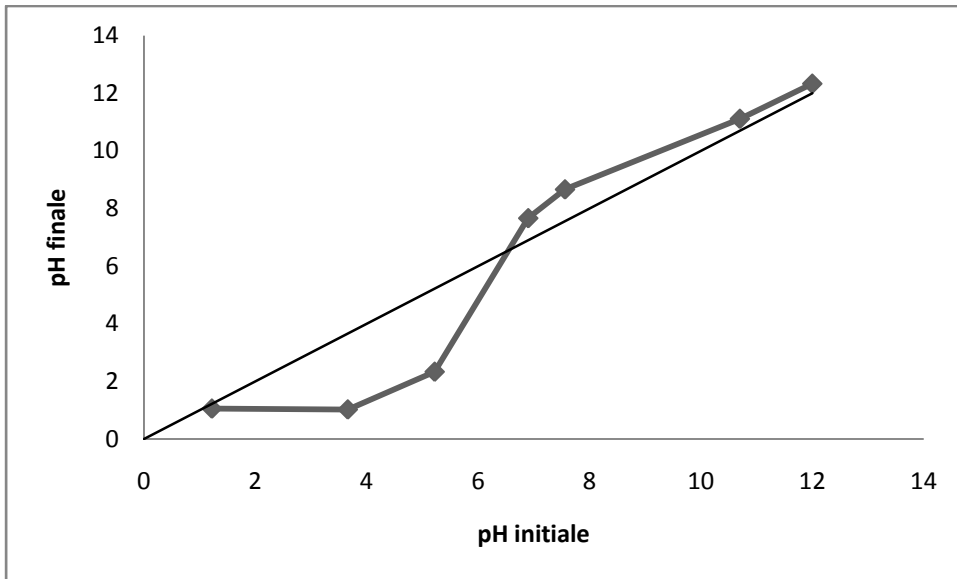
A la valeur du pH de soluté au-dessous du  $\text{pH}_{\text{pcz}}$  ( $\text{pH} < \text{pH}_{\text{pcz}}$ ), la surface de l'adsorbant étant chargée positivement et à pH de soluté au-dessus du  $\text{pH}_{\text{pcz}}$  ( $\text{pH} > \text{pH}_{\text{pcz}}$ ), la surface de l'adsorbant étant chargée négativement. Ces valeurs de  $\text{pH}_{\text{pcz}}$  obtenus nous indiquent si l'adsorption est favorisée ou non.

Si la substance à éliminer est chargée positivement, à pH du soluté inférieur au  $\text{pH}_{\text{pcz}}$ , il y aura une répulsion. Donc, une diminution de la capacité d'adsorption en résulte par contre à pH du soluté supérieur au  $\text{pH}_{\text{pcz}}$ , il y a une attraction et par conséquent augmentation de la capacité d'adsorption et l'inverse si la substance à éliminer est chargée négativement [5].

### II.4.1 Protocole expérimental:

Un volume de 50 ml d'une solution de NaCl (0.01M) est placé dans des flacons fermés, le pH est ajusté de 1.5 à 12 en ajoutant l'hydroxyde de sodium (NaOH 0.1 M) et l'acide chlorhydrique (HCl 0.1 M) ; une masse de 0.15 g du matériau est ensuite ajouté aux solutions de NaCl de différents pH [5].

Après 48 heures d'agitation le  $\text{pH}_{\text{final}}$  est mesuré. On trace le  $\text{pH}_{\text{final}}$  en fonction du  $\text{pH}_{\text{initial}}$ . Le pH qui correspond au point d'intersection avec la ligne  $\text{pH}(\text{final}) = \text{pH}(\text{initial})$  est le  $\text{pH}_{\text{pcz}}$  du matériau.



**Figure II.4.** trace du  $\text{pH}_{\text{pcz}}$  ( $\text{pH}_{\text{final}}$  en fonction du  $\text{pH}_{\text{initial}}$ ).

## **Référence Bibliographiques:**

- [1] Site web: [http://www.biam2.org/www/sub\\_2714.htm](http://www.biam2.org/www/sub_2714.htm)
- [2] BELHAINE. A. Synthèse De Nouveaux Matériaux Silicaté Appliqués A La Dépollution Des Eaux .Thèse De Doctorat .Université De Mostaganem. (2017)
- [3] HADDOU. N. Optimisation Des Paramètres Plasma catalytiques Pour Le Traitement Des Effluents Liquides, Thèse De Magistère, Université De Mostaganem. (2009)
- [4] Stephane Grelier - Etienne Graudin editeur: Université de Boutdeaux - MAPI
- [5] Chip Appel, Lena Q Ma, R Dean Rhue, Elizabeth Kennelley Point Of Zero Charge Determination In Soils And Minerals Via Traditional Methods And Detection Of Electroacoustic Mobility Original Research Article Geoderma, Volume 113, Issues 1–2, April 2003, Pages 77-93.



***CHAPITRE III:***  
***Résultats et discussions***

## INTRODUCTION:

Dans ce dernier chapitre nous allons présenter la démarche expérimentale suivie des résultats et discussions. L'objectif de cette partie consiste à faire une valorisation du matériau brut par une adsorption sur l'Orange II (AO7).

Les paramètres régissant l'adsorption du molécule en présence du matériau ont été recherchés afin d'optimiser le taux d'élimination des colorants. Nous avons ciblé des paramètres d'usage tels que : temps de contact, dose du matériau, pH, température du milieu et la dose d'adsorbant.

### III.I Méthodologie expérimentale et préparation des solutions:

Des quantités de colorant Orange II(AO7) sont pesées et diluées dans de l'eau distillée. Ceci est suivi par une agitation magnétique dans une atmosphère obscure.

Les tests en mode batch ont été menés dans l'isolation totale et dans une l'obscurité absolue afin d'éliminer toute intervention du milieu extérieur, ces travaux étaient basé sur l'élimination de l'Orange II largement utilisé dans l'industrie du textile réalisée par le déchet vert modifié.

