

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la technologie*

*Département Génie de l'environnement*

## ***Mémoire***

*Présenté pour obtenir*

**LE DIPLOME DE MASTER**

**Filière : Génie des procédés**

**Spécialité : Génie des procédés de l'environnement**

Par

- **Cekhaba Khaoula**
- **Bendjebel Siham**

*Intitulé*

***Elimination d'un colorant par adsorption sur l'amidon***

***De blé***

***Soutenu le : 30/06/2022***

***Devant le Jury composé de :***

<b><i>Nom &amp; Prénom</i></b>	<b><i>Grade</i></b>	<b><i>Qualité</i></b>	<b><i>Etablissement</i></b>
<b><i>Mme.Merzougui Moufida</i></b>	<b><i>MAB</i></b>	<b><i>Président</i></b>	<b><i>Univ-BBA</i></b>
<b><i>Dr.Boufassa Samia</i></b>	<b><i>MCA</i></b>	<b><i>Encadreur</i></b>	<b><i>Univ-BBA</i></b>
<b><i>Dr.Assassi Mirvet</i></b>	<b><i>MCA</i></b>	<b><i>Examineur</i></b>	<b><i>Univ-BBA</i></b>

*AnnéeUniversitaire 2021/2022*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي  
خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ  
وَالَّذِي يُضَوِّبُ الْمَوْتَى  
إِنَّ رَبَّهُ لَسَدِيدٌ  
إِلَىٰ عَرْشِهِ الرَّحِيمُ  
الَّذِي يُخَوِّضُ الْغَوَّاصِينَ  
الَّذِي يُصَوِّرُ الْبَرَّاقِقَ  
كَمَا يَشَاءُ أَلْوَانًا  
مُتَشَابِهًا لَكُلِّ شَيْءٍ  
خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ  
وَإِنَّ رَبَّهُ لَسَدِيدٌ  
إِلَىٰ عَرْشِهِ الرَّحِيمُ  
الَّذِي يُخَوِّضُ الْغَوَّاصِينَ  
الَّذِي يُصَوِّرُ الْبَرَّاقِقَ  
كَمَا يَشَاءُ أَلْوَانًا  
مُتَشَابِهًا لَكُلِّ شَيْءٍ  
خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ  
وَإِنَّ رَبَّهُ لَسَدِيدٌ  
إِلَىٰ عَرْشِهِ الرَّحِيمُ

## **REMERCIEMENTS**

*Nous remercions en premier lieu le Dieu le tout puissant. C'est grâce à lui que nous avons eu la foi et la force pour accomplir ce travail.*

*Nous voulons remercier sincèrement Mme. **Boufassa samia**, Docteur à l'université de BBA, d'abord en tant qu'encadreur de ce mémoire ensuite pour ses précieux conseils, ses incessants encouragements et surtout sa grande disponibilité tout au long de la réalisation de ce travail. Nous la remercions pour toute la confiance accordée à notre égard. Ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer sans quoi ce mémoire n'aurait jamais eu autant de succès.*

*A tous les membres de jury, Vous nous faites le grand honneur en acceptant de juger notre modeste travail, veuillez trouver ici l'expression de nous sincères gratitude et notre grand respect.*

*Finalement, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la finalisation de notre travail.*

# *Sommaire*

### Sommaire

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Introduction Générale</b>	<b>01</b>
<b>Références</b>	<b>03</b>
<b>Chapitre N°I : Généralités sur l'adsorption</b>	
I.1.Introduction	<b>04</b>
I.2-Historique	<b>04</b>
I.3. Définitions de l'adsorption	<b>04</b>
I.4. Principe	<b>06</b>
I.5.Types d'adsorption	<b>06</b>
I.5.1. adsorption physique	<b>06</b>
I.5.2. adsorption chimique	<b>07</b>
I.6. Mécanisme d'adsorption	<b>08</b>
I.6.1. diffusion externe	<b>08</b>
I.6.2. diffusion interne	<b>08</b>
I.6.3. diffusion de surface	<b>08</b>
I.7. Facteurs influençant le phénomène d'adsorption	<b>09</b>
I.7.1.Nature de l'adsorbant	<b>09</b>
I.7.2. Influence de l'adsorbat L'adsorption	<b>09</b>
I.7.2.1.Effet de la température	<b>09</b>
I.7.2.2.Effet de la surface spécifique	<b>09</b>
I.7.2.3. Effet de l'agitation	<b>09</b>
I.7.2.4. Effet du Ph	<b>09</b>
I.7.2.5.Effet de la concentration	<b>09</b>
I.8. Isothermes d'adsorption	<b>10</b>
I.8.1. Définition de l'isotherme	<b>10</b>
I.8.2. Classification des isothermes	<b>10</b>

I.9.Modélisation des isothermes d'adsorption	<b>11</b>
I.9.1.Model de Langmuir	<b>11</b>
I.9.2.Model de Freundlich	<b>13</b>
I.10. Cinétique d'adsorption	<b>13</b>
I.11.Application industrielle de l'adsorption	<b>14</b>
I.12.Conclusion	<b>15</b>
<b>Références</b>	<b>16</b>
<b>Chapitre N° II : Les colorants</b>	
II.1.Introduction	<b>19</b>
II. 2. Définition d'un colorant	<b>19</b>
II. 3. Nature des colorants	<b>19</b>
II. 3.1. Groupement chromophores	<b>20</b>
II. 3.2. Groupements auxochromes	<b>20</b>
II. 4. Différent types de colorants	<b>21</b>
II. 4.1. Colorants utilisés dans le textile	<b>21</b>
II. 4.1.1. colorants à mordant	<b>21</b>
II. 4.1.2. colorants acides	<b>22</b>
II. 4.1.3. colorants cationiques (ou basiques)	<b>23</b>
II. 4.2. Colorants utilisés dans l'alimentation	<b>23</b>
II. 5. Classification des colorants	<b>24</b>
II. 5.1. Classification chimique	<b>24</b>
II. 5.2. Classification tinctoriale	<b>24</b>
II. 6. Toxicité des colorants	<b>24</b>
II.6.1.Dangers évident	<b>25</b>
II.6.2.Dangers à long terme	<b>25</b>
II. 7. Utilisation et application des colorants	<b>25</b>
II.8.Conclusion	<b>26</b>

<b>Références</b>	<b>27</b>
<b>Chapitre N°III : L'amidon</b>	
III.1.Introduction	<b>29</b>
III.2. Amidon natif	<b>29</b>
III.3 Structure chimique de l'amidon natif	<b>29</b>
III.3. 1 Composition chimique de l'amidon	<b>29</b>
III.3.1. a.Amylose	<b>30</b>
III.3.1.b.Amylopectine	<b>30</b>
III.3.1. c. Autres constituants glucidiques	<b>32</b>
III. 4. Fraction non glucidique	<b>32</b>
III.4.1 Lipides	<b>33</b>
III.4.2. Fraction minérale	<b>33</b>
III.5. Structure physique de l'amidon natif	<b>34</b>
III.6. Propriétés physiques de l'amidon	<b>35</b>
III.6.1. Actions thermique	<b>35</b>
III.6.2. Actions chimique et enzymatique	<b>35</b>
III.7.Conclusion	<b>36</b>
<b>Références</b>	<b>37</b>
<b>Chapitre N°IV : Partie Expérimentale/ Résultats et Discussion</b>	
IV.1.Introduction	<b>38</b>
IV.2. Matériau absorbant utilisé	<b>38</b>
IV.2.1.L'amidon	<b>38</b>
IV.2.2.Choix du colorant	<b>38</b>
IV.2.2.1.Définition	<b>38</b>
IV.2.2.2. Propriétés	<b>39</b>
IV.2.2.3. Utilisation du Vert Bromocrésol	<b>40</b>
IV.3. Matériel utilisé	<b>40</b>

## Sommaire

---

IV.3.1. SPECTROPHOTOMETER UV-VIS	40
IV.3.1.1.Caractéristique	41
IV.3.2.pH mètre	41
IV.4.Méthode de dosage	41
IV.5.Etalonnage des solutions	41
IV.6.Effet du temps de contact	42
IV.7.Isotherme de l'adsorption	44
IV.8.Modèle de Freundlich et de Langmuir	49
IV.9 : Modélisation des isothermes d'adsorption	59
<b>Conclusion</b>	<b>61</b>
<b>Résumé</b>	



# *Liste des tableaux*

### Liste des tableaux

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I.1</b> : Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique	<b>07</b>
<b>Tableau II.1</b> : Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par intensité Croissante	<b>21</b>
<b>Tableau III.1</b> : Composition des différents amidons exprimée en % de matière sèche	<b>33</b>
<b>Tableau IV.1</b> : Propriétés du Vert Bromocrésol	<b>39</b>
<b>Tableau IV.2</b> : Caractéristiques du Spectrophotomètre	<b>41</b>
<b>Tableau IV.3</b> : Rendement (R%) de différentes masses étudiées	<b>43</b>
<b>Tableau IV.4</b> : Résultats obtenues à partir du modèle Freundlich	<b>58</b>
<b>Tableau IV.5</b> : Résultats obtenues à partir du modèle Langmuir	<b>59</b>

## *Listes des figures*

**Liste des figures**

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure I.1.</b> Mécanisme de phénomène d'adsorption	<b>05</b>
<b>Figure I.2.</b> Principe du phénomène de l'adsorption	<b>06</b>
<b>Figure I.3.</b> Mécanisme de diffusion de l'adsorbat au sein d'un grain	<b>08</b>
<b>Figure I.4.</b> Différents types d'isothermes d'adsorption	<b>11</b>
<b>Figure I.5.</b> étapes de la cinétique d'adsorption	<b>14</b>
<b>Figure II. 1.</b> Colorant C.I.mordant bleue 9	<b>22</b>
<b>Figure II. 2.</b> Colorant C.I.acide rouge 2	<b>22</b>
<b>Figure II. 3.</b> Colorant CI Basique vert 4	<b>23</b>
<b>Figure III.1.</b> Structure chimique de l'amylose	<b>30</b>
<b>Figure III.2.</b> Structure chimique de l'amylopectine	<b>31</b>
<b>Figure III.3.</b> Chaîne ramifiée de l'amylopectine	<b>32</b>
<b>Figure III.4.</b> Structure d'un grain d'amidon	<b>34</b>
<b>Figure III.5.</b> effet de la température sur la viscosité de l'amidon	<b>36</b>
<b>Figure IV.1.</b> couleurs du vert de bromocrésol	<b>38</b>
<b>Figure IV.2.</b> Spectrophotomètre UV-1900i	<b>40</b>
<b>Figure IV.3.</b> Courbe d'étalonnage du vert de Bromocrésol	<b>42</b>
<b>Figure IV.4.</b> Effet du temps de contact du vert de bromocresol sur l'amidon à 25°C....	<b>43</b>
<b>Figure IV.5.</b> Isotherme d'adsorption du Vert de Bromocresol sur l'amidon à pH=3, pH=8, T=25°C et une masse de m=0.5g	<b>45</b>

## Liste des figures

<b>Figure IV.6.</b> Isotherme d'adsorption du Vert de Bromocresol sur l'amidon à pH=3, pH=8, T=25°C et une masse de m = 1 g	<b>46</b>
<b>Figure IV.7.</b> Isotherme d'adsorption du Vert de Bromocresol sur l'amidon à pH = 3, pH = 8, T= 25°C et une masse de m = 1.5 g	<b>47</b>
<b>Figure IV.8.</b> Isotherme d'adsorption du Vert de Bromocrésol sur l'amidon à pH=3, pH=8, T=25°C et une masse de m = 2 g	<b>48</b>
<b>Figure IV.9.</b> Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de m= 0.5g, pH=3, T=25°C	<b>50</b>
<b>Figure IV.10.</b> Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de m= 0.5g, pH=8, T=25°C	<b>51</b>
<b>Figure IV.11.</b> Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de m= 1g, pH=3, T=25°C	<b>52</b>
<b>Figure IV.12.</b> Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de m = 1g, pH = 8, T = 25°C.	<b>53</b>
<b>Figure IV.13.</b> Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de m = 1.5 g, pH = 3, T = 25°C	<b>54</b>
<b>Figure IV.14.</b> Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de m = 1.5 g, pH = 8, T = 25°C	<b>55</b>
<b>Figure IV.15.</b> Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon m = 2 g, pH =3, T = 25°C	<b>56</b>
<b>Figure IV.16.</b> Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de m = 2 g, pH =8, T = 25°C	<b>57</b>

## Liste des symboles

---

A : Absorbance

C : Concentration massique du composé dosé (g/l)

$C_0$  : Concentration initial de l'adsorbat dans la phase liquide (mg/l)

$C_e$  : Concentration de l'adsorbat dans la phase liquide à l'équilibre (mg/l)

$q_m$  : Capacité d'adsorption à la saturation (mg/g)

$q_e$  : Quantité de substance adsorbée (mg/g)

K : Coefficient d'adsorption (l/mg)

$K_L$  : Constante de Langmuir (l/mg)

$R_L$  : Facteur de séparation

$K_f, n$  : Des constantes de Freundlich

M : Masse molaire (g/mol)

m : Masse massique (g)

L : Litre

mg : Milligramme

ml : Millilitre

mol : Mole

n : Ordre global de la réaction

$\frac{1}{n}$  : L'affinité du soluté pour l'adsorbant

R : Coefficient de corrélation

T : Température

t : temps de traitement

# *Introduction générale*

### Introduction Générale

La protection et la préservation de l'environnement sont l'un des piliers du développement durable, qui constitue actuellement un enjeu majeur pour l'avenir de l'homme et de la planète.

Actuellement, L'humanité se trouve devant une croissance alarmante de la pollution du milieu naturel par des matières organiques ou inorganiques diverses : des pesticides, des détergents, des métaux lourds, et autres substances toxiques... Souvent, les substances chimiques contenues dans les eaux usées des industries sont difficilement biodégradables et le manque ou l'insuffisance de procédés de traitement mène ainsi à leurs accumulations dans le cycle de l'eau. Mieux produire et moins polluer sont les défis auxquels sont confrontés les industriels de tout secteur [1].

L'un des importants polluants, ce sont les colorants, une fois ils sont dissous dans l'eau, ils seront parfois difficile à traiter car les colorants ont une origine synthétique et une structure moléculaire complexe qui les rend plus stables et difficiles à être biodégradé [2,3] donc peuvent constituer des facteurs de risques pour notre santé et de nuisances pour notre environnement, donc il est nécessaire de limiter le plus possible ces polluants en mettant en place une moyenne de traitement adaptée comme une unité de décoloration.

Il existe plusieurs méthodes physique, chimique et biologique pour traiter et décolorer des effluents pollués tel que la coagulation et la floculation, la biodégradation, la filtration membranaire, l'oxydation chimique, l'ozonation, échange d'ions, les méthodes électrochimiques et l'adsorption .... Cette la méthode la plus favorable pour l'élimination des colorants 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. Il existe, dans la littérature, plusieurs matériaux solides (argiles, zéolites, alumines activées, boue, biomasses, résidus agricoles, sous-produits industriels et charbon actif...) pouvant être utilisés dans des procédés de décoloration des eaux [4].

Depuis quelques années, l'étude de nouveaux matériaux a pris de l'ampleur. La recherche de produits de substitution a été focalisée sur l'utilisation de nouveaux adsorbants à base de matériaux naturels pour un environnement durable.



## Introduction générale

---

Notre travail a pour objectif d'étudier l'élimination du colorant Vert Bromocrésol Par adsorption sur l'amidon à base de blé. Dans cette étude, l'utilisation de l'amidon en tant qu'adsorbant présente un grand intérêt en raison de son efficacité, son cout accessible et son abondance.

Ce travail est structuré en quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre de ce mémoire décrit et définit en détails le procédé d'adsorption ainsi que les modèles utilisés. .
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur les types, propriétés et toxicités des colorants.
- ✓ Le chapitre III comprend une étude bibliographique sur l'amidon.
- ✓ Le dernier chapitre résume la partie expérimentale et présente les différents résultats obtenus ainsi que leur discussion.

Enfin, cette étude est complétée par une conclusion générale.

## Introduction générale

---

### Références

- [1] M. Capon, V. Courilleu, C. Valette. Chimie des couleurs et des odeurs, Nantes, Culture et technique, (1999).
- [2] S. Rangabhashiyam, N. Anu, N. Selvaraj. « Sequestration of dye from textile industry wastewater using agricultural waste products as adsorbents». Journal of Environmental Chemical Engineering, 1, 629–641, (2013).
- [3] A. Demirbas. « Agricultural based activated carbons for the removal of dyes from aqueous solutions »: a review, Journal of Hazardous Materials 167, 1–9, (2009).
- [4] G. Crini, P.-M. Badot, N. Morin-Crini, G. Torri. « Les principales techniques d'épuration des eaux industrielles polluées » : une revue récente des méthodes proposées dans la littérature. In: G. Crini, P.-M. Badot. Traitement et épuration des eaux industrielles polluées. Paris, (2007).

# *Chapitre N°I : l'adsorption*

**I.1.Introduction**

Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Keyser en 1881 pour différencier une condensation de gaz à la surface et d'une adsorption de gaz, processus dans lequel les molécules de gaz pénètrent dans la masse, en fin, le terme désorption a été proposé en 1909 par bain. Il désigne aussi bien le phénomène d'adsorption que celui de désorption [1].

Le procédé de séparation par adsorption constitue aujourd'hui une des technologies les plus importantes, elle est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques [2].

