

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**

**SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03**

**FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS**

**DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

## **Mémoire**

**PRESENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER**

**EN GÉNIE DES PROCÉDÉS**

**OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT**

**ETUDE EXPERIMENTALE DE L'ELIMINATION DE DEUX  
COLORANTS ANIONIQUES PAR LE CHARBON ACTIF  
GRANULAIRE**

**Présenté par :**

Lemmou Aya

Belmokre Malak

Ounous Mohamed

**Dirigé par :**

M<sup>me</sup> KOLLI Mounira

**Grade:** MCB

**Année universitaire**

**2022-2023**

**Session : juin**

---

<b>Sommaire</b>		<b>Page</b>
<b>Introduction générale</b>		<b>1</b>
<i>Chapitre I</i>		
<i>Pollution de l'eau</i>		
<i>I.1.</i> Introduction		<b>3</b>
<i>I.2.</i> Définition de la pollution		<b>3</b>
<i>I.3.</i> Différents types de pollution environnementale		<b>3</b>
<i>I.4.</i> Pollution de l'eau		<b>3</b>
<i>I.5.</i> Principaux types de pollution des eaux		<b>3</b>
<i>I.5.1.</i> Pollution bactérienne		<b>3</b>
<i>I.5.2.</i> Pollution chimique		<b>4</b>
<i>I.5.3.</i> Pollution par les déchets aquatiques		<b>4</b>
<i>I.6.</i> Causes de la pollution de l'eau		<b>4</b>
<i>I.6.1.</i> Déchets industriels		<b>4</b>
<i>I.6.2.</i> Augmentation de la température		<b>4</b>
<i>I.6.3.</i> Pesticides utilisés dans l'agriculture		<b>4</b>
<i>I.6.4.</i> Déforestation		<b>4</b>
<i>I.6.5.</i> Déversements d'hydrocarbures		<b>4</b>
<i>I.7.</i> Effets de la pollution de l'eau		<b>5</b>
<i>I.7.1.</i> Effet de la pollution sur la santé		<b>5</b>
<i>I.7.2.</i> Effet de la pollution sur l'environnement		<b>5</b>
<i>I.8.</i> Polluants présents dans l'eau		<b>5</b>
<i>I.8.1.</i> Sels minéraux		<b>6</b>
<i>I.8.2.</i> Acides et les alcalins		<b>6</b>

---

<b>I.8.3.</b> Matières en suspension (MES)	<b>6</b>
<b>I.8.4.</b> Matières organiques (MO)	<b>6</b>
<b>I.8.5.</b> Matières inhibitrices (MI)	<b>6</b>
<b>I.8.6.</b> Déchets solides divers	<b>7</b>
<b>I.8.7.</b> Détergents synthétiques	<b>7</b>
<b>I.8.8.</b> Pollution thermique	<b>7</b>
<b>I.8.9.</b> Matières colorants	<b>7</b>
<b>I.9.</b> Pollution des eaux par les colorants	<b>7</b>
<b>I.9.1.</b> Effet des colorants sur les systèmes aquatiques	<b>8</b>
<b>I.10.</b> Industrie du tannage	<b>8</b>
<b>I.10.1.</b> Introduction	<b>8</b>
<b>I.10.2.</b> Description des procédés	<b>9</b>
<b><i>Chapitre II</i></b> <b><i>Généralité sur les colorants</i></b>	
<b>II.1.</b> Définition	<b>10</b>
<b>II.2.</b> Classification des colorants	<b>10</b>
<b>II.2.1.</b> Classification technologique	<b>10</b>
<b>II.2.2.</b> Classification technique	<b>12</b>
<b>II.2.2.1.</b> Colorants naturels	<b>12</b>
<b>II.2.2.2.</b> Colorants synthétiques	<b>13</b>
<b>II.2.3.</b> Classification chimique	<b>13</b>
<b>II.2.3.1.</b> Colorants azoïques	<b>14</b>
<b>II.2.3.2.</b> Colorants anthraquinoniques	<b>14</b>
<b>II.2.3.3.</b> Colorants triphénylméthanes	<b>14</b>
<b>II.2.3.4.</b> Colorants indigoïdes	<b>15</b>
<b>II.2.3.5.</b> Colorants xanthènes	<b>15</b>
<b>II.2.3.6.</b> Phtalocyanines	<b>16</b>
<b>II.2.4.</b> Classification tinctoriale	<b>16</b>
<b>II.2.4.1.</b> Colorants acides ou anioniques	<b>16</b>
<b>II.2.4.2.</b> Colorants basiques ou cationiques	<b>16</b>