Les paramètres utilisés pour suivre l'évolution du traitement par adsorption sont : Les quantités adsorbées  $Q$  qui sont calculées en utilisant l'équation (Eq III.1):

$$Q = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{m} \quad (\text{Eq III.1})$$

$C_0$  et  $C_t$  : Concentration initial à  $t = 0$  et concentration final  $t = t$ ,

$V$  : Le volume de la cellule batch,

$m$  : La masse du matériau.

Et le pourcentage de décoloration qui est calculé par la formule (Eq III.2):

$$R (\%) = 100 * \frac{(ABS_I - ABS_f)}{ABS_I} \quad \text{Eq III.2}$$

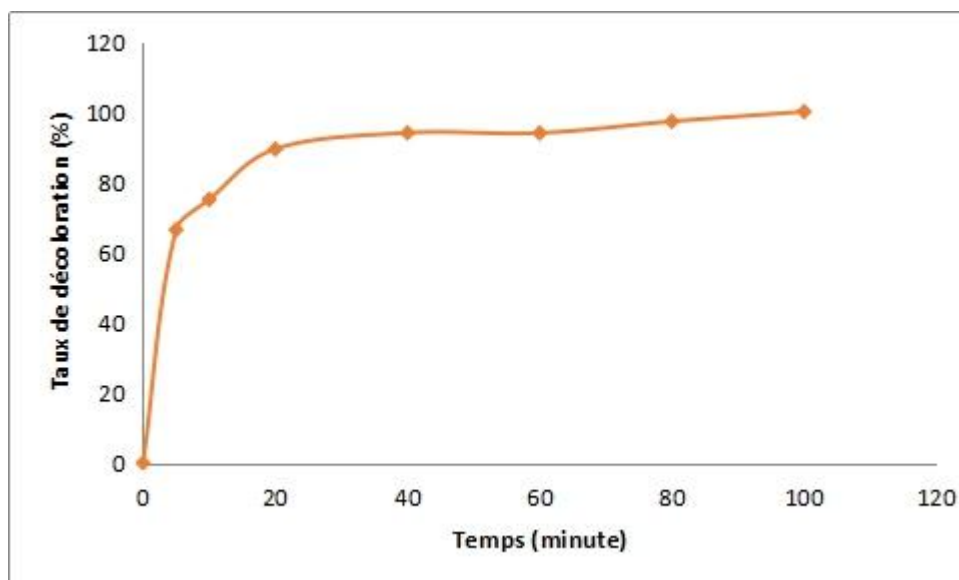
$ABS_I$  et  $ABS_f$  : Absorbance initial à  $t = 0$  et absorbance final à  $t = t$ .

## III.2 Résultats et discussions:

### III.2.1 Détermination des temps d'équilibre:

Dans le but de déterminer les temps d'équilibre, des volumes de 25 ml de solutions aqueuses de concentration connues (100 mg/l) pour AO7 ont été mélangé avec 0.5 g du matériau MT à une température ambiante (25 °C). Le mélange est agité avec des agitateurs mécaniques (WISESTIR HS-30D) à des temps d'agitation allant de 5 à 120 minutes. La séparation est effectuée par une centrifugation à l'aide d'une centrifugeuse de type (CENTURION SCIENTIFIC- LTD), à 600 rpm pendant 5 minutes. Les absorbances finales ont été déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre UV-VIS (OPTIZEN 2120).

Les résultats obtenus sont représentés graphiquement sur la figure III.1.



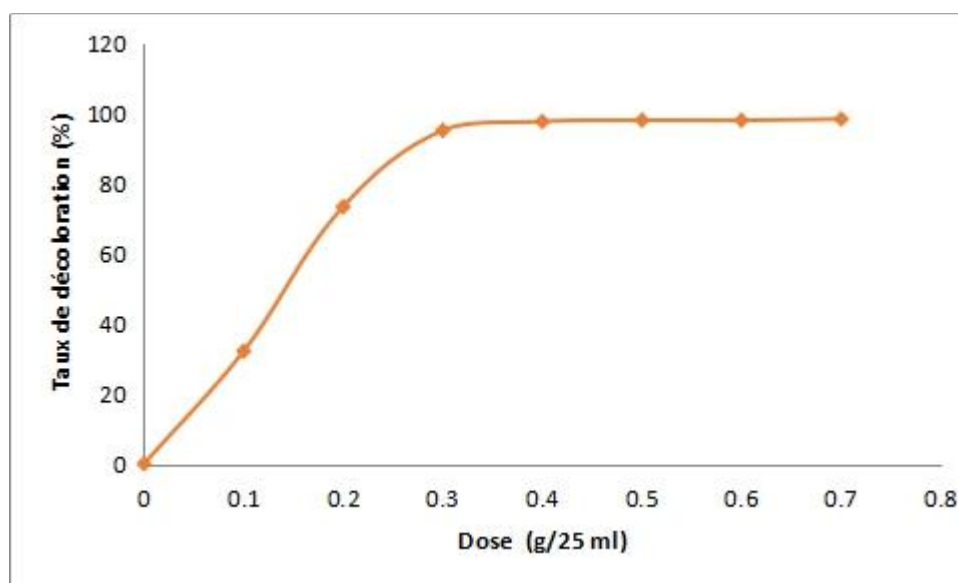
**Figure III.1 :** Effet du temps sur l'adsorption de AO7 par le matériau MT

On constate d'après les figures précédentes que le taux d'élimination de AO7 par le matériau MT augmente avec le temps de contact jusqu'à un palier de saturation à partir de 20. Où ce pourcentage reste presque constant. Les expériences d'adsorption seront faites pour ce temps de contact adsorbant adsorbat, temps supposé suffisant pour l'équilibre du système.

Quel que soit le système étudié, la présence des deux phases cinétiques est justifiée par la saturation des sites d'adsorption du matériau. En effet, dès que les pores de ce dernier sont comblés par les molécules de colorant, un équilibre liquide-solide est établi. Une première étape relativement très rapide (phase 1) dans un intervalle de temps bien défini  $[0, t_{eq}]$  donnant lieu à un taux d'équilibre maximum, suivie d'une autre étape lente de saturation (phase 2) qui se stabilise autour du même taux [1-2].