L'adsorption est l'une des opérations les plus répandues pour l'élimination des matières organiques qui sont les principaux polluants et la purification des eaux [3].

Dans ce chapitre nous allons donner quelques généralités sur l'adsorption pour mieux définir l'importance de ce processus, expliquer sa cinétique, ses caractéristiques et les éléments influant sur l'adsorption.

**I.2-Historique :**

Les phénomènes dont l'adsorption ont été observés initialement dans les liquides par Lowitz en 1785, La première application industrielle a été réalisée quelques années plus tard dans une raffinerie de canne à sucre pour décolorer les sirops. En 1860, le charbon de bois a été utilisé pour éliminer le goût et les odeurs des eaux [4]. Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Kayser en 1881 pour différencier entre une condensation de gaz à la surface d'un solide, et une adsorption de gaz processus dans lequel les molécules de gaz s'adsorbent à la surface du solide. Le terme large de sorption a été proposé en 1909 par Mc. Bain qui désigne aussi bien le phénomène d'adsorption que celui d'absorption [5].

**I.3. Définitions de l'adsorption:**

Plusieurs définitions ont été données par divers auteurs, nous reportons dans ces paragraphes les plus usue

1/L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant par une modification de concentration à l'interface entre un fluide et un solide. L'adsorption par un solide peut être définie Comme étant le phénomène de concentration des molécules des solutés d'une phase liquide sur une surface solide (surface externe + surface interne des pores). Le solide est appelé adsorbant et le composé liquide qui subit l'adsorption est appelé adsorbat [6].

2/ L'adsorption est un procédé de traitement, bien adapté pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans notre environnement. Elle est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air [7].

3/ L'adsorption est définie comme étant un enrichissement d'un constituant ou une augmentation de la densité d'un fluide (liquide ou gaz) au voisinage d'une interface. Le solide sur lequel l'adsorption a lieu est appelé adsorbant et le fluide qui va s'adsorber l'adsorbat [8].

4/L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des molécules de gaz ou de liquide se fixent sur les surfaces solides des adsorbants selon divers processus plus ou moins intenses (Figure I.1).

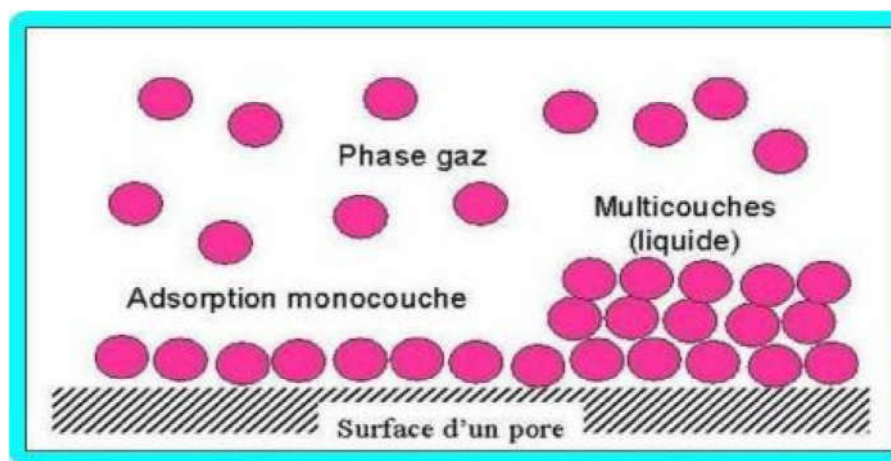


Figure I.1: Mécanisme de phénomène d'adsorption [6].

#### I.4. Principe :

L'adsorption repose sur la propriété lorsque les surfaces solides sont capables de fixer certaines molécules, par des liaisons faibles de type Van der Waals. Cette propriété est liée à la structure

Même du solide où subsistent, en surface, des forces non équilibrées par suite des dissymétries dans la répartition des atomes : la formation d'une couche de molécules adsorbées compense en partie ce déséquilibre.

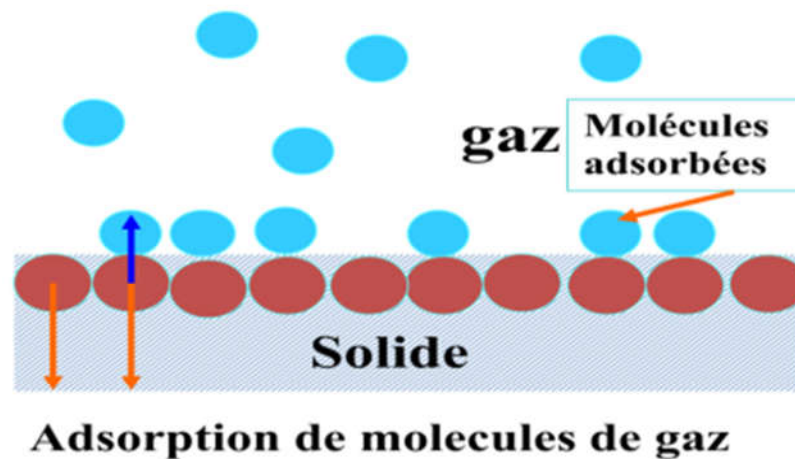


Figure I.2 : Principe du phénomène de l'adsorption

#### I.5.Types d'adsorption :

Une distinction entre deux catégories de forces attractives doit cependant être faite, ce qui permet de définir deux types d'adsorption :

**I.5.1. L'adsorption physique** (physisorption) :est un phénomène instantané, même à de très faibles températures, réversible qui résulte de l'attraction entre les molécules d'adsorbant composant la surface du solide et les molécules de soluté de la phase fluide, ces forces attractives sont de nature physique, comprenant les forces dites de Van der Waals, correspondent à des énergies faibles [9].

**I.5.2. L'adsorption chimique** (chimisorption) : Elle résulte d'une interaction chimique entre les molécules d'adsorbant composant la surface du solide et les molécules de soluté. Ces forces attractives de nature chimique provoquent un transfert ou mise en commun d'électrons et en conséquence, destruction de l'individualité des molécules et formation d'un composé chimique à la surface de l'adsorbant.

Ce type d'adsorption se développe à haute température et met en jeu une énergie de transformation élevée [9].

**Tableau I .1** : Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique [11]

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
<b>Types de liaison</b>	Liaison de Van der Waals	Liaison chimique
<b>Températures du processus</b>	Relativement faible comparée à la température d'ébullition de l'adsorbat.	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbat.
<b>Individualité des molécules</b>	L'individualité des molécules est conservée	Destruction de l'individualité des molécules.
<b>Desorption</b>	Facile	Difficile
<b>Cinétique</b>	Rapide, indépendante de la Température.	Très lente
<b>Chaleur d'adsorption</b>	Inférieure à 10 kcal/mole	Supérieure à 40 kcal/mole
<b>Energies mises en jeu</b>	Faibles	Elevées
<b>Type de formation</b>	Formation en multicouches et monocouche.	Formation en monocouche.

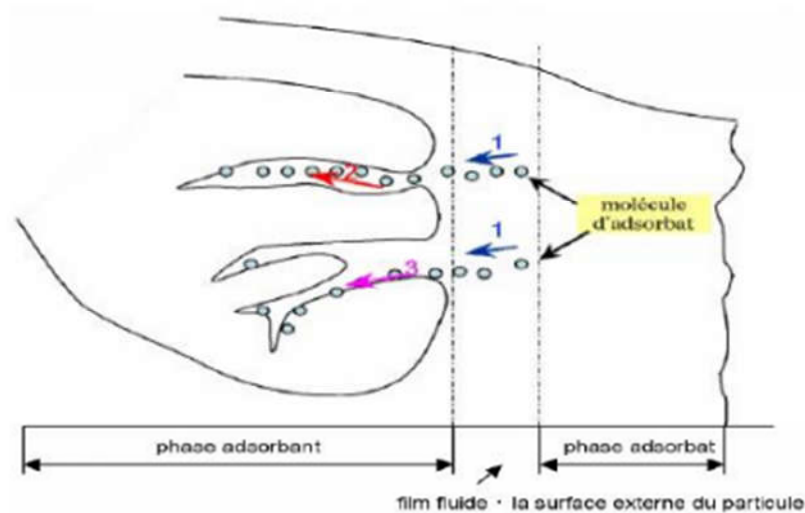
## I.6. Mécanisme d'adsorption

A chaque fois qu'un gaz ou un liquide est en contact avec un solide ; celui-ci est retenu par les atomes superficiels du solide et se concentre à sa surface (**figure I.3**). Ce processus se déroule en trois étapes :

**I.6.1. La diffusion externe:** Elle correspond au transfert du soluté, molécules de la phase liquide, de la solution à la surface externe des particules. Le transfert de la matière externe dépend des conditions hydrodynamiques de l'écoulement d'un fluide dans un lit d'adsorbant.

**I.6.2. La diffusion interne :** Les particules de fluide pénètrent dans les pores. Elle dépend du gradient de concentration du soluté.

**I.6.3. La diffusion de surface :** Elle correspond à la fixation des molécules à la surface des pores [11].



**Figure I.3 :** Mécanisme de diffusion de l'adsorbant au sein d'un grain [12] :

1-diffusion externe, 2-diffusion interne, 3-diffusion de surface.



**I.7. Facteurs influençant le phénomène d'adsorption :**

**I.7.1. Nature de l'adsorbant:** On peut classer les adsorbants en : adsorbants apolaires, ayant plus d'affinité pour substances non polaires. L'adsorbant polaire, adsorbe les électrolytes, dans ce cas l'adsorption est sélective. Ainsi selon la charge de la surface de l'adsorbant, les cations ou les anions seront fixés [13].

**I.7.2. Influence sur L'adsorption :** est aussi influencée par la structure chimique des corps dissous, ainsi les composés aromatiques s'adsorbent mieux par rapport aux composés aliphatique possédant le même nombre de carbone [14].

**I.7.2.1.Effet de la température :** L'adsorption est un phénomène endothermique ou exothermique suivant le matériau adsorbant et la nature de molécules adsorbées [13].

**I.7.2.2.Effet de la surface spécifique :** L'adsorption est proportionnelle à la surface spécifique [15]. Généralement, la surface spécifique externe ne représente qu'une portion minime de la surface totale disponible à l'adsorption. Cette surface totale peut être augmentée par broyage de la masse solide qui multiplie encore sa porosité totale [16].

**I.7.2.3. Effet de l'agitation :** Les expériences montrent que le type d'agitateur utilisé et l'intensité de l'agitation ont une influence parfois non négligeable sur la quantité adsorbée [17].

**I.7.2.4. Effet du pH :** Le pH peut conditionner à la fois la charge superficielle de l'adsorbant ainsi que la structure de l'adsorbat. Cette grandeur caractérise les eaux et sa valeur dépendra de l'origine de l'effluent. La technique de traitement à adopter dépendra fortement de la valeur du ph [18].

**I.7.2.5.Effet de la concentration :** L'adsorption de substances ou ions accroît avec l'augmentation de leur concentration dans la solution. Toutefois, cet accroissement n'est pas proportionnel à cette concentration. Il se produit plus lentement [19]

## I.8. Isothermes d'adsorption :

### I.8.1. Définition de l'isotherme :

Une isotherme d'adsorption est la variation de la quantité adsorbée  $Q_e$  (mg/g) sur un solide en fonction de la concentration  $C_e$  (mg/L) du composé adsorbable à l'équilibre  $Q_e = f(C_e)$ , à une température donnée.

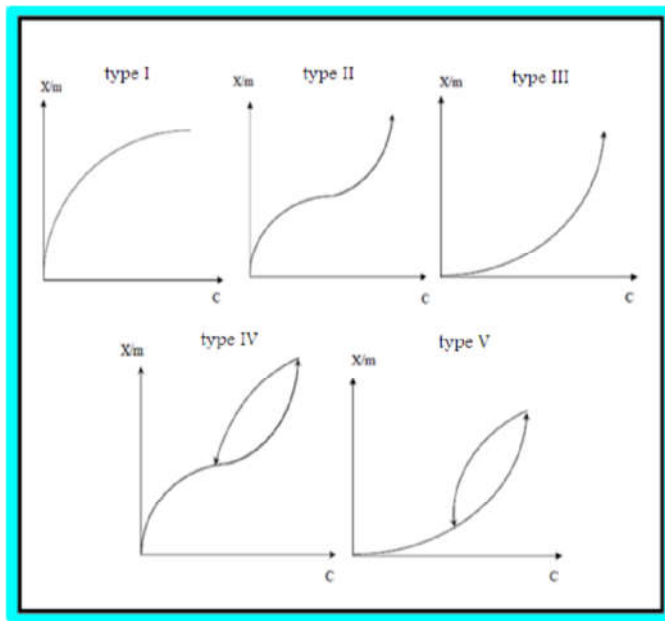
### I.8.2. Classification des isothermes :

L'allure de la courbe isotherme varie selon le couple adsorbat – adsorbant étudié. Les isothermes d'adsorption de solutés à solubilité limitée ont été classées par gilles et coll [20].

- ✓ **Isotherme de type I** L'interprétation classique de cette isotherme est qu'elle est relative à une formation d'une couche mono moléculaire complète. Cette isotherme est relative à des solides microporeux de diamètre inférieur à 25 Å [21].
- ✓ **Isotherme de type II** C'est la plus fréquemment rencontrée, quand l'adsorption se produit sur des poudres non poreuses ou ayant des macropores de diamètre supérieurs à 500Å.
- ✓ **Isotherme de type III** Cette isotherme est caractéristique des adsorptions où la chaleur d'adsorption de l'adsorbat est inférieure à la chaleur de liquéfaction. Cette isotherme est relativement rare, elle indique la formation de couches poly- moléculaires, dès le début de l'adsorption, et avant que la surface n'ait été recouverte complètement d'une couche mono moléculaire.
- ✓ **Isotherme de type IV** Cette isotherme se produit sur des solides ayant des pores, avec des diamètres compris entre 15 et 1000 Å. La pente croît à des pressions relatives élevées, ce qui indique que les pores sont totalement remplis. Comme pour l'isotherme de type II, la poly couche démarre quand la monocouche est totalement réalisée.
- ✓ **Isotherme de type V** Cette isotherme donne aussi comme l'isotherme de type IV lieu à une hystérésis, elle est similaire à l'isotherme du type III, c'est-à-dire que la polycouche démarre,

bien avant que la monocouche ne soit pas totalement réalisée. Ce type d'isotherme est aussi caractéristique de solides poreux, ayant des diamètres de pores du même ordre que ceux des solides donnant des isothermes de type IV et V présente a la fin, une pente différente attribuée, a la géométrie des pores [21].

De présents cinq types d'isothermes dans **la figure (I.4)**.



**Figure I.4** : Les différents types d'isothermes d'adsorption [22].

## I.9.Modélisation des isothermes d'adsorption :

### I.9.1.Model de Langmuir :

C'est un model fondé sur les hypothèses suivantes :

- ❖ l'espèce adsorbée est localisée sur un site bien défini de l'adsorbant (adsorption localisée).
- ❖ chaque site susceptible de fixer une seule espèce adsorbée [23].
- ❖ l'énergie d'adsorption est la même de tous les sites aussi elle ne dépend pas de la présence des espèces adsorbées sur les sites voisins.

- ❖ La réaction est réversible (c'est-à-dire qu'il y a équilibre entre l'adsorption et la désorption)
- ❖ L'adsorption se produit en monocouche.

L'isotherme de Langmuir est difficilement utilisable pour des systèmes naturels où l'adsorption en couche simple sur un seul type de site est rarement rencontrée. L'isotherme est représentée par l'équation suivante

$$q_e = q_m + \frac{K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \dots \dots \dots (1)$$

Où:

**q<sub>e</sub>** : quantité de substance adsorbée à l'équilibre par unité de poids de l'adsorbant (capacité d'absorption) (mg/g) ;

**C<sub>e</sub>** : concentration du substrat en adsorbat à l'équilibre (mg/l) ;

**q<sub>m</sub>** : capacité d'absorption à la saturation (mg/g) et qui correspond à la formation d'une monocouche (c'est le nombre de sites actifs par unité de masse de la phase solide) ;

**K<sub>L</sub>** : Coefficient d'adsorption (L.mg<sup>-1</sup>) c'est la constante d'adsorption spécifique de l'adsorbat sur l'adsorbant.

La linéarisation de l'équation de Langmuir selon Scatchard donne :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{q_m \cdot K_L} \dots \dots \dots (2)$$

Nous avons déterminé les paramètres de Langmuir à savoir q<sub>m</sub> et K

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L * C_0} \dots \dots \dots (3)$$

Où :

**R<sub>L</sub>**: Facteur de séparation (adimensionnel).

**K<sub>L</sub>**: constante de Langmuir (L/mg) Selon les valeurs de obtenues le procédé d'adsorption est jugé comme:

- Non favorable : si  $R_L > 1$
- Linéaire : si  $R_L = 1$
- Favorable : si  $0 < R_L < 1$
- Irréversible : si  $R_L = 0$

### I.9.2. Modèle de Freundlich :

Le modèle de Freundlich (1926) permet une représentation dans la plupart des phénomènes d'adsorption monocouche à l'équilibre. Il existe peu de restrictions à l'utilisation de ce modèle, l'adsorption pouvant être physique et/ou chimique et concerne plusieurs sites d'adsorption (Surface d'adsorption hétérogène : sites d'adsorption énergétiquement différents). La relation de Freundlich est définie par [24]:

$$q_e = K \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots (4)$$

Avec :

$q_e$ : la quantité d'adsorbat fixée à l'équilibre par l'adsorbant (mg/g) ;

$C_e$ : La concentration résiduelle à l'équilibre (mg/L) ;

$K$  et  $n$  : les constantes de Freundlich liées à l'adsorption et à l'affinité.