---

<b>II.2.4.3.</b> Colorants développés ou azioques insolubles	16
<b>II.2.4.4.</b> Colorants de cuve	17
<b>II.2.4.5.</b> Colorants réactifs	17
<b>II.2.4.6.</b> Colorants directs	17
<b>II.2.4.7.</b> Colorants mordants	17
<b>II.2.4.8.</b> Colorants dispersés	17
<b>II.3.</b> Application des colorants	18
<b>II.4.</b> Aspect toxicologique	18
<b>II.4.1.</b> Toxicité sur la santé humaine	18
<b>II.4.2.</b> Toxicité sur les milieux aquatiques	19
<b>II.5.</b> Procédés de traitement des effluents chargés de colorants	19
<b>II.5.1.</b> Méthodes biologiques	19
<b>II.5.1.1.</b> Traitement aérobie	19
<b>II.5.1.2.</b> Traitement anaérobie	20
<b>II.5.2.</b> Méthodes chimiques	20
<b>II.5.3.</b> Méthodes physique	21
<b>II.5.3.1.</b> Coagulation / floculation	21
<b>II.5.3.2.</b> Techniques membranaires	21
<b>II.5.3.3.</b> Adsorption	22
<b>Chapitre III</b> <b>Phénomène d'adsorption</b>	
<b>III.1.</b> Introduction	23
<b>III.2.</b> Définition de l'adsorption	23
<b>III.3.</b> Types d'adsorption	24
<b>III.3.1.</b> Adsorption physique	24
<b>III.3.2.</b> Adsorption chimique (ou chimisorption)	24
<b>III.4.</b> Cinétique d'adsorption	25
<b>III.4.1.</b> Mécanismes d'adsorption	25
<b>III.4.2.</b> Modèles cinétiques	26
<b>III.4.2.1.</b> Modèle de pseudo-premier ordre (PS1)	26

---

III.4.2.2. Modèle de pseudo-second ordre (PS2)	27
III.4.2.3. Modèle d'Elovich	27
III.4.2.4. Modèle de diffusion intra-particulaire	28
III.4.2.5. Modèle de diffusion externe	28
III.5. Isothermes d'adsorption	29
III.5.1. Définition de l'isotherme d'adsorption	29
III.5.2. Classification des isothermes d'adsorption	29
III.5.3. Modèles des isothermes d'adsorption	31
III.5.3.1. Modèle de Freundlich	31
III.5.3.2. Modèle de Langmuir	31
III.5.3.3. Modèle de Temkin	32
III.5.3.4. Modèle d'Elovich	33
III.5.3.5. Modèle de Dubinin-Radushkevich (DR)	33
III.5.3.6. Modèle de Brunauer-Emmett-Teller (BET)	34
III.6. Facteurs influençant l'adsorption	34
III.6.1. Nature de l'adsorbant	34
III.6.2. Nature de l'adsorbat	34
III.6.3. pH du milieu	35
III.6.4. Température	35
III.6.5. Surface spécifique	35
III.6.6. Dimension des pores	36
III.7. Généralités sur les adsorbants	36
III.7.1. Charbon actif	36
III.7.2. Différentes formes du charbon actif	37
III.7.2.1. Charbon actif en poudre	37
III.7.2.2. Charbon actif granulé	38
<b>Chapitre IV</b>	
<b>Matériels et méthodes expérimentales</b>	
IV.1. Introduction	40
IV.2. Colorants	40

---

<b>IV.2.1.</b> Colorant noir Acide 210	<b>40</b>
<b>IV.2.2.</b> Colorant vert acide 20	<b>41</b>
<b>IV.3.</b> Adsorbant : le charbon actif	<b>42</b>
<b>IV.3.1.</b> Détermination du pH au point de charge zéro (pHpzc)	<b>43</b>
<b>IV.4.</b> Matériels utilisés	<b>43</b>
<b>IV.5.</b> Méthode d'analyse : spectrophotomètre UV-visible	<b>44</b>
<b>IV.5.1.</b> Loi de Beer-Lambert	<b>45</b>
<b>IV.5.2.</b> Spectre d'absorbance du colorant noir acide 210 en UV-Visible	<b>46</b>
<b>IV.5.3.</b> Spectre d'absorbance du colorant vert acide 20 en UV-Visible	<b>46</b>
<b>IV.6.</b> Courbe d'étalonnage	<b>47</b>
<b>IV.7.</b> Procédure expérimentale du processus d'adsorption des deux colorants	<b>48</b>
<b>IV.7.1.</b> Isothermes d'adsorption	<b>48</b>
<b>IV.7.2.</b> Paramètres étudiés	<b>49</b>
<b>IV.7.2.1.</b> Effet de la masse d'adsorbant	<b>49</b>
<b>IV.7.2.2.</b> Effet du pH de la solution	<b>49</b>
<b>IV.7.2.3.</b> Effet du temps de contact et de la concentration initiale	<b>49</b>
<b>IV.7.2.4.</b> Effet de la température du milieu	<b>50</b>
<b>IV.8.</b> Capacité d'adsorption à l'instant t	<b>50</b>
<b>IV.9.</b> Taux d'élimination du colorant à l'instant t	<b>50</b>
<b><i>Chapitre V</i></b> <b><i>Résultats et discussions</i></b>	
<b>V.1.</b> Introduction	<b>51</b>
<b>V.2.</b> Détermination du pH au point de charge zéro	<b>51</b>
<b>V.3.</b> Détermination des conditions optimales d'adsorption	<b>52</b>
<b>V.3.1.</b> Effet du rapport solide/liquide (r)	<b>52</b>
<b>V.3.2.</b> Effet du pH	<b>53</b>
<b>V.3.3.</b> Influence du temps de contact	<b>55</b>
<b>V.3.4.</b> Effet de la température	<b>57</b>
<b>V.4.</b> Modélisation de la cinétique d'adsorption	<b>60</b>
<b>V.5.</b> Isotherme d'adsorption	<b>64</b>