### III.2.2 Etude de l'influence de la dose:

Pour étudier l'influence de la dose de l'adsorbant sur la capacité d'adsorption, nous avons mis dans une série de béchers qui contiennent des solutions de 25 ml de concentration connue de AO7 (100 mg/l) des masses de matériau MT de 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 jusqu'à 0,7 g. Les suspensions sont agitées pendant le temps de contact déterminé précédemment. La séparation est effectuée par une centrifugation à 600 rpm pendant 5 minutes. Les absorbances finales ont été déterminées à l'aide du spectrophotomètre utilisé auparavant. Les résultats sont représentés graphiquement dans la figure III.2.



**Figure III.2 :** Etude effet de la dose sur l'adsorption de l'AO7 par le matériau MT.

Nous observons une augmentation et une efficacité d'adsorption lorsque la masse d'adsorbant MT introduit augmente. Pour une dose de 16 g/l pour l'adsorption de l'AO7. Le rendement maximal a atteint 98 %.

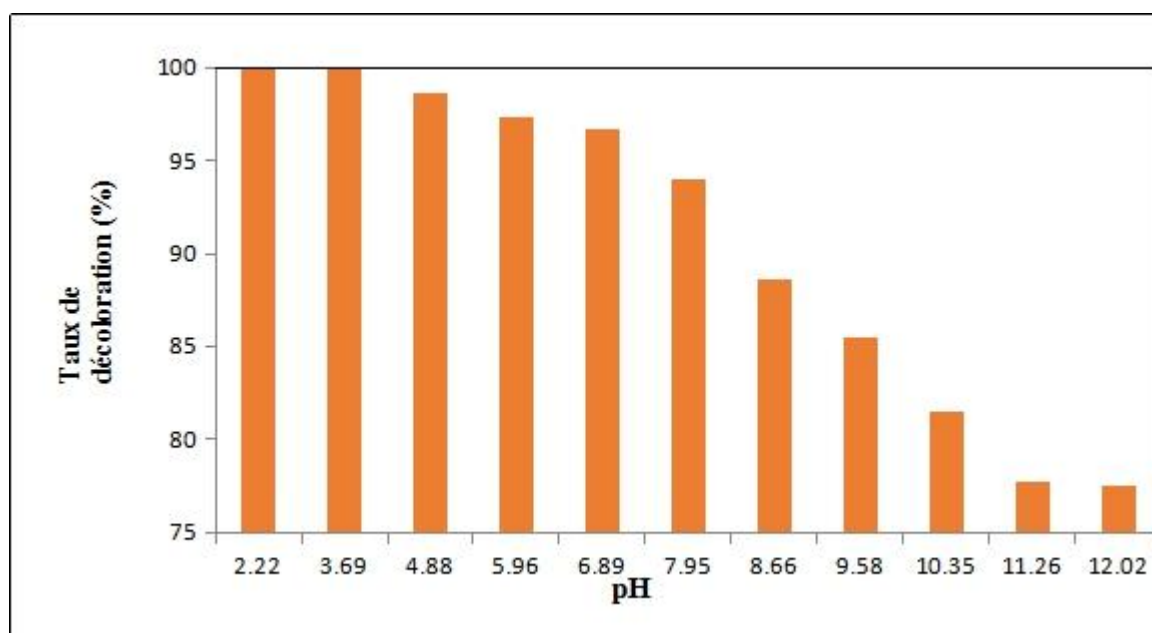
On constate que plus la dose de l'adsorbant augmente, plus l'élimination du colorant est prononcée. En effet, cette amélioration des rendements peut être justifiée par l'augmentation des sites d'adsorption avec l'augmentation de la masse d'adsorbant [3-4]. Mais dès que toutes les molécules se fixent, on assiste à une stabilisation autour d'une concentration à l'équilibre généralement égale à zéro. Il est préférable d'arrêter l'augmentation de la dose, car dans le cas contraire, on assiste à la diminution de la concentration dans la suspension du matériau, qui entraîne la dispersion des particules dans la phase aqueuse. Par conséquent, les surfaces adsorbantes seront plus exposées. Ceci facilitera l'accessibilité d'un grand nombre de sites

libres des grains de matériaux aux molécules qui entame un phénomène de retour (désorption) par gradient de concentration. [3],[5-6].

### III.2.3 Etude de l'influence du pH de la solution sur l'adsorption:

Le pH joue un rôle important dans l'adsorption. Car beaucoup d'études ont montré que c'est un facteur important pour la détermination du potentiel d'adsorption des composés organiques cationiques et anioniques.

Dans une série de béchers, les expériences ont été effectuées dans des solutions avec différents pH sur une plage de 2 jusqu'au 12, le pH a été ajusté par addition d'une solution aqueuse diluée de HCl et de NaOH (0,10 M) et mesuré à l'aide d'un pH-mètre METELAB PHM 210. Le mélange est agité pendant un temps déterminé précédemment, puis filtré et analysé par un spectrophotomètre. Les résultats de la variation du taux d'adsorption de l'AO7 en fonction du pH est représenté graphiquement la figure III.3.