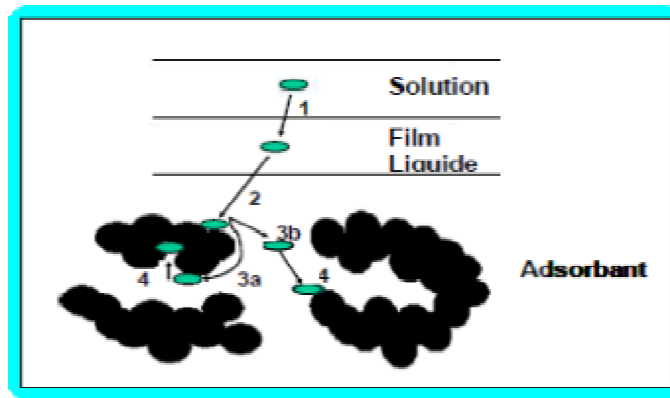
La linéarisation de cette relation par passage à une échelle logarithmique :

$$\ln q_e = \ln k + \frac{1}{n} \ln C_e \dots \dots \dots (5)$$

En traçant  $\ln q_e$  en fonction de  $\ln C_e$ , on obtient une droite de pente  $\frac{1}{n}$  et d'ordonnée à l'origine  $\ln K$ .

### I.10. Cinétique d'adsorption :

La connaissance des paramètres de l'équilibre d'adsorption permet de déduire les capacités d'adsorption d'un support. La détermination des paramètres cinétiques doit en plus être réalisée pour la prévision de l'allure des courbes. Le transfert d'un adsorbat de la phase liquide vers un site d'adsorption, représenté par **la figure (I.5)**, fait intervenir les étapes suivantes [25]:



**Figure I.5** : étapes de la cinétique d'adsorption.

- \* **1<sup>ère</sup> étape** : Transfert de l'adsorbant de la phase liquide vers la couche limite du film liquide liée à la particule solide (par convection ou diffusion). Etape très rapide.
- \* **2<sup>ème</sup> étape** : Transfert de l'adsorbant à travers le film liquide vers la surface externe de l'adsorbant. Etape rapide.
- \* **3<sup>ème</sup> étape** : Diffusion à l'intérieur de la particule d'adsorbant selon deux voies, sous l'influence du gradient de concentration. Etape lente. 3a : Sous l'état adsorbé, par diffusion de surface. 3b : A l'état libre, par diffusion de pore.
- \* **4<sup>ème</sup> étape** : Adsorption dans un micropore. Etape très rapide.

### **I.11. Application industrielle de l'adsorption :**

L'adsorption qui s'avère comme un traitement efficace à l'industrie. En pratique, elle est utilisée dans les cas suivants [26] :

- La décoloration des liquides ;
- Les purifications des divers produits pétroliers et de matières grasses animales et végétales ;
- Le traitement des eaux ;
- Le raffinage des produits pétroliers ;
- La catalyse de contact ;
- La déshumidification et la désodorisation de l'air ; La dessiccation de produits organiques industriels.

**I.12.conclusion :**

La recherche porte aujourd'hui sur le développement d'adsorbants plus performants et l'amélioration des techniques de régénération et la modélisation. L'objectif est de développer des matériaux sélectifs ou présentant simplement de plus grandes surfaces spécifiques tout en conservant de bonnes propriétés mécaniques. L'adsorption n'est pas une technique récente mais elle reste encore beaucoup à comprendre des phénomènes qu'elle met en jeu, et beaucoup à faire pour améliorer ses applications industrielles.

### Références bibliographiques

- [1]:EMNA ERRAIS, l'université de STRASBOURG (géochimie de l'environnement), « réactivité de surface d'argiles naturelles. Etude de l'adsorption de colorants anioniques », P47, 58, 59, 21/03/2011.
- [2]:Marie-Danielle, Jeanne, Thérèse : Le chien, Bioindicateur d'exposition à des contaminants minéraux et organiques d'origine environnementale. ALFORAT, 2009.
- [3]:KHIRANI,Sarah.« Procédés hybrides associant la filtration membranaire et l'adsorption/échange ionique pour le traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation». Thèse de doctorat. Toulouse, INSA, 2007.
- [4]:Daoud T,«Biosorption Simultanée du Plomb et du Fer sur une Biomasse Morte »« La Streptomyces Rimosus », Ecole nationale polytechnique -ENP- 10 avenue Hassan Badi, ElHarrach –Alger . 2007.
- [5]:Chitour C.E. Physico-chimie des surfaces : «l'adsorption gaz-solide et liquide solide». Tome 2, O.P.U (Alger). 2004.
- [6]:A., Swiatkowski., M. Pakula.«Influence of the surface chemistry of modified activated carbon on its electrochemical behaviour in the presence of lead (II) ions». vol. 42, pp. 3057-3069. 2004.
- [7]:El Azzouzi, «Préparation des composites bentonite-dérives de p4vp : application a la rétention des colorants textile». 1999.
- [8]: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.
- [9]:ARRIS.S. Epouse CHEBIRA,« Etude Expérimentale de l'Elimination des Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Sous Produits de Céréales», thèse de doctorat.2008.
- [10]:Bouaziz A. «Biosorption du nickel par la biomasse Pleurotusmutilus», Ecole Nationale polytechnique, juin, 2009.
- [11]:Sana Nouacer. «Application des tiges de dattes dans l'adsorption de métaux toxiques de l'eau». Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar – Annaba. page 25. 2015.
- [12]:Moubarak F. «Elimination d'un colorant en solution aqueuse par un adsorbant naturel», les pelures de bananes , Mémoire de master de l'université Hassan II de Casablanca. 2012.
- [13]:AFNOR.« La qualité des sols, thermologie, échantillonnage, contrôle et qualité». Tomme 1. Editor AFNOR, Paris, p 299-310, 1996.
- [14]:S. CHITOUR, «chimie physique des phénomènes de surface», OPU, Alger, 1976.
- [15]:F. EDELINE, «l'épuration physico-chimique, théorie et technologie des eaux» ED, CEBEDOC SPRL Liège, 1998.



- [16]:W. J. MESSCHELEIN. «Processus unitaires du traitement de l'eau potable». ED, CEBEDOC SPRL Liège,1996.
- [17]:R. CALVET, «le sol, propriété et fonctions, tome I constitution et structure, phénomènes aux interfaces», Editions France Agricole, P318, 2003.
- [18]:Brevet APG-RCC : PCT / FR 99 / 00748 du 31 mars 1999.
- [19]:J. Jimmy, L. HUMPHRY, E. George, «Procédé de séparation», Technique sélection, Dimensionnement, DUNOD 2001.
- [20]:Babakhoya N, «Récupération des métaux lourds naturels», Mémoire de Magister, Université Mohamed Bougera Boumerdes, 2009/2010.
- [21]:Chi tour. C .physico-chimie des surface « l'adsorption gaz – solide et liquide – solide » office des publications Universitaire, Edition n4556, 09/2013.
- [22]:Aksas H. «Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels», Thèse de Doctorat, Université M'hamed Bougara Boumerdes, 2012/2013.
- [23]:Kayode O.A., Unuabonah E.I., Olu-Owolabi B.I.,« Kinetic and thermodynamic aspects of the adsorption of Pb<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> ions on tripolyphosphate modified kaolinite clay». Chemical Eng. Journal 136, 99–107 .2008.
- [24]:Scacchi C., Bouchy M., Foucaut J.F., O. Zahraa et Fournet R. «Cinétique et catalyse», 2<sup>ème</sup> Edition, Lavoisier, p : 373. 2011.
- [25]:KHOUALDI. A, MEDJANI.A. «Adsorption du bleu de méthylène par le charbon actif et l'argile», Mémoire de Master, Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi 2017.
- [26]:L. AMALRIC, C. GUILLARD, E. Blanc-Brude, P. Pichat, Water Res.30 Pages (1137-1142). 1996.

## *Chapitre N°II : les colorants*

**II. 1 Introduction**

Les colorants sont des compositions chimique colorés, naturels ou synthétiques, en général organiques, qui ont la propriété de colorer durablement le support sur lequel ils sont appliqués dans certaines conditions. Ces composés sont utilisés pour colorer les textiles, les encres, les peintures, les vernis, les produits alimentaires, etc...

La terminologie industrielle moderne définit un colorant comme un produit contenant le colorant organique pur avec différents additifs et agents de couplage, qui facilitent son utilisation. Les colorants sont différents des pigments, ce sont des composés solides finement divisés qui doivent être mélangés avec des liants avant leur application sur les surfaces. Les pigments sont en effet insolubles dans le milieu où ils sont appliqués.

**II.2. Définition d'un colorant :**

Un colorant est une substance colorée qui peut être fixée sur un substrat et lui communiquer sa coloration [1,2]. L'opération qui conduit à ce résultat est appelée : teinture, impression, enduction, peinture, ou encore coloration dans la masse. La fixation du colorant a lieu par adsorption, création de liaisons chimiques ou par simple solution dans le substrat [2].

Les substrats dont on modifie la couleur sont des plus variés : textiles naturels et synthétiques, papier, cuirs, fourrures, matières plastiques, caoutchoucs, aliments, cires, cosmétiques, etc.

**II.3. Nature des colorants :**

Les colorants se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans les spectres visibles (de 400 à 700 nm) [1].

La couleur est intimement liée à la structure et à la composition des molécules du colorant. C'est ainsi qu'en 1978 le chimiste Witt avait remarqué que les colorants comportaient dans leurs molécules des groupements dits «chromophores» présentant des instaurations. La molécule qui les contient devient chromogène [3].

Selon Witt, ces groupements apportaient la couleur, mais Pour l'intensifier et pour que le produit ait des propriétés tinctoriales, il fallait encore que la molécule chromogène comporte d'autres groupements dits «auxochromes» [1,3].

### **II. 3.1. Groupement chromophores :**

Ce sont des groupements fonctionnels insaturés ayant des électrons mobiles (électrons  $\pi$ et/ ou des doublets libres) qui sont à l'origine de l'absorption des radiations lumineuses vers les grandes longueurs d'ondes, c'est-à-dire vers le domaine du spectre visible. Un seul chromophore est insuffisant pour faire apparaître la coloration mais il doit être conjugué avec d'autres groupements chromophores pour que la molécule soit colorée [2,4].

Cette accumulation de chromophores conjugués facilitera les transitions et déplacera le maximum d'adsorption des faibles longueurs d'ondes (ultraviolet) vers les grandes longueurs d'ondes et ainsi fera provoquer un effet bathochrome [1]. Le phénomène inverse est appelé effet hypsochrome.

### **II. 3.2. Groupements auxochormes :**

Ce sont en général des groupements donneurs d'électrons qui interfèrent avec les systèmes conjugué. Ils renforcent les effets des groupements chromophores dans le sens de la coloration.

Ils favorisent la délocalisation électronique ce qui favorise l'apparition de la couleur [2].Ces groupes peuvent être :

-Forts : c'est le cas des groupes «amino» (-NH<sub>2</sub>) et «hydroxyde» (-OH) qui développent fortement les couleurs.

-Faibles : c'est la cas des groupes «sulfoniques» (-SO<sub>3</sub>H) et «carboxyliques» (-COOH) qui n'interviennent pas dans la coloration du composé mais le solubilise [1,5].

**Tableau II.1** : Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par intensité Croissante [2].

Groupes chromophores	Groupes auxochromes
Azo (-N=N-)	(Amino -NH <sub>2</sub> )
Nitroso (-N=O ou -N-OH)	(Methylamino -NHCH <sub>3</sub> )
Carbonyle (>C=O)	(Dimethylamino -N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )
Vinly (-C=C-)	Hydroxyl (-HO)
Nitro (-NO <sub>2</sub> Ou =NO-OH)	Alkosal (-OR)

## II. 4. Différent types de colorants :

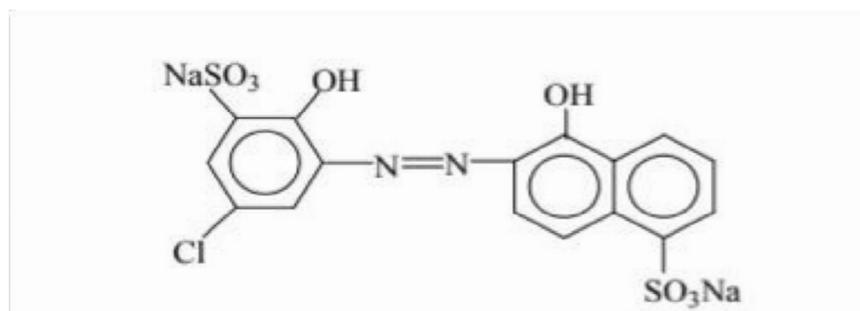
Le premier colorant synthétique, la mauvéine a été obtenue par Perkin en 1856. Il a été utilisé sur la soie et le coton. Suivant cet exemple, beaucoup d'autres colorants ont été synthétisés et ont d'abord été désignés par des noms de plantes (Amarante, fuchsine, garance, mauvéine etc...), par des noms de minerais (vert de malachite, auramine etc. ...) puis finalement, selon leur structure chimique (bleu de méthylène, violet de méthylène etc...). Actuellement, les colorants sont répertoriés par leur couleur, par leur marque commerciale, par leur procédé d'application et par un code les caractérisant. Ce code est composé de chiffres et de lettres comme par exemple B=bleuâtre, R=rougeâtre, Y ou G ou J=Jaunâtre. Cette classification existe en détail dans la colour index. Outre cela, les colorants qui sont particulièrement utilisés dans le textile, sont classés sous un nom de code indiquant leur classe, leur nuance ainsi qu'un numéro d'ordre (par exemple C.I. acid yellow1). D'une manière générale, la classification des colorants peut être faite aussi sur la base de leur constitution chimique (colorants azoïques, anthraquinoniques, triaziniques ...) ou sur la base du domaine d'application. Pour ce dernier point, elle est liée directement à l'intérêt porté par le fabricant pour les matières colorantes. Dans cette étude, nous exposerons les colorants utilisés dans le textile et l'alimentation [6].

### II.4.1. Colorants utilisés dans le textile :

Nous distinguons essentiellement [7]:

#### II. 4.1.1. Les colorants à mordant :

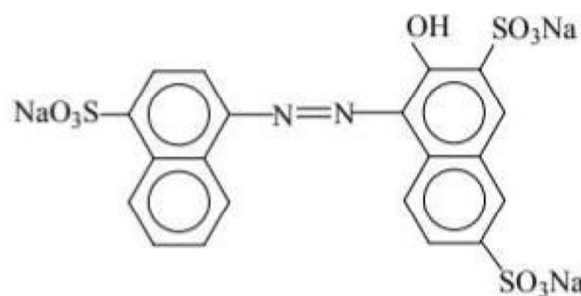
Qui sont solubles et qui nécessitent un traitement de mordantage pour pouvoir être fixés sur les fibres textiles par l'intermédiaire d'oxydes de certains métaux (Al, Fe, Co et Cr). Il a été constaté que le Cr est le métal le plus utilisé et que pour ces raisons on les appelle «colorants chromatables ». Ils forment aussi des complexes avec les ions métalliques par exemple par intermédiaires' de groupe hydroxyles voisins. Un exemple de ce type de colorant est représenté en **figure (II.1)**.



**Figure II. 1 :** Colorant C.I.mordant bleu 9

#### II. 4.1.2. Les colorants acides :

Qui permettent de teindre certaines fibres (polyamides par exemple) en bain acide. Ils sont constitués de chromophores (responsable de l'effet de coloration) et de groupe sulfonates qui permettent leur solubilisation dans l'eau . Cette classe de colorants est importante pour les nuances. La **figure II.2** illustre un exemple de ce colorant.



**Figure II. 2:** Colorant C.I.acide Rouge 27

### II.4.1.3. Les colorants cationiques (ou basiques):

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 pas 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. (Un modèle de structure est représenté dans **la figure II.3.**

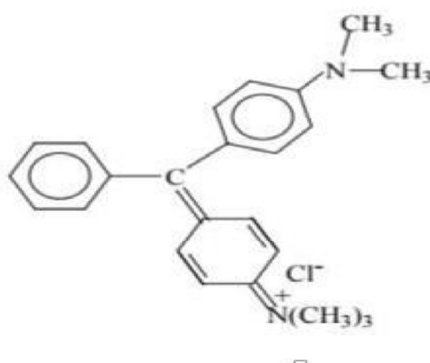


Figure II .3 : Colorant CI Basique vert 4

### II. 4.2. Colorants utilisés dans l'alimentation :

Etant donné l'emploi massif de colorants dans l'alimentation (particulièrement les azoïques) et devant les risques de toxicité qu'ils peuvent engendrer chez l'être humain, les pouvoirs publics se sont attachés à légiférer leur utilisation et à les classer. Ainsi, depuis longtemps, un effort a été consenti dans le but d'établir une classification des différents colorants. La plus ancienne est la C.X-Rose Colour Index de 1924; est apparue ensuite celle de Shultz en 1931 et enfin celle de la D.F.G en 1957. Actuellement, les pays de communauté européenne ont intégré les colorants dans la classification générale des additifs. Ils sont numérotés de 100 à 199 et sont précédés des deux lettres CE (par exemple CE.100 à 199). Cependant, cette classification ne tient compte que des colorants utilisés actuellement où depuis peu de temps. Leur utilisation touche des domaines tels que [8] :

- La confiserie pour les bonbons, dragées, pâtes de fruits.
- La liqueur telles que les liqueurs vertes, mouves, roses, ect.... -
- La pâtisserie tant pour les tartes que pour les biscuits secs.