---

<b>V.5.1. Détermination de l'isotherme d'adsorption des deux colorants</b>	<b>64</b>
<b>V.5.2. Modélisation des isothermes d'adsorption</b>	<b>66</b>
<b>V.5.2.1. Modèle de Freundlich</b>	<b>66</b>
<b>V.5.2.2. Modèle de Langmuir</b>	<b>67</b>
<b>V.5.2.3. Modèle de Temkin</b>	<b>69</b>
<b>V.5.2.4. Modèle d'Elovich</b>	<b>70</b>
<b>V.5.2.5. Modèle de Dubinin-Radushkevich</b>	<b>70</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>75</b>

## Résumé

Avec le développement continu du processus d'industrialisation de l'impression et de la teinture, de grandes quantités de colorants sont libérées dans l'environnement. Ces colorants sont des produits toxiques et exceptionnellement résistants à la dégradation. La présence de ces colorants dans les eaux usées présente une menace majeure pour l'environnement. Pour réduire les effets néfastes de ces polluants sur l'environnement et la santé humaine, plusieurs procédés de traitement des eaux usées sont mis en œuvre, en particulier le procédé d'adsorption.

Ce travail est réalisé dans le but d'étudier l'élimination de deux colorants anioniques, le noir acide 210 et le vert acide 20, par le charbon actif granulaire, CAG. Les résultats obtenus, montrent que l'élimination de ces deux colorants par adsorption est maximale à un pH très acide puis elle diminue avec l'augmentation du pH. L'élimination est aussi maximale à des températures faibles. La modélisation des isothermes d'adsorption des deux colorants montre que l'isotherme d'adsorption du noir acide 210 sur le CAG est décrite de manière satisfaisante par le modèle de *Langmuir type II* par contre l'isotherme d'adsorption du vert acide 20 sur le CAG est décrite par le modèle de *Dubinin-Radushkevich*. La modélisation de la cinétique d'adsorption montre que le modèle de pseudo-second ordre, PS2, est celui qui décrit le mieux le processus d'adsorption des deux colorants sur CAG.

**Mots clés:** Traitement des eaux de tannage, Noir acide 210, Vert acide 20, adsorption, Charbon actif granulaire.

## **Abstract**

With the continuous development of the process of industrialization of printing and dyeing, large amounts of dyes are released into the environment. These colorants are toxic and exceptionally resistant to degradation. The presence of these colorants in wastewater poses a major threat to the environment. To reduce the harmful effects of these pollutants on the environment and human health, several wastewater treatment processes are implemented, in particular the adsorption process.

This work is carried out with the aim of studying the elimination of two anionic dyes, 210 black acid and 20 green acid, by granular activated carbon, CAG. The results obtained show that the elimination of these two colorants by adsorption is maximum at a very acidic pH and then decreases with the increase of the pH. The elimination is also maximum at low temperatures. The modeling of the adsorption isotherms of the two colorants shows that the adsorption isotherm of black acid 210 on the CAG is satisfyingly described by the Langmuir type II model, whereas the green acid 20 isotherm on the CAG is described on the Dubinin-Radushkevich model. Adsorption kinetics modeling shows that the pseudo-second-order model, PS2, is the one that best describes the process of the two dyes absorption on CAG.

**Keywords:** Tanning Water Treatment, 210 Black Acid, Green Acid 20, Adsorption, Granular Activated Carbon.