**Figure III.3 :** Effet de pH de la solution la fixation de l'AO7 par le matériau MT.

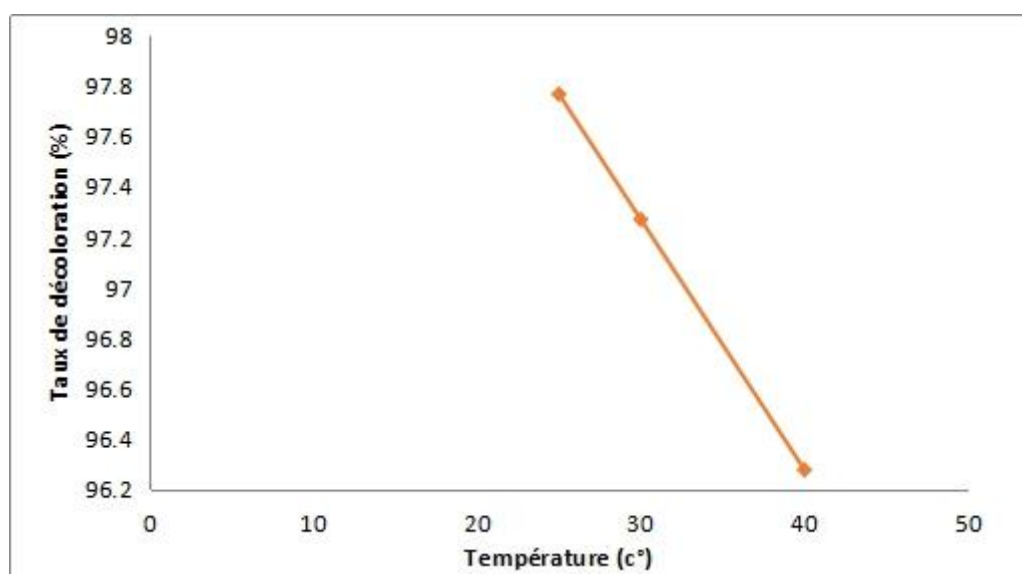
Les figures montrent que les taux d'élimination de l'AO7 à des pH acides sont très élevés par rapport au pH basique. On pourrait expliquer cette tendance par le mécanisme proposé par le PZC. A des  $pH < pH_{pcz}$  la surface de l'adsorbant est chargée positivement par une forte acidité, une attraction électrostatique importante s'établit entre la surface de l'adsorbant et le colorant acide anionique AO7 ce qui implique une forte adsorption. Inversement à cela, quand le  $pH > pH_{pcz}$  la surface de l'adsorbant sera chargée négativement par le pH du système qui augmente, implique que le nombre de sites chargés négativement augmente et le

nombre de sites chargés positivement diminue ce qui fait la diminution de l'adsorption. La limite qui tranche entre les surfaces de l'adsorbant chargé positivement et négativement est le  $pH_Z$  déterminé dans le chapitre précédant ( $pH_Z = 6.1$ ) [7-8].

### III.2.4 Etude de l'influence de la température:

Dans la nature, les phénomènes d'adsorption sont généralement exothermiques alors que la désorption est endothermique. De ce fait, on peut admettre qu'une augmentation de la température affecte beaucoup plus l'adsorption physique que chimique.

Afin d'étudier l'influence de la température sur l'adsorption. Des flacons contenant 25 ml de solution de concentration connue de AO7 aux quelles nous avons ajouté une masse optimale du matériau MT. Les réacteurs sont placés dans un bain marie à l'aide d'un thermostat réglé successivement à des températures de 30 °C et 40 °C. Les résultats sont représentés sur la figure III.4.



**Figure III. 4:** Effet de la température sur l'adsorption de l' AO7 par le matériau MT.

La figure montre une légère variation (diminution) du taux de décoloration du colorant avec l'augmentation de la température.

Dans notre cas l'adsorption est un processus exothermique qui se produit donc avec un dégagement de chaleur, ce qui conduit à un échauffement du solide et une réduction des quantités adsorbées. Pour confirmer ces résultats et avoir plus d' informations sur la quantité d'énergie mise en jeu lors de l'adsorption, on calculera les paramètres thermodynamiques ( $\Delta G^\circ$ ,  $\Delta H^\circ$ , et  $\Delta S^\circ$ ) liés au processus d'adsorption et le coefficient de distribution  $k_L$ .

Le coefficient de distribution  $K_L$  caractérise l'affinité du soluté pour l'adsorption, peut se traduire par l'expression Eq III.3 [9]:

$$K_L = [(C_i - C_e)/C_e]V/m \quad (\text{cm}^3/\text{g}) \quad (\text{Eq III.3})$$

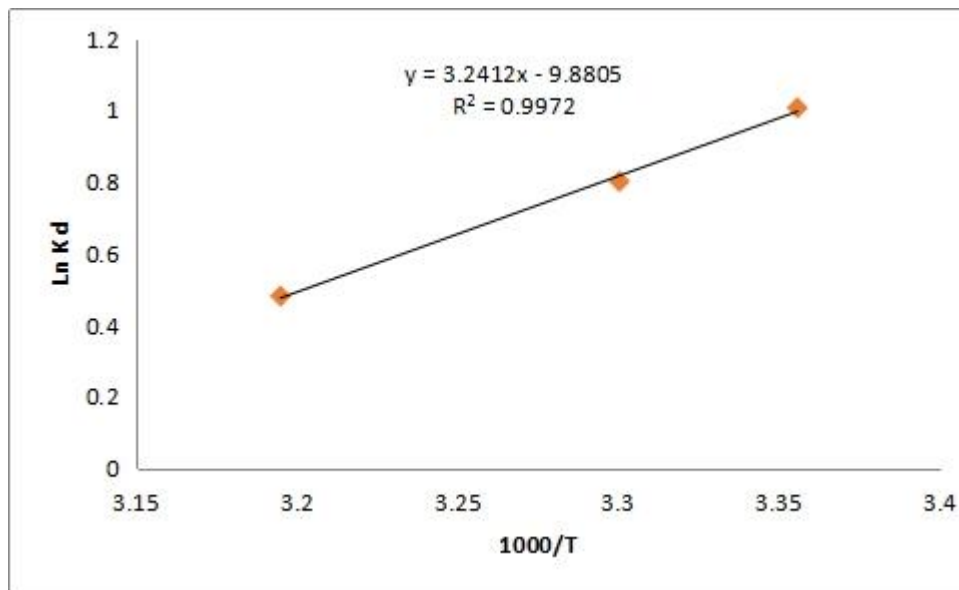
$C_i$ : concentration initiale de soluté (mg/L).

$C_e$ : concentration résiduelle du soluté à l'équilibre dans la solution (mg/L).

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

$V$ : Volume de la solution ( $\text{cm}^3$ ).