-La siroperie et la limonaderie.

-La fromagerie, le beurre et la margarine (coloration en jaune).

### **II.5. Classification des colorants :**

Les principes de classification les plus couramment rencontrés dans les industries textiles, sont basés sur les structures chimiques des colorants synthétiques et sur les méthodes d'application aux différents substrats (textiles, papier, cuir, matières plastiques, etc).

#### **II.5.1. Classification chimique :**

Les colorants sont répartis en différentes familles selon la nature chimique des chromophores présents. Parmi ces familles, on peut citer les colorants azoïques, qui présentent une large gamme de couleurs et sont très utilisés, les colorants anthraquinoïques, les colorants la famille du triphénylméthane et les colorants indigoïdes.

#### **II. 5.2. Classification tinctoriale :**

Si la classification chimique présente un intérêt pour le fabricant de matières colorantes, le teinturier préfère le classement par domaines d'application. Ainsi, il est renseigné sur la solubilité du colorant dans le bain de teinture, son affinité pour les diverses fibres et sur la nature de la fixation. Celle-ci est de force variable selon que la liaison colorant/substrat est du type ionique, hydrogène, de Van der Waals ou covalente. On distingue différentes catégories tinctoriales définies cette fois par les auxochromes [9].

### **II.6.Toxicité des colorants :**

Actuellement, les rejets de l'industrie du textile sont lourdement chargés en colorants. Ces derniers sont souvent utilisés en excès pour améliorer la teinture ; de ce fait les eaux de rejet se trouvent fortement concentrées en colorants dont la faible biodégradabilité rend les traitements biologiques difficilement applicables, ce qui constitue une source de dégradation de l'environnement [10]. La toxicité des différents types de colorants (mortalité, effet mutagénique et cancérigène) a été étudiée par plusieurs travaux de recherche aussi bien sur des organismes



aquatiques (poisson, algue, bactéries, etc.) que sur les mammifères. En outre, des recherches ont été effectuées pour étudier l'effet des colorants sur l'activité des bactéries aérobies et anaérobies dans des systèmes de traitement des eaux résiduaires [11].

**II.6.1.Dangers évidents :**

L'accumulation des matières organiques dans les cours d'eau induit l'apparition de mauvais goûts, prolifération bactérienne, odeurs pestilentielle et colorations anormales. Sous l'action des microorganismes, les colorants libèrent des nitrates et des phosphates dans le milieu naturel. Leur consommation par les plantes aquatiques accélère leur prolifération anarchique et conduit à l'appauvrissement en oxygène par inhibition de la photosynthèse dans les strates les plus profondes des cours d'eau et d'eaux stagnantes.

**II.6.2.Dangers à long terme :**

Si la plupart des colorants ne sont pas toxiques directement, une portion significative de leurs métabolites l'est. Leurs effets mutagènes, tératogène ou cancérigène apparaissent après dégradation de la molécule initiale en sous-produits d'oxydation : amine cancérigène pour les azoïques, leuco-dérivé pour les triphénylméthanes [12].

**II.7. Utilisation et application des colorants :**

Les grands domaines d'application des colorants sont les suivants:

- ❖ Dans l'industrie textile de la fourrure, du cuir (textile à usage vestimentaire, de décoration, de bâtiment, de transport, textile à usage médical...).
- ❖ Dans l'industrie de matières plastiques (pigments).
- ❖ Dans l'industrie du bâtiment: peintures (pigments).
- ❖ Dans l'industrie pharmaceutique (colorants) ❖ Dans l'industrie des cosmétiques.
- ❖ Dans l'industrie agroalimentaire (colorants alimentaires).

- ❖ Dans diverses industries utilisées pour des carburants et des huiles.
- ❖ Dans l'imprimerie (encre, papier) [13].
  
- ❖ Physico-chimique
- ❖ Biologique

### **II.8.Conclusion**

Ce chapitre, concernent une synthèse bibliographique sur les colorants et la mise au point de les procédés de dépollution efficaces vise à réduire le pouvoir toxique des polluants.

**Références**

- [1]:Mioque, M., Combert Farnoux, C., Moskowitz, H., «Abrégé de chimie organique», tome 2, Ed. Masson, Paris, pp. 206-208. 1990.
- [2]:Guillemonat, A., Traynard, C.J., «Chimie organique», tome 2, Ed. Armond Colin, Paris, pp. 161-166. 1970.
- [3]:Flandrin-Bletty, M., «Technologie et chimie des textiles», Ed. Cépaduès, pp.182-186. 1991.
- [4]:Perrin, R., Scharff, J.P., Chimie Industrielle, Ed. Dunod, Paris, pp. 661- 678. 1999.
- [5]:Dos Santos, A.B., Cervantes, F. J., Van Lier, J.B., Review paper on current technologies for decolourisation of textile wastewaters: Perspectives for anaerobic biotechnology. *Bioresource Technology*, 98, 2369-2385, 2007.
- [6]:Aliouche .S,« Etude de l'alimentation d'un colorant par différentes méthodes photochimiques en milieux aqueux», Mémoire en magister, Université Mentouri, Constantine. 2007.
- [7]:Recueil des normes françaises de textiles. Code de solidité de teinture et impression. Tome4ème édition AFNOR ,1985.
- [8]:Jean Lederer. «Encyclopédie de l'hygiène alimentaire Tome IV», Edition Nauwewelears. Malone S.A. Edition,1986.
- [9]:SHORE J., Colorant and auxiliaries, organic chemistry and application properties, second edition, Shirley, Society of dyers and Colourists, Angleterre, p.440, 1990.
- [10] : Elbariji, S., Elamine, M., Eljazouli, H., Kabli, H., Lacherai, A., &Albourine, A. «Traitement et valorisation des sous-produits du bois. Application à l'élimination des colorants industriels». *Comptes Rendus Chimie*, 9(10), 1314-1321. 2006.
- [11] : Hammami, S. «Étude de dégradation des colorants de textile par les procédés d'oxydation avancée. Application à la dépollution des rejets industriels» .Thèse de doctorat. Université de Marne la Vallée. 2008.

[12] : Alaounia, N. Dégradation photocatalytique de polluants organiques (Méthyle orange, Pentachlorophénol et Acide benzoïque) en présence du dioxyde de titane nanocristallin élaboré par la méthode sol-gel. Mémoire de magister. Université d'Annaba. (2009).

[13]:ZIDANI Leila, Thèse magister ; Etude de la dégradation de quatre colorants azoïques par photo-catalyse comparaison avec d'autres procédés d'oxydation avancés (POA), Université Batna, 2009.

## *Chapitre N°III: l'amidon*

### **III.1.Introduction**

Les polysaccharides sont des substances de masse moléculaire très élevée, résultant de la condensation d'un grand nombre de sucres. Les plus communs correspondent à la condensation d'hexoses (particulièrement du glucose), et sont des hexosanes, mais il existe des composés analogues provenant de la condensation des pentoses (xylose par exemple), qui sont des pentosanes. Les polysaccharides les plus importants sont la cellulose, l'amidon et le glycogène.

### **III.2. Amidon natif :**

L'amidon est un homopolymère de D-glucose. Les unités D-glucosyl (conformation chaise) sont liées majoritairement par des liaisons de type  $\alpha$  (1,4) (95 – 96 %) et, dans une moindre mesure, par des liaisons de type  $\alpha$  1,6 (4 – 5 %). L'amidon est composé de deux polymères de structure primaire différente: l'amylose, molécule linéaire, et l'amylopectine,, molécule ramifiée. L'amidon se présente sous forme de granules de 1 à 100  $\mu\text{m}$  ; ils varient en taille et en forme selon leur origine botanique. Des composants mineurs (lipides, protéines, minéraux) sont présents en quantités variables en fonction de l'origine botanique et de la technologie d'extraction [1,2]. Les constituants de l'amidon sont essentiellement représentés par des polyholosides (98 à 99%). La fraction non glucidique (1 à 2%) est donc minoritaire.

### **III.3 Structure chimique de l'amidon natif**

#### **III.3. 1 Composition chimique de l'amidon**

L'hydrolyse acide complète de l'amidon libère de 98 à 99 % de D-glucose. Le D- glucose se trouve dans sa conformation chaise la plus stable (C1), les groupements hydroxyles C2, C3, C4 et C6 étant en position équatoriale. Les unités monomères de D-glucose sont liées majoritairement par des liaisons de type  $\alpha$ -(1-4) (95-96 %) et dans une moindre mesure par des liaisons de type  $\alpha$ -(1-6) (4-5 %). Chaque molécule possède en son extrémité C1 une fonction pseudo-aldéhydique réductrice. Par fractionnement moléculaire de l'amidon, il a été montré que la fraction glucidique est un mélange de deux polymères : l'amylose, molécule essentiellement linéaire et l'amylopectine, molécule ramifiée [3].

### III.3.1. a. Amylose

L'amylose (figure III.1) représente 20 à 30 % de l'amidon suivant son origine botanique. Il s'agit d'une macromolécule de structure linéaire formée de résidus glucopyranoses reliés entre eux par des liaisons  $\alpha$ -(1-4). Toutefois, on note une faible quantité de liaisons  $\alpha$ -(1-6). La distribution en masses moléculaires de l'amylose est bien décrite par une distribution logarithmique. Sa masse molaire moyenne est de  $10^5$  à  $10^6$  g.mol<sup>-1</sup>.

Du fait de son caractère essentiellement linéaire, lié à la présence quasi-exclusive de liaisons  $\alpha$ -(1-4), l'amylose est susceptible de complexer les molécules hydrophobes (iode, acides gras, chaînes hydrocarbonées). En particulier, la complexation de l'iode est à la base de sa caractérisation analytique. L'étude du comportement hydrodynamique de l'amylose en solution diluée montre que la molécule adopte une conformation en pelote statistique et ne présente pas de conformation hélicoïdale en milieu aqueux neutre [4- 8].

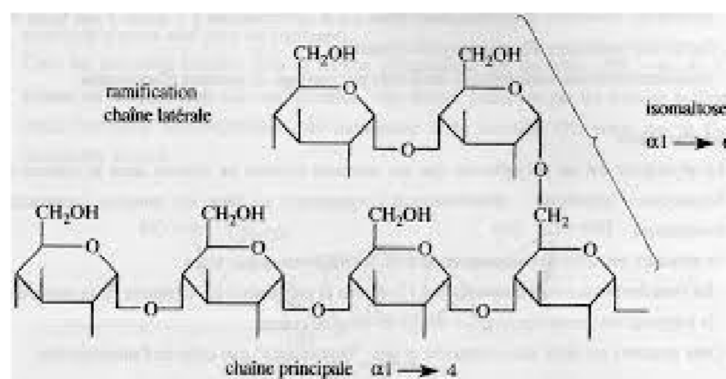


Figure III.1 : Structure chimique de l'amylose

### III.3.1.b. Amylopectine

L'amylopectine (figure III.2) constitue 70 à 80 % de la fraction glucidique de l'amidon. Il s'agit d'une macromolécule dont la masse molaire, comprise entre  $10^7$  et  $10^8$  g.mol<sup>-1</sup>, dépend de l'origine botanique, de la variété et des conditions physiologiques lors de sa biosynthèse. Elle est formée par l'association de résidus glucopyranoses principalement reliés entre eux par des liaisons  $\alpha$ -(1-4) et par 5 à 6 % de liaisons  $\alpha$ -(1-6) qui lui donnent sa structure ramifiée. Cette

structure peut être représentée par un ensemble de grappes de chaînes courtes (S) reliées entre elles par des chaînes plus longues (L) (figure III.3).

Les chaînes courtes de degré de polymérisation (DP) voisin de 15-20, forment les arborescences terminales. Les chaînes longues (DP 40-45) forment l'ossature de la molécule et une chaîne de DP supérieur à 60 porte l'unique extrémité réductrice de la chaîne. Les différences structurales dues à l'origine botanique portent essentiellement sur le rapport chaînes longues sur chaînes courtes : ce dernier est de l'ordre de 5 pour les amylopectines des tubercules. De 8 à 10 pour les amylopectines de céréales et de légumineuses [4-8].

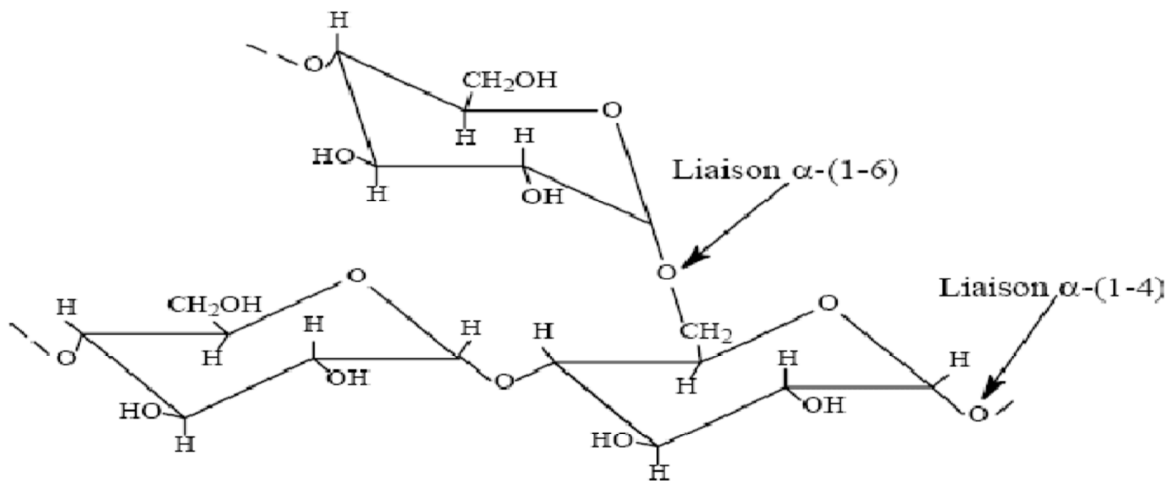
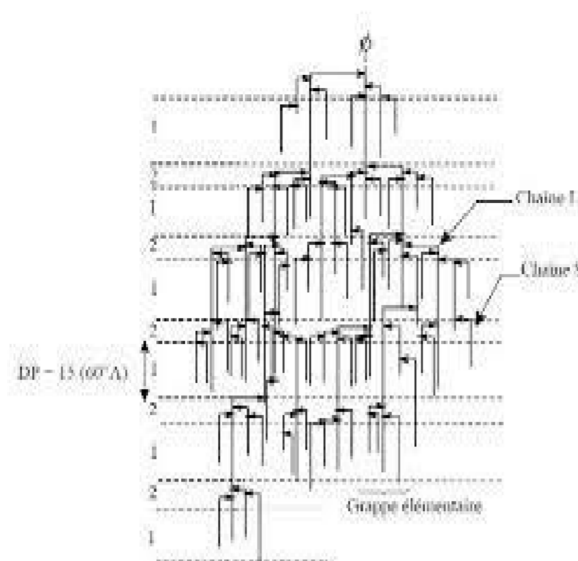


Figure III.2 : Structure chimique de l'amylopectine





**Figure III.3 :** Chaîne ramifiée de l'amylopectine

### III.3.1. c. Autres constituants glucidiques

L'existence d'un matériel intermédiaire (structure intermédiaire entre celles de l'amylose et l'amylopectine) a été mise en évidence par différents auteurs. Le type et la quantité de ce matériel intermédiaire dépendent de l'origine botanique et du degré de maturité du grain d'amidon. Il semble que la teneur en matériel intermédiaire soit liée à celle en amylose. Les espèces botaniques à teneur en amylose normale (20-30%) telles que les céréales ou la pomme de terre en contiennent de faibles quantités, 5 à 7 %. Il est en revanche beaucoup plus abondant pour les amidons riches en amylose. Ces molécules correspondraient à des formes imparfaites d'amylopectine, créées par un dysfonctionnement des mécanismes de biosynthèse de l'amylopectine [9].

## III. 4. Fraction non glucidique

La fraction non glucidique représente 1 à 2 % du poids total des amidons selon l'origine botanique et le procédé d'extraction (tableau III.1).

**Tableau III.1** : Composition des différents amidons exprimée en % de matière sèche [14].

<b>Amidon</b>	<b>Amylose</b>	<b>Lipides</b>	<b>Protéines</b>	<b>Minéraux</b>	<b>Phosphore</b>
Mais standard	26-28	0,63	0,3	0,1	0,015
Mais cireux	<1	0,23	0,1	0,1	0,003
Amylomais	52-80	1,11	0,5	0,2	0,03
Blé	26-27	0,24	0,33	0,3	0,05
Pomme de terre	19-23	0,09	0,05	0,3	0,04
Pois lisse	33-35	0,19	0,18	0,05-0,22	0,04

#### III.4.1. Lipides

Les lipides sont les constituants non glucidiques les plus importants. On distingue les lipides de surface des grains d'amidon des céréales constitués de triglycérides (facilement extractibles par des solutions eau-butanol) et les lipides internes, essentiellement monoacylés (ils nécessitent une gélatinisation pour être récupérables par des solvants polaires). Ces lipides internes sont en quantité limitée dans les amidons de tubercules ou de légumineuses, et en quantité supérieure dans les amidons de céréales (de 0,6 à 0,8 % pour le maïs et de 0,8 à 1,2 % pour le blé). Ils ont la capacité de former des complexes d'inclusion dans l'hélice d'amylose. Cette fraction lipidique a une influence non négligeable sur les propriétés physico-chimiques de l'amidon et joue un rôle essentiel au niveau de la transformation de l'amidon [3].

#### III.4.2. Fraction minérale

La fraction azotée est constituée de protéines, d'enzymes, d'acides aminés et d'acides nucléiques. Cette fraction généralement trouvée en surface est abondante dans l'amidon de blé. La présence de protéines affecte les propriétés rhéologiques et l'aptitude des grains d'amidon à l'hydrolyse enzymatique. A côté de l'azote, la fraction minérale est essentiellement composée de phosphore. L'amidon de pomme de terre contient une fraction importante de phosphate représentant de 0,06 à 0,1 % de la matière sèche. Ces phosphates confèrent à l'amylopectine de

potomme de terre des propriétés polyélectrolytes (échangeur de cations). Les sites de phosphorylation varient avec le génotype de l'amidon de pomme de terre (3).

### III.5. Structure physique de l'amidon natif

Il se présente sous la forme de grains formés de zones concentrique alternativement claires et sombres, entourant un centre plus foncé appelé « hile ». La grosseur, la forme et la structure des ces grains sont variables avec la plante dont provient l'amidon. Il n'existe donc pas un seul mais plusieurs amidons ayant des propriétés voisines, mais légèrement différentes selon leur origine (figure III.4) [12].

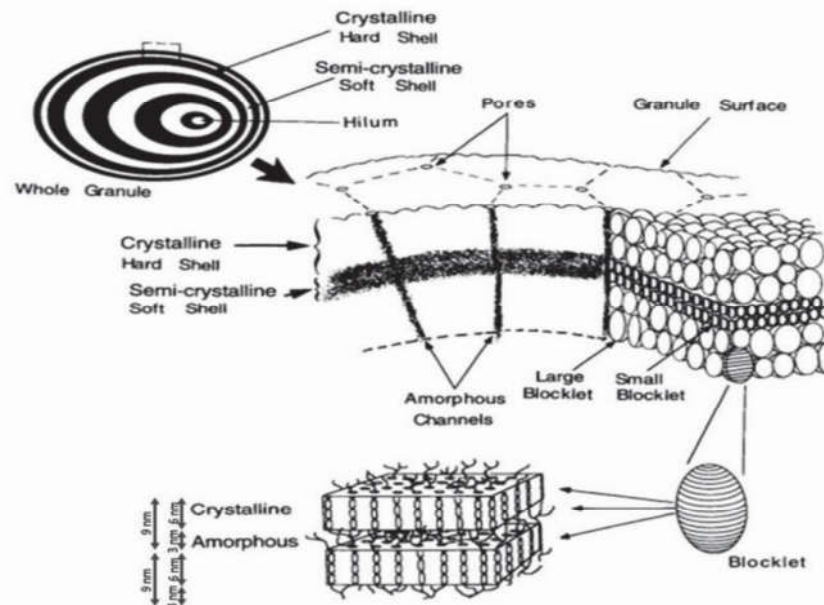


Figure III.4 : Structure d'un grain d'amidon

**III.6. Propriétés physiques de l'amidon**

L'amidon a, comme tout produit, des propriétés physiques qui lui sont propres [13].

**Influence de la température :** l'amidon est insoluble dans l'eau. Il forme, en revanche à chaud (70°C) une solution colloïdale qui épaisse en donnant un gel communément appelé empois.  
**Température de gélification :** la gélification commence graduellement à partir de 50°C mais est effective ensuite à une température dépendante de l'agitation moléculaire, de la grosseur des grains, de la nature de l'amidon, de l'eau employée et de la concentration en amidon. Effet stabilisant: l'épaississement ayant lieu à une température inférieure à celle de la coagulation du jaune d'œuf, les crèmes aux œufs contenant de l'amidon peuvent être portées à ébullition. Les amidons sont influencés par trois types d'action : thermique, chimique, enzymatique [13].

**III.6.1. Actions thermique :** elle change la couleur et le goût de l'amidon par dextrinisation.

**III.6.2. Actions chimique et enzymatique :** les acides entraînent une hydrolyse partielle de l'amidon qui conduit à la formation de dextrans. Le gel formé est moins épais. Cette hydrolyse est accélérée par une augmentation de température. L'amidon peut subir aussi l'action d'enzymes comme des enzymes végétales, ou animales (amylase) ou microbiennes. On constate que les amidons natifs ont déjà beaucoup d'influence sur la texture cependant leur fragilité face à certains paramètres comme la température ont conduit à l'utilisation d'amidons modifiés. Les traitements précédemment décrits mènent à la formation de corps plus simples comme des dextrans (D-glucose) et des maltoses. Les traitements de ces corps simples par ces mêmes traitements peuvent conduire à la formation d'amidons modifiés.

Liaisons H → résistance physique et absence de solubilité → masses compacte cristallisées/  
rupture des liaisons → solubilisation insoluble dans l'eau froide /empois dans l'eau chaude: à partir d'une certaine température de gélatinisation, dispersion irréversible (60 - 85°C)/ en dessous : réversible.

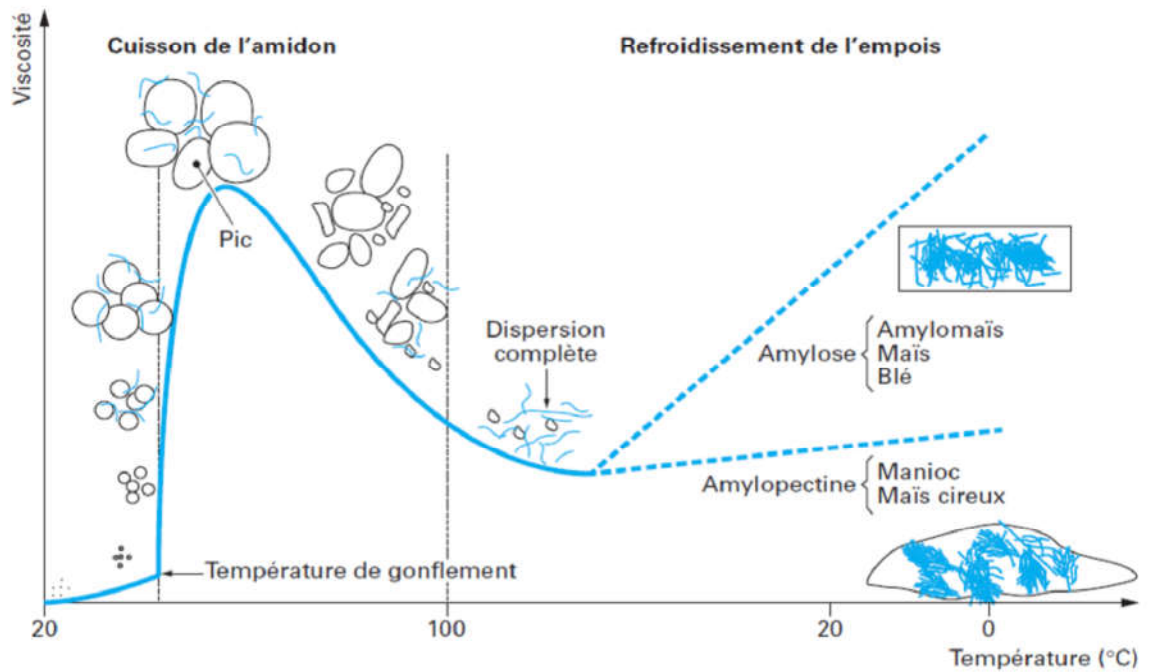


Figure III.5 : Effet de la température sur la viscosité de l'amidon

### III.7.Conclusion

Les amidons à l'état naturel, très sensibles à la chaleur ne présentent que très peu d'intérêt pour l'industrie alimentaire.

Par contre, dès l'instant où ils sont modifiés, ils possèdent en tant qu'additifs alimentaires, des propriétés épaississantes très intéressantes. Les traitements qu'ils subissent alors, sont soit chimiques, soit physiques soit enzymatiques et permettent de conserver les avantages de l'amidon natif sans les inconvénients.

**Références**

- [1] :Arvisenet (G.) «Influence des interactions physico-chimiques entre amidons et composés d'arôme sur la libération des arômes et les propriétés rhéologiques dans des matrices aqueuses complexes ».Thèse de l'université de Bourgogne, Enesad, Ensba.2001.
- [2]:Atkin (N.J.) - Cheng (S.L.) - Abeysekera (R.M.) - Robards (A.W.) « Localisation of amylose and amylopectin in starch granules using enzyme-gold labelling ». Stärke 51, no 5, p. 163-172. 1999.
- [3] : Tara.,A.«Modification chimique de l'amidon par extrusion réactive», thèse de doctorat, page 15. 2005.
- [4] :Dupra T F., Gallant D., Guilbot A., Mercier C., Robin J.P., l'amidon, in : «les polymères végétaux», Ed Bernard Monties, 176-231. 1980.
- [5]: Banks W., Greenwood C.T. «Starch and its components», Edinburgh University Press..1975.
- [6]: Whistler R.L., Daniel J. R. «Molecular structure of starch, starch: chemistry and Technology», , 153-182. 1984.
- [7]:Buleon A., Colonna P., Planchot V., Ball S.« Starch granules : structure and biosynthesis», Int. J. Biol. Macromol., 23(3),85-112. 1998.
- [8] : Jane J. Starch : «Structure and Properties, in Chemical and Functional Properties of Food Saccharides», P. Tomasik Editor, CRC Press LLC, Boca Raton Fla., 81-101. 2004.
- [9] : Banks W., Greenwood C.T., Muir D.D. «The characterization of starch and its components. 5. Observation on the quantitative acid hydrolysis of starch and glycogen, Die Starke», 25(12), 405-408. Chapitre II Rappel sur l'amidon 45, 1973.
- [10] :E.Leveque, B. Haye, A. Belaribi.« L'amidon et ses dérivés, applications Industrielles», Collection Bio Campus, Edition Scientifiques et médicales Elsevier SAS,2000.
- [11]:AM Regiant, E Frollini, GA Marson, OA El Seoud, Second International Symposium on Natural Polymers and composites 235-239. 1998.
- [12]:Guilbot A., Mercier C. «Starch, in The polysaccharides» , Volume 3, Edited by Gerald O. Aspinall, New York, Academic Press. 1985.

***Chapitre N°IV: Partie expérimentale/  
Résultats et discussion***

### IV.1.Introduction

Le but de ce chapitre est d'étudier l'influence des paramètres physico-chimiques tels que la concentration initiale du colorant, la masse de l'adsorbant, le pH de la solution.

### IV.2. Matériau absorbant utilisé

#### IV.2.1.L'amidon


Pour éliminer un polluant avec une charge en matière organique très élevée. L'adsorption est la technique idéale. Elle est plus intéressante et économique surtout lorsque l'adsorbant est peu coûteux. L'amidon se présente sous forme de granules de 1 à 100  $\mu\text{m}$ , ils varient en taille et en forme selon leur origine botanique. La masse volumique varie entre 550-700  $\text{Kg/m}^3$ , la formule chimique  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$  et la masse molaire est de 162 g/mol. L'amidon utilisé est vendu par la société Shipper Sigma Aldrich chemical, sous la référence S5127.

#### IV.2.2.Choix du colorant

##### IV2.2.1 .Définition :

Le vert de bromocrésol est un colorant organique appartenant à la famille du triphénylméthane. Son nom scientifique est 3,3', 5,5'-tétrabromo m-crésolsulfonphthaléine. Sa formule chimique est  $(\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{Br}_4\text{O}_5\text{S})$ . Le vert de bromocrésol est un indicateur coloré acidobasique. C'est un couple acide-base dont l'acide noté  $\text{HInd}$  et la base notée  $\text{Ind}^-$  possèdent deux couleurs différentes : la forme acide est jaune tandis que la forme basique est bleue.

**Figure IV.1** : Couleurs du vert de bromocrésol

Forme acide  <b>jaune</b>	Zonede virage pH 3.8 à 5.4  	Forme basique  <b>bleu</b>
------------------------------------	---	-------------------------------------

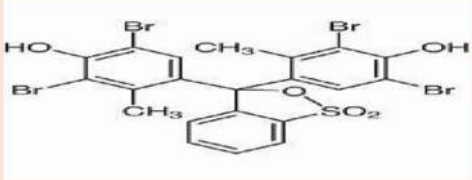


Le choix du colorant étudié répond aussi aux critères suivants :

- ✓ Solubilité élevée dans l'eau ;
- ✓ Tension de vapeur faible ;
- ✓ Analyse par spectrophotomètre UV/visible

#### IV.2.2.2. Propriétés :

**Tableau IV.1** : Propriétés du Vert Bromocrésol

Nom	Vert Bromocrésol
Nom Chimique	2,6-Dibromo-4-[7-(3,5-dibromo-4-hydroxy-2-méthyl-phényl)-9,9-dioxo-8-oxa-9λ6thiabicyclo[4.3.0]nona-1,3,5-trien-7-yl]-3méthyl phenol
Structure	
Formule Chimique	$C_{21}H_{14}Br_4O_5S$
Masse molaire	698,014 ± 0,028g/mol
Densité	0.979 Kg/L
Température de fusion	218,5 °C
Pka	4.9

### IV.2.2.3. Utilisation du Vert Bromocrésol :

➤ **Évaluation des substances chimiques**

Elle est utilisée dans les laboratoires de chimie comme indicateur de pH pour l'analyse volumétrique.

➤ **Électrophorèse sur gel d'agarose**

Le vert de bromocrésol a été utilisé pour colorer le front de roulement dans la séparation des protéines et de l'ADN dans la technique d'électrophorèse sur gel d'agarose.

➤ **Chromatographie sur couche mince**

Cette technique est utilisée pour la séparation de mélanges complexes.

Le vert de bromocrésol est utilisé comme révélateur, en particulier pour les substances qui contiennent des acides carboxyliques et des acides sulfoniques ou également pour séparer les substances qui ont un pKa inférieur à 5.

### IV.3. Matériel utilisé :

#### IV.3.1 .UV-1900i : spectrophotomètre UV-Vis

Le **spectrophotomètre UV-1900i** est un spectrophotomètre UV-Vis à double faisceau utilisant la technologie originale de réseau de diffraction LO-RAY-LIGH™ de **Shimadzu**. L'**UV1900** offre une haute performance optique, une haute résolution, une faible lumière parasite, une reproductibilité élevée et une fonction de numérisation ultra-rapide. Ce spectrophotomètre est très facile à utiliser grâce à son interface intuitive et son écran couleur tactile. L'**UV-1900de Shimadzu** est ainsi conçu pour répondre aux exigences des laboratoires en termes de performances et de convivialité.



Figure IV.2 : Spectrophotomètre UV -1900 i

IV3.1.1. **Caractéristique** : les caractéristiques sont regroupées dans le tableau suivant

Tableau IV.2 : Caractéristiques du Spectrophotomètre

Nom	SPECTROPHOTOMETRE UV-1900i
Lampes	deutérium et halogène
Gamme spectrale	de 190 à 1100 nm
Bande passante	1 nm
Précision de longueur d'onde	+/-0.3 nm

#### IV.3.2. pH mètre

Les mesures de pH sont effectuées avec un pH mètre **ph7110**

#### IV.4. Méthode de dosage

Les différentes concentrations des solutions utilisées, les concentrations à l'équilibre ont été déterminées par analyse spectrophotométrique UV visible. Celle-ci permet de mesurer directement les densités optiques de chaque solution permettant l'accès aux différentes concentrations.

#### IV.5. Etalonnage des solutions

Pour tous les composés étudiés nous avons utilisé la même méthode qui consiste à préparer d'abord une solution mère de concentration 0.5 g/L donnée à partir de laquelle nous préparons par dilution successives, une série de solutions de concentrations connues variant de (5. 10. 20 30. 50. 70 et 100). Celles-ci sont, par la suite, analysées par spectrophotométrie UV.

La courbe d'étalonnage (figure IV.2.) a été tracée afin de déterminer  $\lambda_{\max}$  qui correspond au maximum d'absorption du colorant.  $\lambda_{\max} = 442$  nm, cette longueur d'onde a été obtenue par balayage automatique entre 200 et 1000 nm.

Les valeurs de la concentration ont été calculées par extrapolation sur la courbe d'étalonnage en utilisant l'équation de la droite suivante :

$$\text{Abs} = a [C] + b$$

Abs : absorbance

C : concentration massique du composé (colorant) (mg/l)

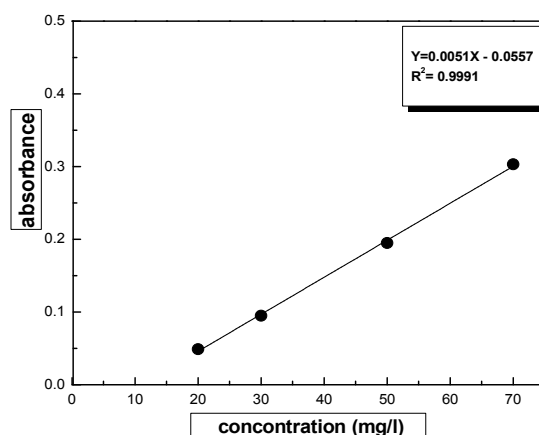


Figure IV.3. Courbe d'étalonnage du vert de Bromocrésol

#### IV.6.Effet du temps de contact

Il est nécessaire de déterminer le temps de contact pour obtenir l'équilibre de l'adsorption du système étudié. Les conditions fixées pour l'étude de l'effet du temps de contact sont : la masse d'amidon  $m=0.5g$ , volume de la solution ( $20mg/L$ )= $100ml$ , vitesse d'agitation  $v=300tr/mn$  en deux milieu.