On se basant sur l'équation Eq I.12 du chapitre I on trace les droites  $\ln K_L = f(1/T)$  permet de calculer les valeurs des paramètres thermodynamiques  $\Delta S^\circ$  et  $\Delta H^\circ$  à partir de l'ordonnée et de la pente. Les résultats sont exprimés dans la figure III.5 Les paramètres thermodynamiques ainsi estimés sont regroupés dans les tableaux III.1.



**Figure III.5:** Evolution de  $\ln K_d$  pour l'adsorption de l'AO7 par le matériau MT.

**Tableau III.1:** Paramètres thermodynamique d'adsorption de l'AO7.

Type de matériau	$\Delta G(\text{KJ/mol})$			$\Delta H(\text{KJ/mol})$	$\Delta S (\text{KJ/mol K})$
	T=298K	T=303 K	T=313K		
Matériau MT	-2.50	-2,09	-1,27	-26.94	-0.082

L'analyse de ces paramètres thermodynamiques montre que le processus d'adsorption se fait avec des réactions spontanées et favorables ( $\Delta G < 0$ ). La valeur négative de  $\Delta H$  montre que les réactions sont exothermiques ( $\Delta H < 0$ ) et la valeur de la chaleur d'adsorption obtenues pour confirme bien que l'interaction avec le colorant est de nature physique (adsorption physique ( $\Delta H < 50$  kJ/mol)[10]. On remarque que la valeur d'entropie est trop faible ce qui nous informe que les atomes perdent des degrés de liberté durant le processus d'adsorption et que les molécules de l'AO7 ont été adsorbées de façon ordonnée à la surface du matériau [11].

### III.2.5 Isothermes d'adsorption:

L'intérêt principal de la modélisation mathématique des isothermes d'adsorption réside dans la possibilité d'obtenir des caractéristiques du processus d'adsorption, et les comparer à des valeurs obtenues pour différents systèmes colorant/adsorbant.

Nous avons introduit successivement la quantité optimisée d'adsorbant dans une série de béchers avec des solutions filles connues de concentration qui varient entre 50 à 500 mg/L. Les mélanges ont été agités pendant les temps d'équilibre déterminé auparavant avec tous les paramètres optimaux. Ensuite pour tracer  $Q_e = f(C_{e,q})$ , on a calculé la quantité adsorbée ( $x/m$ ) qui est déterminée par l'équation Eq III.4 suivante :

$$Q_e = \frac{x}{m} = \left[ \frac{C_0 - C_{e,q}}{m} \right] \times V \quad \dots\dots\dots \text{(Eq III.4)}$$

$C_0$  : concentration initiale de l'adsorbat (mg/L)

$C_{e,q}$  : concentration à l'équilibre de l'adsorbat (mg/L).

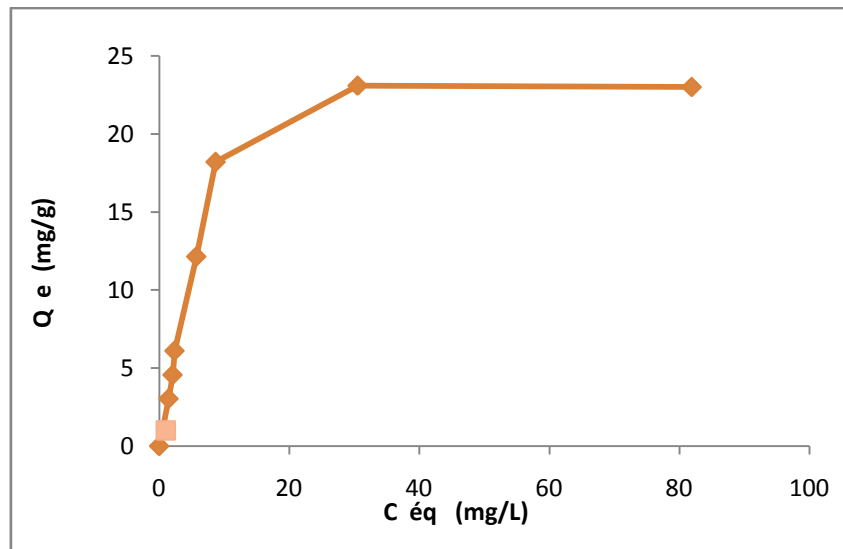
$V$  : volume de suspension (ml)

$m$  : masse de l'adsorbant (g)

La quantité d'adsorption fixée par l'adsorbant en fonction de sa concentration dans la solution est représentée par une courbe que l'on appelle « isotherme d'adsorption ».

Les résultats sont représentés graphiquement dans la figure III.6.