Les pH acide et basique sont obtenus, l'un par addition d'une solution d'acide chlorhydrique et l'autre par ajout d'une solution de soude caustique et enfin la température ambiante moyenne est maintenue constante à  $25^{\circ}C$ .

D'après la figure IV.4. Nous remarquons que la vitesse d'adsorption est trop rapide durant les premières minutes de contact puis se stabilise à l'approche de la saturation. Au début du processus le nombre de sites actifs disponible est important à la surface du matériau (amidon). Après un certain temps, le reste des sites vacants deviennent difficilement accessibles à cause de l'existence des forces de répulsion entre les molécules du colorant adsorbées par l'amidon et celles qui se trouvent en solution. Observe une stabilisation de la quantité adsorbée au-dela

de 15min de temps de séjour. Afin de s'assurer que l'équilibre est atteint et qu'il n'ya pas de désorption des molécules adsorbées, on a fixé la durée de contact solide- solution, pour le reste de nos expériences à 25 min.

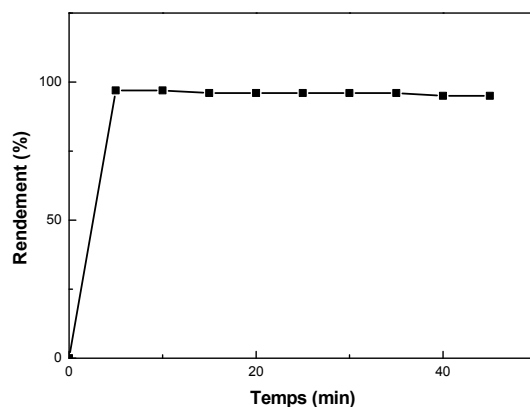


Figure IV.4. Effet du temps de contact du vert de bromocresol sur l'amidon à 25°C

Tableau IV.3 : Rendement (R%) de différentes masses étudiées

Masse D'amidon 0.5(g)		pH=3					
Concentration Ce (mg/l)	305	317	332	417	477	595	560
Rendement (R%)	93	96	97	98	99	99	99
Masse D'amidon 0.5(g)		pH=8					
Concentration Ce (mg/l)	305	323	309	331	329	363	368
Rendement (R%)	93	96	98	98	99	99	99
Masse D'amidon 1(g)		pH=3					
Concentration Ce (mg/l)	123	184	206	271	257	334	516
Rendement (R%)	97	98	98	99	99	99	99
Masse D'amidon 1(g)		pH=8					
Concentration Ce (mg/l)	392	395	392	397	401	425	424

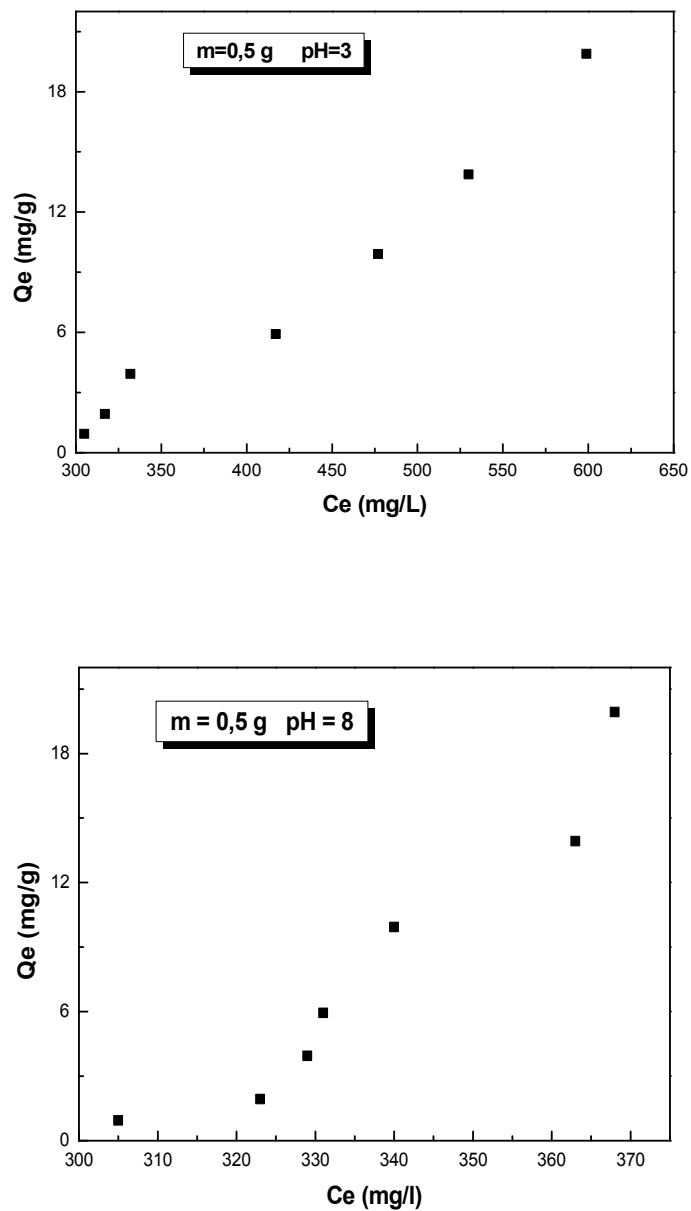
Rendement (R%)	92	96	98	98	99	99	99
<b>Masse D'amidon 1.5(g) pH=3</b>							
Concentration Ce (mg/l)	458.37	477.39	559.54	653.47	653.66	795.23	795.23
Rendement (R%)	90	95	97	97	98	99	99
<b>Masse D'amidon 1.5(g) pH=8</b>							
Concentration Ce (mg/l)	467	503.47	480.33	562.49	562.29	563.86	595.43
Rendement (R%)	90	94	91	98	98	98	99
<b>Masse D'amidon 2 (g) pH=3</b>							
Concentration Ce (mg/l)	592.68	599.27	593.47	620.86	652.68	795.23	795.23
Rendement (R%)	88	94	95	98	98	99	99
<b>Masse D'amidon 2 (g) pH=8</b>							
Concentration Ce (mg/l)	482.88	495.82	516.82	535.03	559.74	560.52	593.86
Rendement (R%)	90	95	97	98	98	99	99

Le rendement (R) augmente avec toutes les masses de l'amidon employés et touche une valeur de 99 %.

#### IV.7. Isotherme de l'adsorption

Les isothermes d'adsorption sont représentés sur les **figures (IV.5-IV.8)** à température constante maintenue à 25°C, et qui représentent la variation de la quantité du colorant vert de bromocrésol adsorbée  $Q_e$  (mg/g) en fonction de la concentration à l'équilibre de ce colorant en phase liquide.

**Les figures (IV.5-IV.8)** illustrent la quantité adsorbée à différents masses d'amidon ( $m=0.5, 1, 1.5$  et  $2g$ ), à un  $pH=3$  et  $8$  et à  $T=25^\circ$



**Figure IV.5** Isotherme d'adsorption du Vert de Bromocresol sur l'amidon à  $\text{pH}=3, \text{pH}=8$ ,  $T=25^\circ\text{C}$  et une masse de  $m=0.5$ g

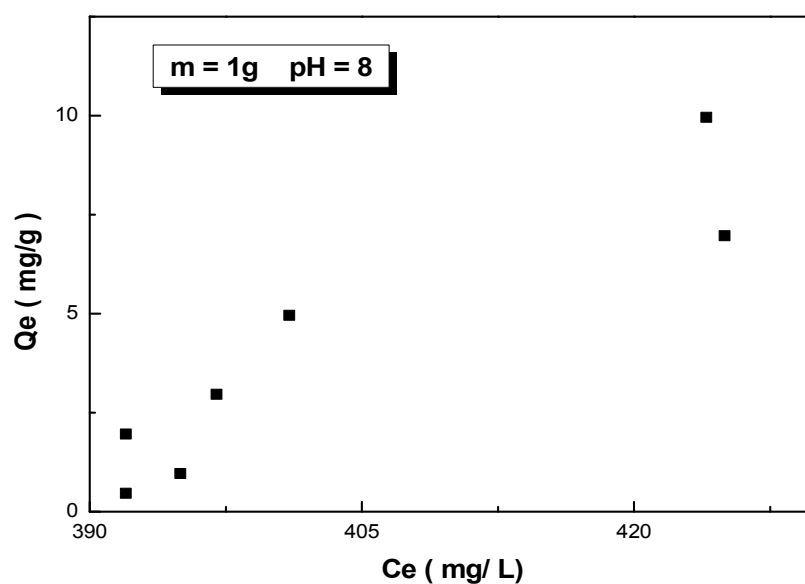
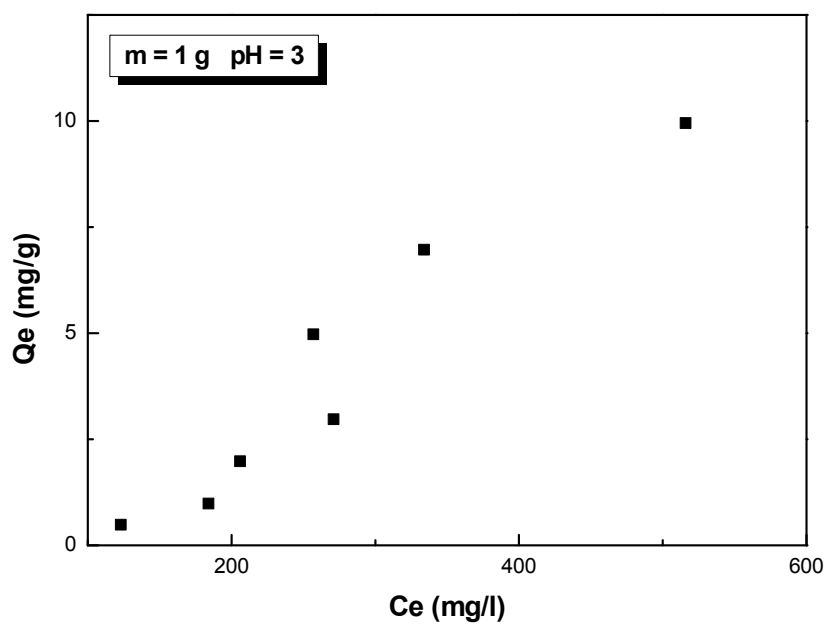
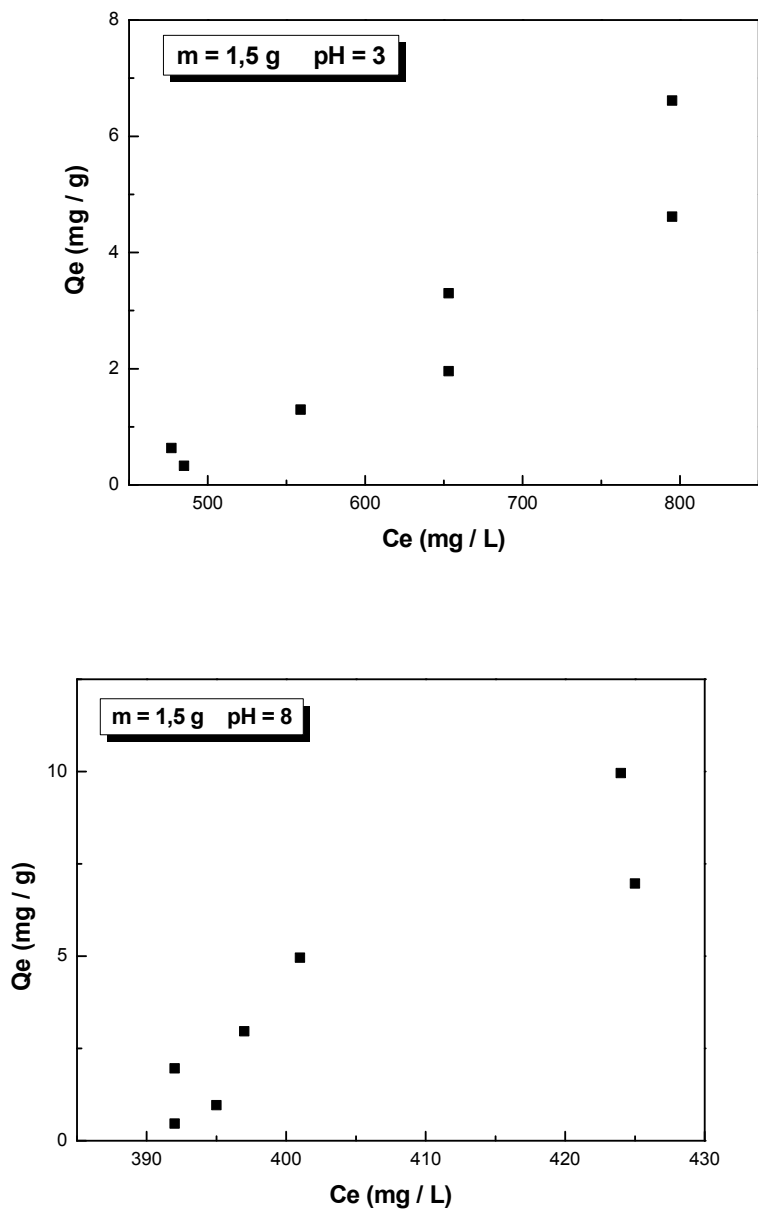
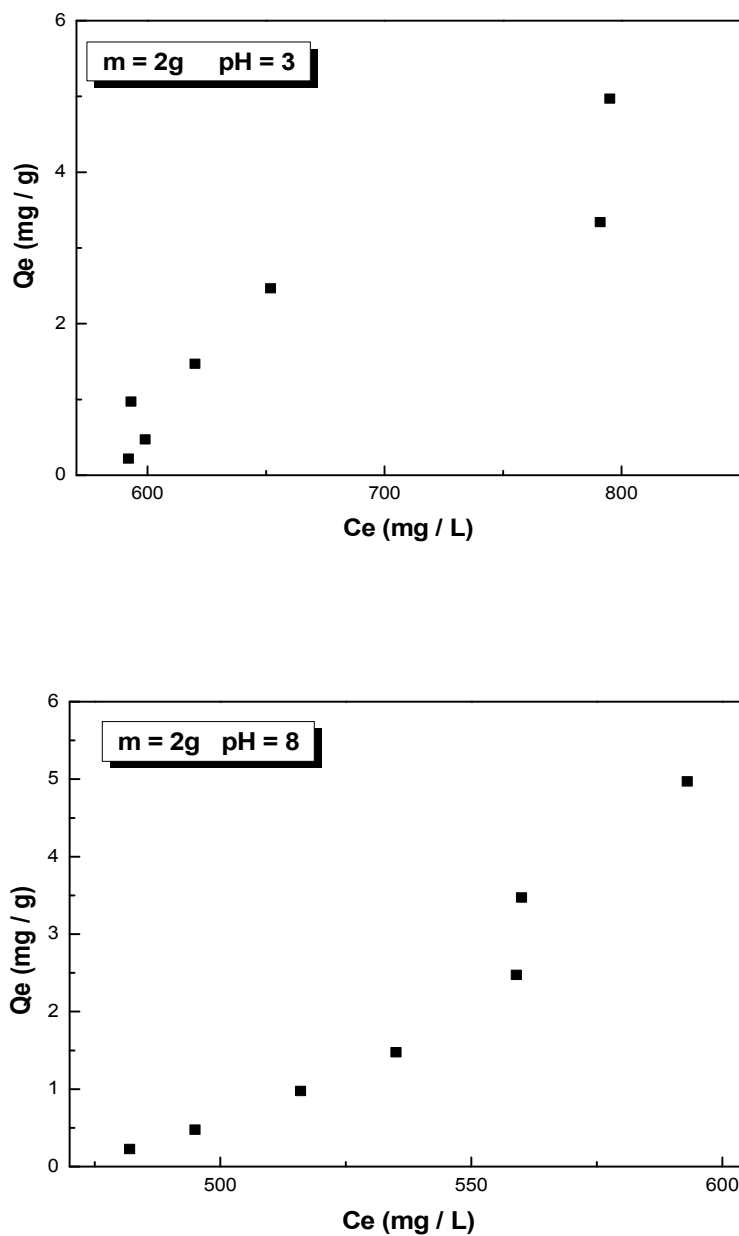


Figure IV.6. Isotherme d'adsorption du Vert de Bromocresol sur l'amidon à  $\text{pH}=3$ ,  $\text{pH}=8$ ,  $T=25^\circ\text{C}$  et une masse de  $m = 1$





**Figure IV.7.** Isotherme d'adsorption du Vert de Bromocresol sur l'amidon à pH = 3, pH = 8,  $T = 25^\circ\text{C}$  et une masse de  $m = 1.5$  g



**Figure IV.8.** Isotherme d'adsorption du Vert de Bromocrésol sur l'amidon à  $\text{pH}=3$ ,  $\text{pH}=8$ ,  $T=25^\circ\text{C}$  et une masse de  $m = 2\text{ g}$

**IV.8.Modèle de Freundlich et de Langmuir**

a) Dans le cas d'un adsorbant avec une surface hétérogène, on utilise le modèle de Freundlich qui est exprimé par l'équation :

$$q_e = K \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots (1)$$

**K** : constante de Freundlich, qui indique la capacité relative de l'adsorption de l'adsorbant est lié à l'énergie de liaison.