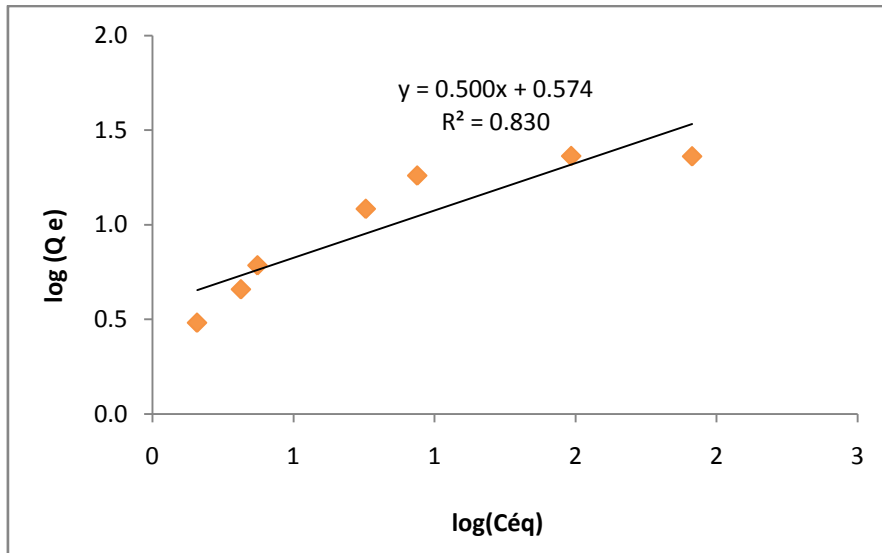


**Figure III.6:** Isotherme d'adsorption de l'orange II par le matériau MT

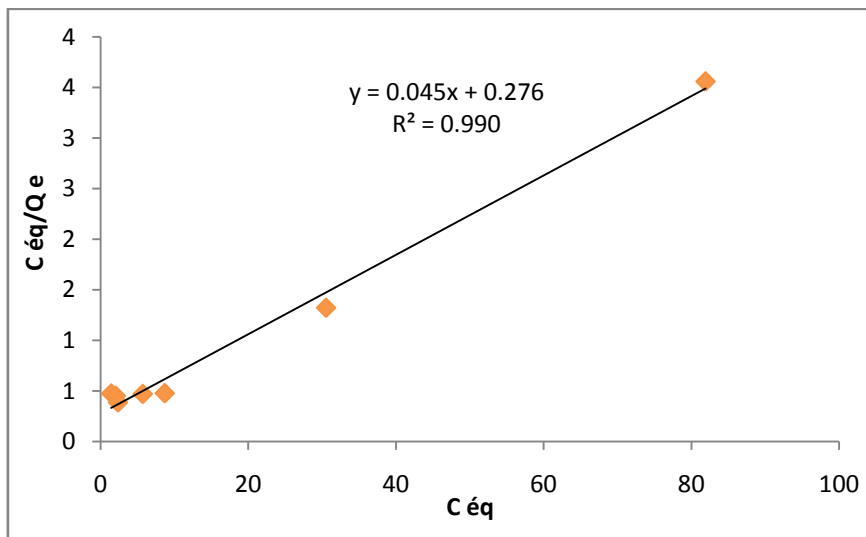
La figure nous montre que :

- la capacité d'adsorption des deux colorants sur le matériau MT augmente remarquablement avec l'augmentation de la concentration initiale.
- L'isotherme présente un palier indiquant la saturation des sites de la surface et donc la formation de la monocouche

La forme des courbes (type I) dans la figure III.6 ( $Q_e = f(C_e)$ ) indique et confirme que la forme linéaire de Freundlich et également celle de Langmuir, nous permettent de déduire les principaux paramètres caractérisant notre système, car cette forme de courbe indique que l'isotherme est de type I. Les figures III.7, III.8 présentent les modèles de Freundlich et Langmuir linéarisés.



**Figure III.7:** Isotherme de Freundlich pour l'adsorption de l'AO7 sur le matériau MT



**Figure III.8 :** Isotherme de Langmuir pour l'adsorption de l'AO7 sur le matériau MT

La linéarité de la droite de la figure III.8 avec un coefficient de régression  $R^2 > 0.99$  montre que le système étudié suit le modèle de Langmuir. La pente et l'ordonnée à l'origine déterminent la capacité maximale d'adsorption  $b$  ainsi que la constante  $K$ .

**Tableau III.2 :** Paramètres de Freundlich pour l'adsorption de l' AO7.

Système	Equation de Freundlich	n	K	R <sup>2</sup>
Matériau MT + AO7	Y=0,500x+0,574	2.00	1.77	0,83

**Tableau III.3:** Paramètres de Langmuir pour l'adsorption de l'AO7.

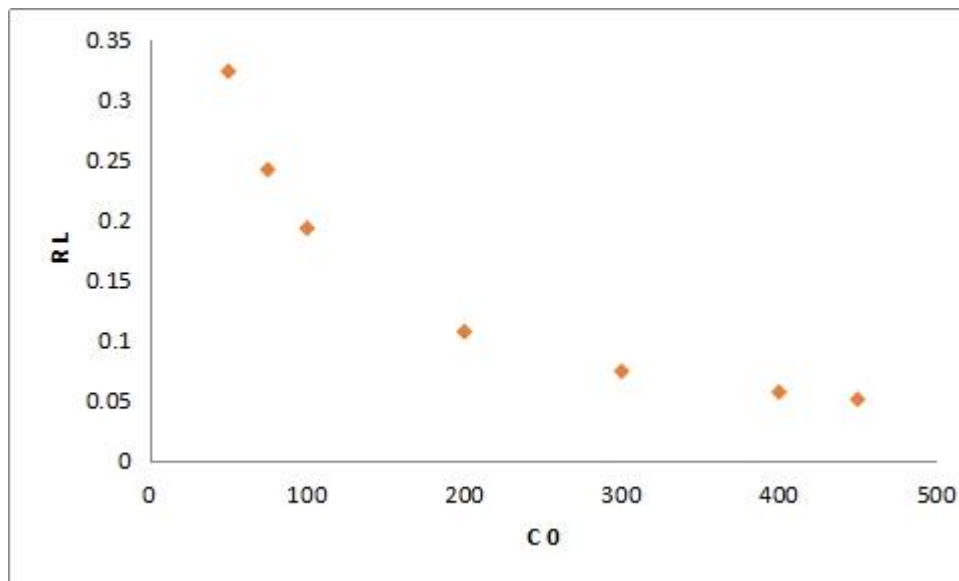
Système	Equation de Langmuir	b (mg/g)	K (L/mg)	R <sup>2</sup>
Matériau MT + AO7	Y=0,045x+0,276	22.22	0.141	0,99

Le tableau III.3 montre la valeur de la capacité d'adsorption de l'AO7 obtenu. Une valeur de 22.22 mg de BAO7 par gramme de matériau MT a été obtenue, ce qui encourageant et stimulant pour l'amélioration de la capacité globale d'adsorption pour cette substance.

Le tableau III.2 montre également que la valeur de n de l'isotherme de Freundlich est supérieure à 1 ce qui indique que l'adsorption sur la surface du matériau est un processus physique. Une caractéristique de l'isotherme de Langmuir peut être exprimée en termes d'une constante sans dimension appelée facteur de séparation et définie par l'équation (Eq III.5) [12] :

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \dots\dots\dots (Eq III. 5)$$

Où C<sub>0</sub> est la concentration initiale de l'adsorbât (mg. l<sup>-1</sup>) et K<sub>L</sub> est la constante de Langmuir (l.mg<sup>-1</sup>).

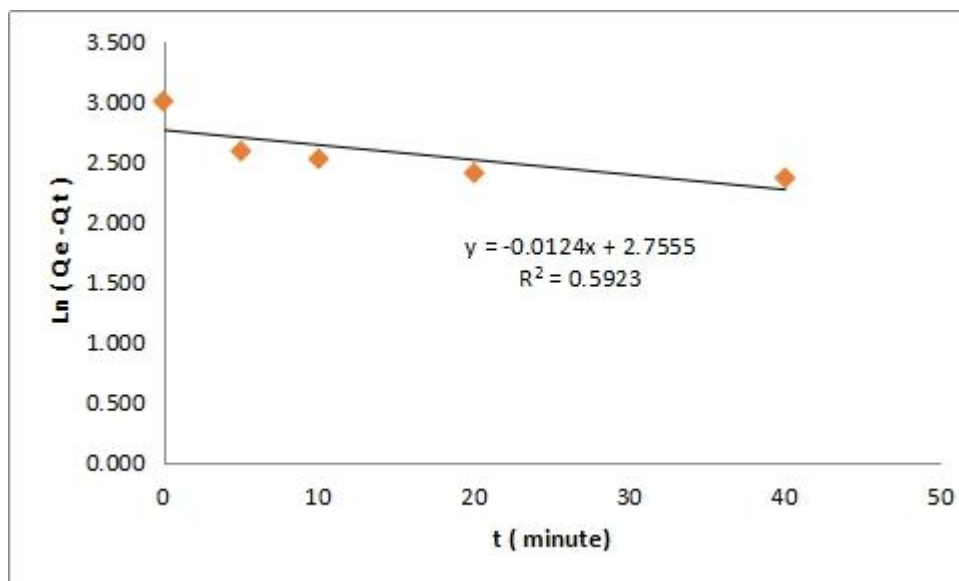


**Figure III.9:** les valeurs de R<sub>L</sub> de l'adsorption de AO7 par l'adsorbant MT.

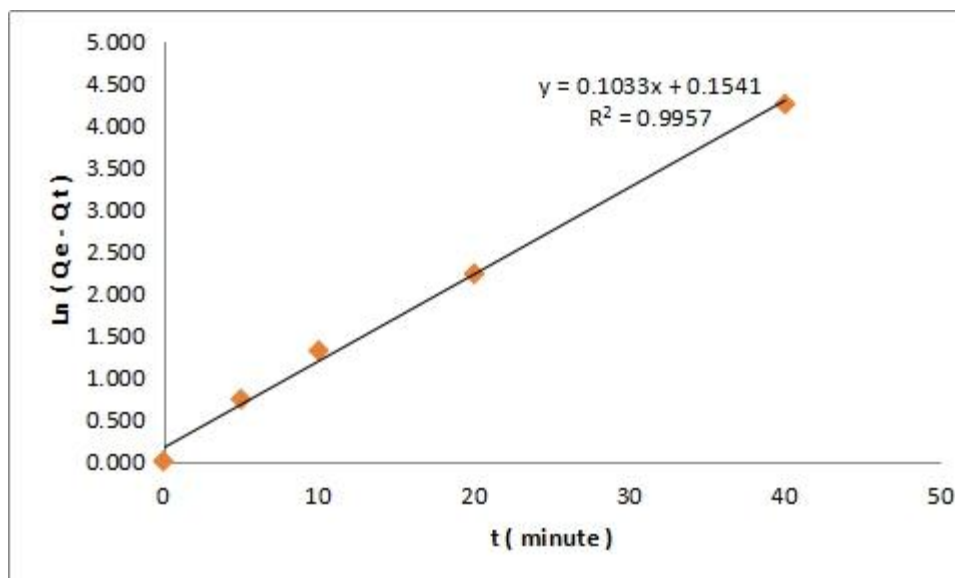
Dans le cas où la valeur de  $R_L > 1$  l'adsorption est défavorable,  $R_L = 1$  l'adsorption est dite linéaire, l'adsorption est dite favorable lorsque  $0 < R_L < 1$ , et lorsque le facteur de séparation est nul ( $R_L = 0$ ) indique que l'adsorption est irréversible [13]. Dans notre cas, les valeurs de  $R_L$  sont toutes comprises entre 0 et 1 pour l'adsorption de l'AO7 ce qui révèle une adsorption favorable [14].

### III.2.6 Cinétique D'adsorption:

Pour connaître l'ordre de la réaction d'adsorption, nous avons suivi le mode opératoire suivant: Dans une série de béchers, on introduit successivement 25 ml de la solution de colorant de concentration connue (100 mg/l) aux quelles on ajoute la dose optimale du matériau. Le mélange est agité pendant des intervalles de temps inférieure au temps d'équilibre. Le filtrat est centrifugé ensuite analysé par spectrophotométrie. Les résultats sont représentés graphiquement sur les figures III.10 et III.11.



**Figure III.10 :** Cinétique d'adsorption de l'AO7 par le matériau MT (pseudo 1<sup>er</sup> ordre)



**Figure III.11 :** Cinétique d'adsorption de l'AO7 par le matériau MT (pseudo2<sup>ième</sup> ordre)

**Tableau III.4:** Résultats de la cinétique d'adsorption de l'AO7 par le matériau MT

Système		Matériau MT
C <sub>o</sub> (mg/L)		100
Q <sub>Th</sub> (mg/g)		8.33
Pseudo 1 <sup>er</sup> ordre	Q <sub>Exp</sub> (mg/g)	15.72
	K <sub>1</sub>	0.01
	R <sup>2</sup>	0,5923
Pseudo 2 <sup>ème</sup> ordre	Q <sub>Exp</sub> (mg/g)	9,68
	K <sub>2</sub> (g/mg min)	0.06
	h (mg/g.min)	0.67
	R <sup>2</sup>	0.99

D'après ces résultats nous remarquerons que, l'adsorption de l'AO7 par le matériau MT obéit au cinétique deuxième pseudo ordre avec des coefficients de corrélation > 0,99 et une capacité d'adsorption expérimentale presque égale à la capacité calculée théoriquement.