**1/n** : facteur d'hétérogénéité représente la déviation des linéarités de l'adsorption.

Pour avoir une idée sur les affinités de l'amidon, les constantes de Freundlich seront calculées à partir de l'équation :

$$\ln q_e = \ln k + \frac{1}{n} \ln C_e \dots \dots \dots (2)$$

Le tracé de  $\ln Q_e = f(\ln C_e)$ , sur les figures (IV.9 –IV.16) on obtient une droite de pente  $\frac{1}{n}$  et d'ordonnée à l'origine  $\ln K$ . les résultats sont regroupés dans le Tableau (IV.4)

b) L'isotherme de Langmuir est difficilement utilisable pour des systèmes naturels où l'adsorption en couche simple sur un seul type de site est rarement rencontrée. L'isotherme est représentée par l'équation suivante

$$q_e = q_m * \frac{k \cdot C_e}{1+k \cdot C_e} \dots \dots \dots (1)$$

**q<sub>e</sub>** : quantité de substance adsorbée à l'équilibre par unité de poids de l'adsorbant (capacité d'absorption) (mg/g) ;

**C<sub>e</sub>** : concentration du substrat en adsorbat à l'équilibre (mg/l) ;

**q<sub>m</sub>** : capacité d'absorption à la saturation (mg/g) et qui correspond à la formation d'une monocouche (c'est le nombre de sites actifs par unité de masse de la phase solide) ;

**K** : coefficient d'adsorption (L.mg<sup>-1</sup>)

La linéarisation de l'équation de Langmuir donne :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m \cdot K} \cdot \frac{1}{C_e} \dots \dots \dots (2)$$

Le tracé de  $1/q_e = f(C_e)$  sur les figures (IV.9-IV. 16) on obtient une droite de pente  $1/q_m \cdot K_L$  et d'ordonnée à l'origine  $1/q_m$ . les résultats trouvés sont regroupés dans le Tableau IV.5)

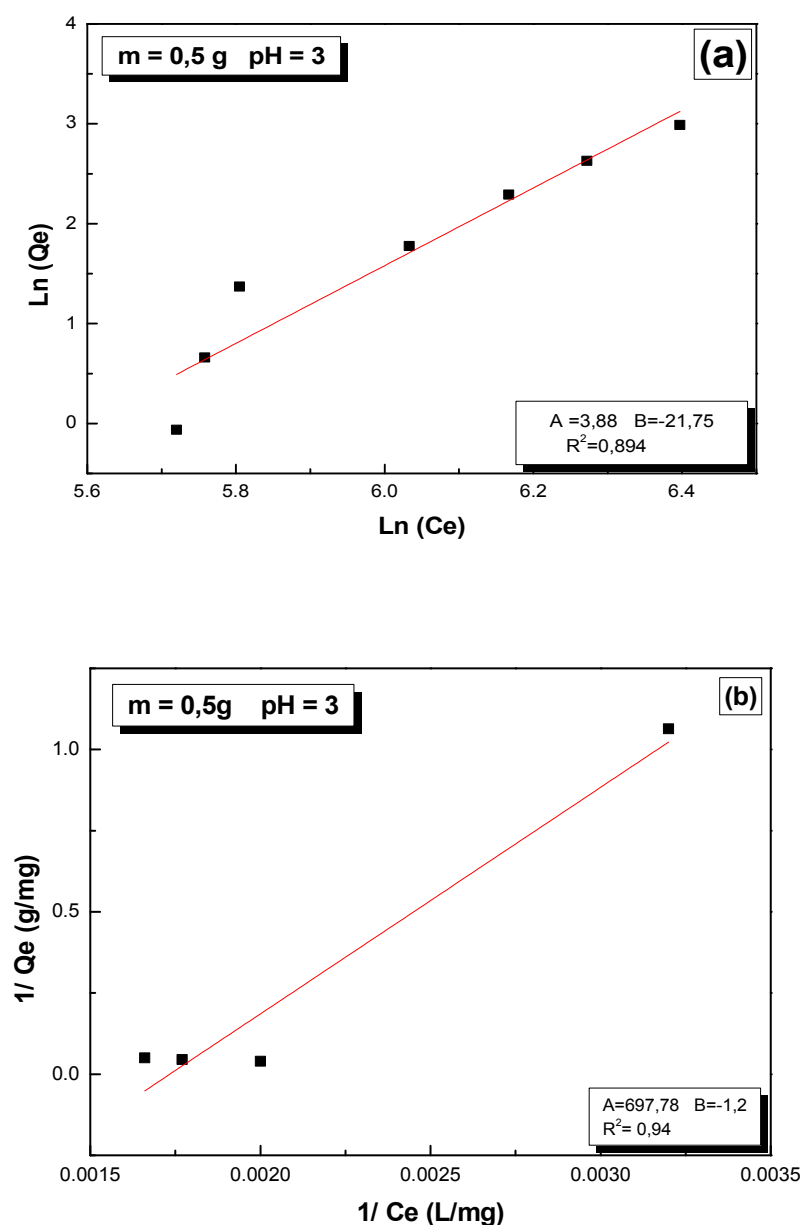


Figure IV.9. Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de  $m = 0.5 \text{ g}$ ,  $\text{pH} = 3$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$

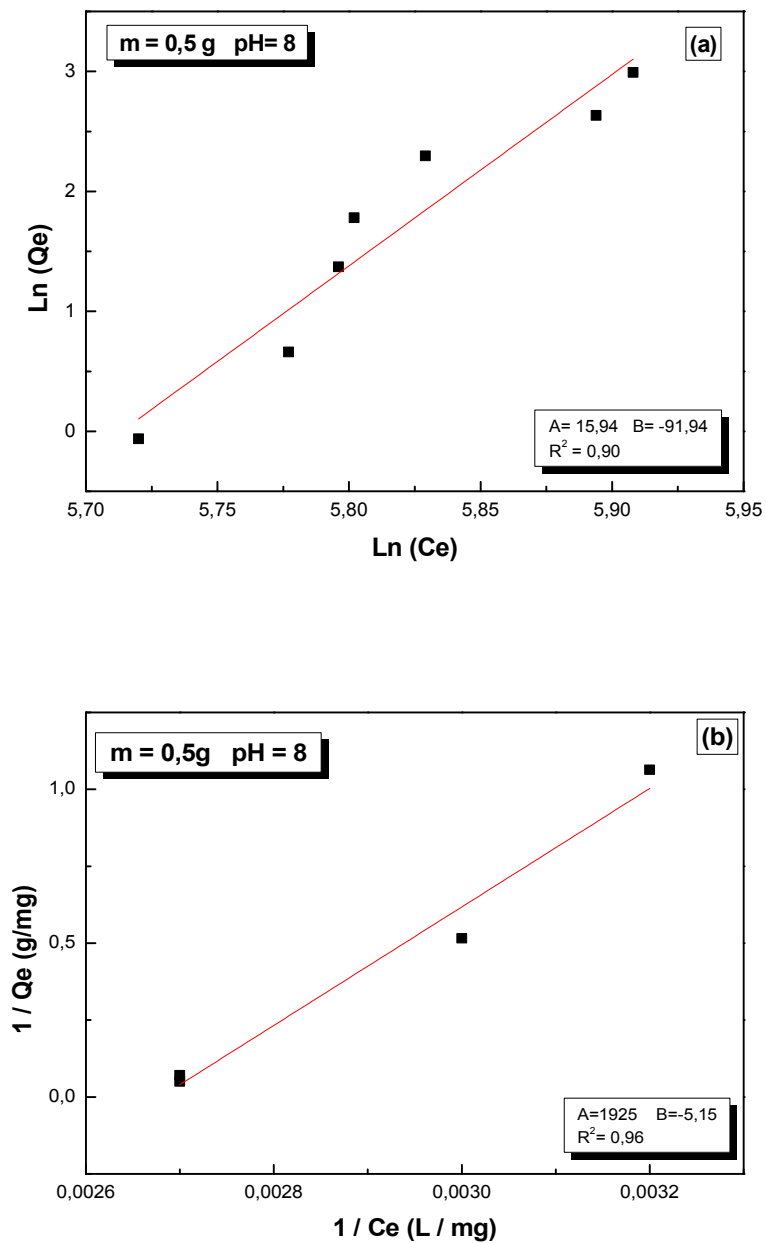


Figure IV.10. Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de  $m = 0.5\text{g}$ ,  $\text{pH} = 8$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$

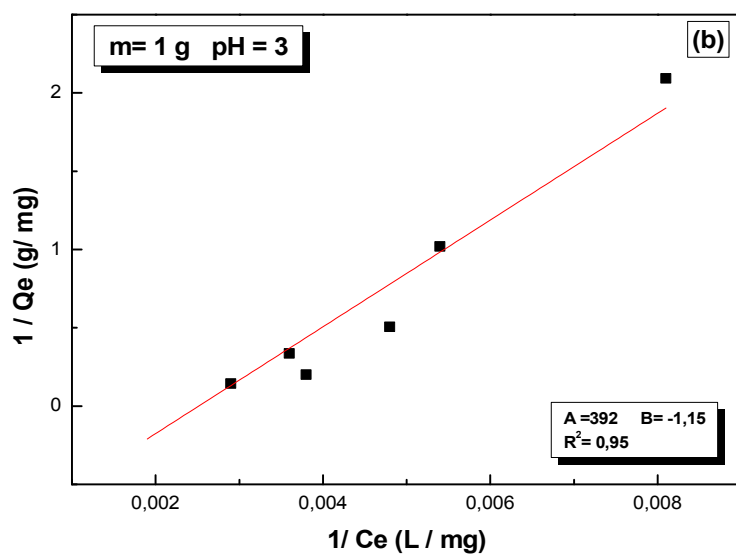
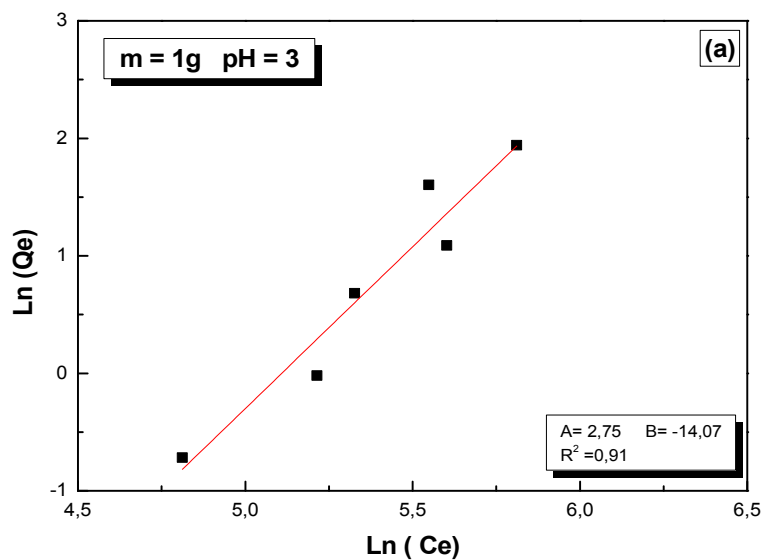


Figure IV.11. Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de  $m = 1\text{g}$ ,  $\text{pH} = 3$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$

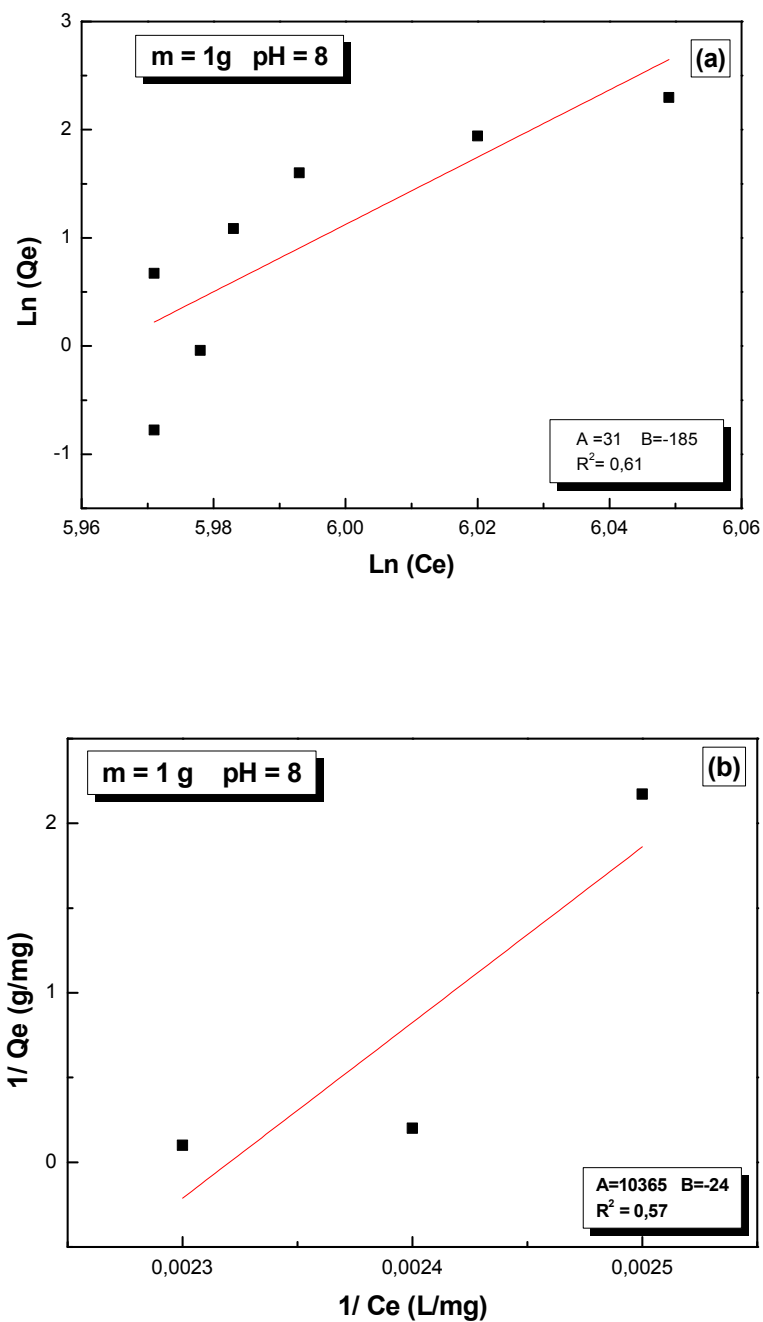


Figure IV.12. Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de  $m = 1\text{g}$ ,  $\text{pH} = 8$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$