## **CONCLUSION:**

L'étude de l'adsorption de l'AO7 sur le matériau MT synthétisé à partir du déchet vert à montré que le taux de décoloration varie en fonction du temps de contact, concentration de l'adsorbant, la force du pH et de la température car on a obtenue presque la même forme de courbe munie d'une première phase croissante suivie d'une deuxième phase stationnaire.

Les taux d'élimination enregistrés dépassé les 96%, résultat attendu et prometteur.

On peut dire que le matériau MT présente une bonne capacité d'adsorption par rapport a l'Orange II.

### Références bibliographiques:

- [1] XIAONING.W, NANWEN. Z, BINGKUI.Y.(2008).Preparation Of Sludge-Based Activated Carbon And its Application In Dye Wastewater Treatment Journal Of Hazardous Materials. 153, p22-27.
- [2] CHEN.J.P, WANG.L.(2004). Chemosphere.54, p397-404.
- [3] JAIN.A.K, GUPTA. V.K, BHATNAGAR.A, SUHAS.A, (2003).comparative study of adsorbents prepared from industrial wastes for removal of dyes , Sep. Sci. Technol. p38-59.
- [4] HUI. D, JIANJIANG. L, GUOXUE. L, GENLIN. Z, XUGEN. W.(2011). Adsorption of methylene blue on adsorbent materials produced from cotton stalk. Chemical Engineering Journal.172, p326– 334.
- [5] ALLEN. S. J. (1987). Equilibrium adsorption isotherms for peat.Fuel.66, p1171–1175.
- [6] ALLEN. S. J, GAN. Q, MATTHEWS. R, JOHNSON. P. A. (2003). Comparison of optimised isotherm models for basic dye adsorption by kudzu. Bioresource Technology.88, p143–152.
- [7] CHAO. A, SHYU. S, LIN. Y, MI .F.(2004). Enzymatic grafting of carboxyl groups on to chitosan—to confer on chitosan the property of a cationic dye adsorbent. Bioresource Technology.91, p157–162.
- [8] CHIOU. M, LI. H,(2002). Equilibrium and kinetic modeling of adsorption of reactive dye on cross-linked chitosan beads.Journal of Hazardous Materials. B93,p233–248.
- [9] BELHAINE. A. (2017). Synthèse De Nouveaux Matériaux Silicaté Appliqués A La Dépollution Des Eaux .Thèse De Doctorat .Universite De Mostaganem
- [10]. P. CHINGOMBE, B. SAHA, R. J. WAKEMAN, « Effect Of Surface Modification Of An Engineered Activated Carbon On The Sorption Of 2,4-Dichlorophenoxy Acetic Acid And Benzolin From Water, J. Colloid Interf. Sci. 297, 2006, 434-442.
- [11] BESTANI BENAOUA, « Amélioration Du Pouvoir D'adsorption D'un Plante Saharienne En Vue De L'élimination De Substances Organiques Et Inorganiques », Thèse De Doctorat, 2005
- [12] Chouchane. T , Chouchane. S et Boukari. A ; (2013). L'élimination du manganèse en solution par le kaolin Etude cinétique et thermodynamique. Revue des Energies Renouvelables Vol. 16 N°2. 313 – 335.
- [13] Sidiras D , Batzias F, Shroeder. E, Ranjan. R et Tsapis M; (2011).Chem. Eng. J. 171. 883.

[14] Fayoud. N, Alami Younssi. S, Tahiri. S et Albizane. A ; (2015) l'Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption de bleu de méthylène sur les cendres de bois. J. Mater. Environ. Sci. 6 (11). 3295-3306



# ***CONCLUSION GENERALE***

### **Conclusion Générale:**

Dans le domaine des traitements des eaux en général et l'adsorption en particulier, la recherche des matériaux de faible coût est sans doute l'une des solutions qui peuvent apporter un bénéfice à l'environnement et à l'économie. Notre travail consiste à tester la performance d'un procédé d'adsorption en présence d'un déchet à faible coût. Ce déchet est un sous-produit d'origine végétale (déchet vert) laissé à l'abondant.

Afin de trouver de meilleurs résultats pour une adsorption totale, nous avons étudié tous les paramètres qui influent sur le taux d'adsorption de l'Orange II (AO7) sur le matériau (MT) obtenu à partir du déchet vert. Les résultats de ces paramètres obtenus durant la partie expérimentale sont comme suit : Un temps de contact de 20 min et une dose optimale de 16 g/l. Le rendement maximal a dépassé les 97%. Le pH optimal était inférieur à 6.1 (pH acide) pour une température ambiante.

L'étude de l'isotherme a montré que le modèle de Langmuir simule mieux l'isothermes, à une valeur de la constante  $K_L$  0.141 correspondant à une capacité maximale d'adsorption  $b = 22.22 \text{ mg g}^{-1}$ . En ce qui concerne le modèle cinétique appliqué, il s'agit du modèle de pseudo ordre 2 car la valeur du coefficient de corrélations ( $R^2 = 0.99$ ) est proche de l'unité. La quantité maximale adsorbée est  $q_{\max} = 8.33 \text{ mg g}^{-1}$ .

La valeur de l'enthalpie libre  $\Delta G$  montre que le processus d'adsorption sur notre matériau pourrait être spontané et les valeurs de  $\Delta H$  confirment que les interactions avec le colorant est de nature physique.

A la fin de cette étude, nous pouvons juger que le matériau (MT) est un bon adsorbant vu son faible coût, possédant une moyenne capacité pour éliminer l'AO7 qui nécessite peut être une activation chimique afin d'augmenter le pouvoir d'adsorption vis à vis de cette molécule.