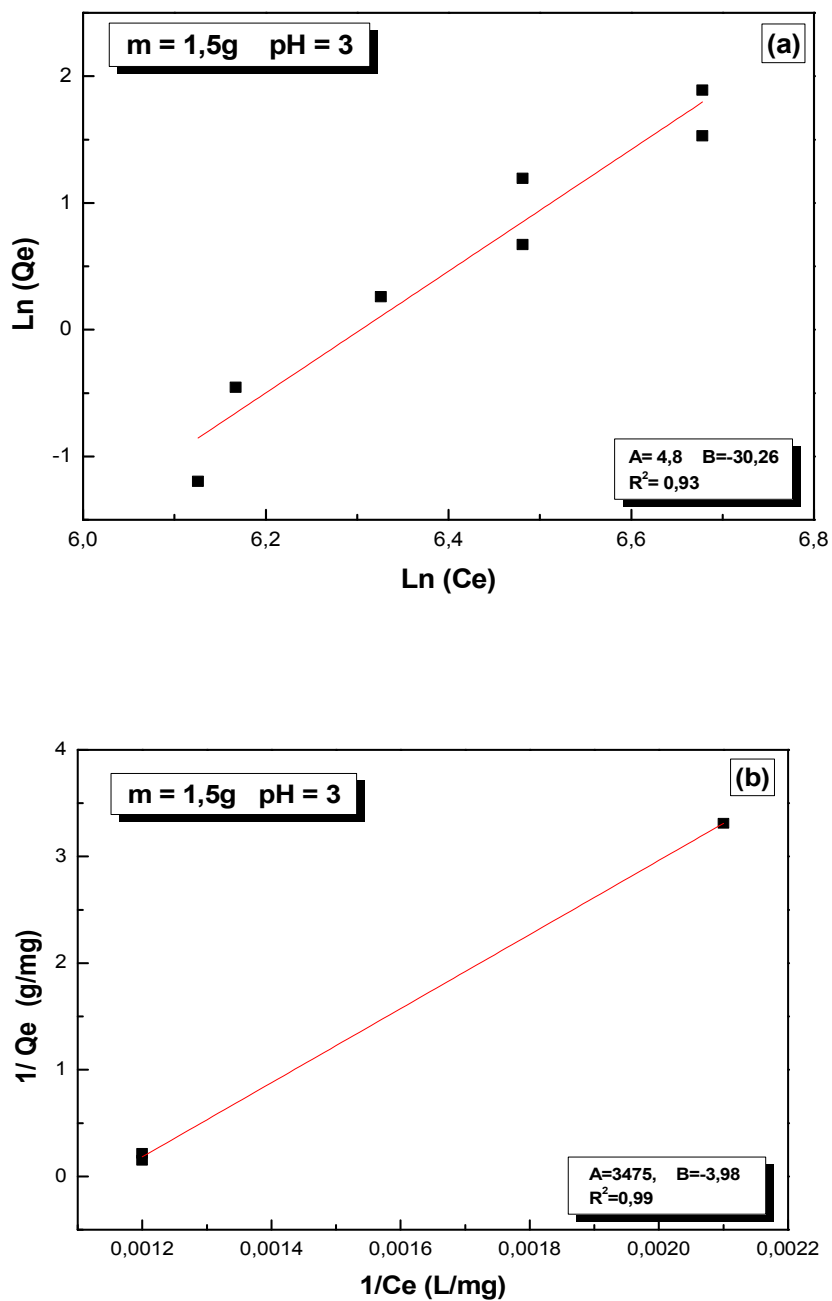
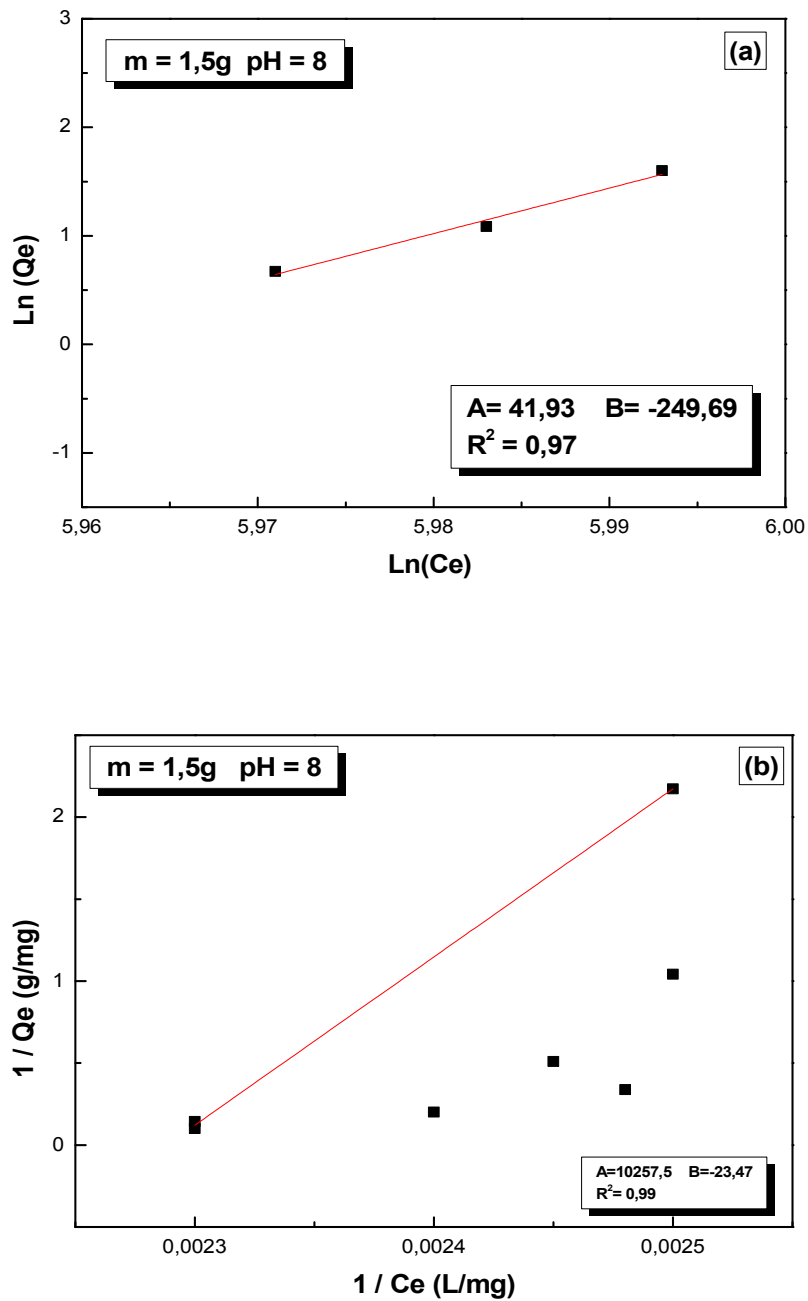


Figure IV.13. Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de

$m = 1.5\text{ g}$ ,  $\text{pH} = 3$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$





**Figure IV.14.** Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de  $m = 1.5 \text{ g}$ ,  $\text{pH} = 8$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$

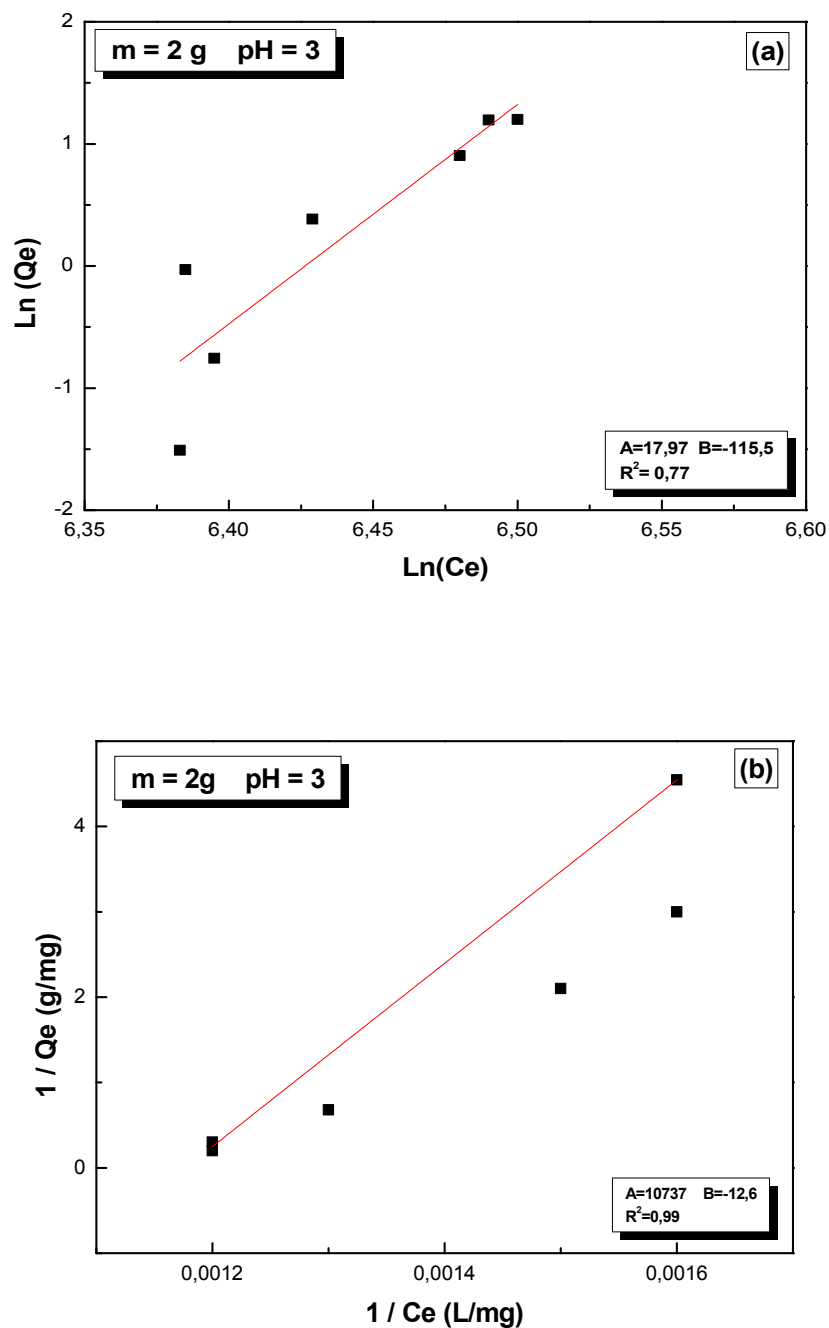
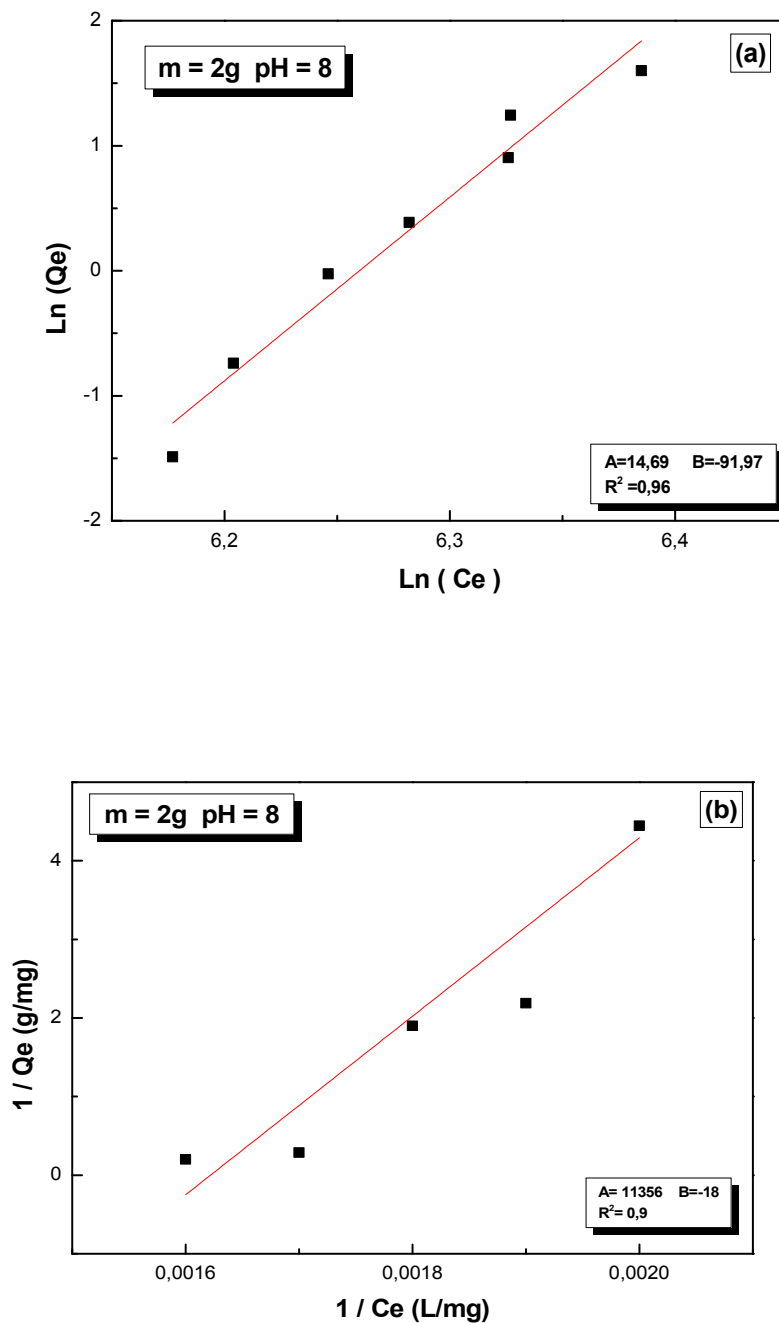


Figure IV.15. Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de  $m = 2 \text{ g}$ ,  $\text{pH} = 3$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$



**Figure IV.16.** Courbes de linéarisation selon Freundlich (a) et Langmuir (b) sur l'amidon de  $m = 2$  g,  $pH = 8$ ,  $T = 25^\circ C$

Les isothermes d'adsorption de Vert de Bromocrésol sur l'amidon de blé à pH acide et basique sont de type I. la surface du solide adsorbant est assimilée à un nombre de sites d'adsorption définis.

Les sites sont occupés au fur et à mesure par les composés adsorbables présents en solution jusqu'à la formation d'une monocouche de molécules occupant les sites disponibles du matériau adsorbant.

Quand tous les sites d'adsorption du matériau sont occupés, l'augmentation d'adsorbat en solution n'augmente pas la quantité adsorbée, il y aura apparition d'un plateau sur la courbe d'isotherme, indiquant la saturation de l'adsorbant.

**Tableau IV.4 :** Résultats obtenues à partir du modèle Freundlich:

Masse de l'amidon (g)	pH de la solution	$K_f$	N	$R^2$
0.5	3	-19.013	0.257	0.894
0.5	8	-89.22	0.063	0.90
1	3	-11.35	0.36	0.91
1	8	-182.28	0.03	0.61
1.5	3	-27.54	0.023	0.93
1.5	8	-246.28	0.023	0.97
2	3	-8.78	0.055	0.77
2	8	-89.25	0.068	0.96

Tableau IV.5 : Résultats obtenues à partir du modèle Langmuir :

Masse de l'amidon (g)	pH de la solution	$q_m$ (mg/g)	$K_L$	$R^2$
0.5	3	-0.83	-0.0017	0.94
0.5	8	-0.194	-0.0026	0.96
1	3	-0.86	-0.0029	0.95
1	8	-0.042	-0.00229	0.57
1.5	3	-0.25	-0.00115	0.99
1.5	8	-0.00426	-0.002	0.99
2	3	-0.079	-0.00117	0.99
2	8	-0.055	-0.0016	0.9

#### IV.9 : Modélisation des isothermes d'adsorption

Les résultats expérimentaux de l'adsorption du Vert de Bromocrésol sur l'amidon de blé après un temps de 25 min, à 25°C avec un coefficient de corrélation R qui tend vers 1, sont regroupés dans les tableaux (IV.4 et IV.5).

D'après les valeurs reportées sur les tableaux précédents concernant les valeurs de la constante de Freundlich et les constantes de Langmuir, on peut conclure que la valeur de  $1/n$  est plus petite que 1, l'adsorption est favorable [1]. La capacité d'adsorption augmente dans ce cas, de nouveaux emplacements d'adsorption se produisent.

Si les valeurs de  $1/n$  sont plus grandes que 1, le lien d'adsorption devient faible, l'adsorption est défavorable en raison des diminutions de capacité d'adsorption.

Les valeurs de n selon le modèle de Freundlich, sont inférieures à 1 ce qui indique que l'adsorption est chimique.

# *Conclusion*

### Conclusion

Cette présente étude, qui s'inscrit dans le cadre générale de la dépollution des eaux, avait pour objectif d'étudier le mode de l'application de l'amidon à base de blé dans l'adsorption d'un polluant susceptible d'être présent dans les eaux. Dans notre travail, nous avons utilisé l'amidon comme adsorbant et le vert de bromocrésol comme adsorbat.

L'étude a connu la variation de pH et la variation de la masse de l'amidon on maintenant la température fixe.

Le dosage du colorant utilisé peut être suivi par spectrophotomètre UV-visible à longueur d'onde égale 442 nm ce qui permet de le détecter à faible concentration en solution et même en présence d'autres éléments.

Le temps nécessaire pour assurer l'équilibre d'adsorption sur l'amidon est évolué rapidement pendant les premières minutes (20 - 25min) de contact puis se stabilise à l'approche de la saturation.

Le rendement (R) augmente avec toutes les masses de l'amidon employés et touche une valeur de 99%.

L'effet de la masse d'amidon, sur l'adsorption a montré que les meilleurs résultats ont été trouvés avec une masse égale 0.5g d'amidon. Pour avoir de meilleurs résultats on doit diminuer la masse d'amidon

En fonction de pH de la solution, une légère variation de la quantité adsorbée a été enregistrée. Les constantes de Langmuir ont des valeurs négatives et en conséquence le modèle choisi et celui de Freundlich.

### Résumé

Dans le but de préserver l'environnement, l'amidon à base de blé a été employé en vue de tester son efficacité dans l'élimination et la réduction du colorant qui est le vert de Bromocrésol. L'étude de l'influence des paramètres opératoires (temps de contact, le pH de la solution et la masse de l'amidon de blé) sur le processus d'adsorption développé a permis d'avoir un rendement de 97% pour une masse d'amidon de 0.5g, un pH neutre et à une  $T=25^{\circ}\text{C}$ . Le modèle de Freundlich et de Langmuir ont été choisis pour la représentation des résultats expérimentaux obtenues.

### Abstract

With the aim of preserving the environment, wheat starch was used to investigate its efficiency in the removal and reduction of the green Bromocresol dye in water. The study of the influence of the operating parameters (contact time, pH of the solution and mass of the wheat starch) on the adsorption process developed resulted in an efficiency of 97% for a starch mass of 0.5g, with a neutral pH and at a  $T=25^{\circ}\text{C}$ . The Freundlich and Langmuir models were chosen to represent the experimental results obtained.

### ملخص

من اجل الحفاظ على البيئة تم استخدام النشا القائم على القمح لاختبار فعاليته في القضاء على الصبغة الخضراء في الماء والحد منها. اتاحت دراسة تأثير معلمات التشغيل (وقت التلامس ودرجة الحموضة للمحلول وكتلة نشا القمح) على عملية الامتزاز المطورة للحصول على عائد 97 لكتلة نشا تبلغ 0.5 جم درجة حموضة محايدة وعند  $T=25^{\circ}\text{C}$ , تم اختيار نموذج langmuir و freundlich لتمثيل النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها .