

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib  
Faculté des Sciences et de Technologie  
Département de chimie



Projet de Fin d'Etudes  
Pour l'obtention du diplôme de Master en : chimie macromoléculaire  
Domaine : science de la matière  
Filière : chimie organique  
Spécialité : chimie macromoléculaire  
Thème

## Etude de la biosorption des colorants textiles par la cellulose

**Présentée Par :**

Melle. MAAROUF BOUCHRA

Dr. BOUSSALEM Smain	Professeur	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr. ALLAL Asma	M C B	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examineur
Dr BENGRIINE Asma	M C B	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrante

*Année Universitaire 2024/2025*

## **Remerciement :**

*Avant tout, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers notre Dieu, le Tout-Puissant, pour sa générosité infinie. C'est grâce à Lui que j'ai pu avancer avec force, patience, et confiance tout au long de mes années d'études, ce qui m'a permis de mener à bien ce modeste travail*

*-À Mme : BENGRINE Asma .... Je tiens à vous remercier du fond du cœur pour votre accompagnement tout au long de ce travail. Votre écoute, votre disponibilité et votre bienveillance ont été pour moi d'un immense réconfort à chaque étape. Votre regard attentif et vos conseils avisés ont grandement contribué à la réussite de ce projet*

*-Je suis vraiment très reconnaissant envers tous les membres du jury pour leur aide précieuse. Un grand merci tout particulier à :*

- *Mme : ALLAL Asma , pour avoir accepté de présider ce jury. C'est un honneur et sa gentillesse ainsi que son expertise m'ont beaucoup aidé.*
- *Mr : BOUSSELAM Smain qui a pris le temps de lire mon travail avec beaucoup d'attention.*

*- À une femme exceptionnelle, ma mère, cette lumière qui m'a guidée dès mes premiers pas sur ce chemin... Merci à Dieu de vous avoir donné une longue vie pour voir ce jour. Ce travail est le fruit de votre patience, de vos sacrifices et de votre confiance inébranlable.*

*-À toi, mon cher père , à qui je dois tant. Je me reconnais en toi à travers les valeurs et les principes que tu m'as transmis, et je suis fière d'être ta fille. Tout ce que j'ai pu accomplir aujourd'hui est le reflet de ton éducation et de ton amour.*

*-Aux deux étoiles qui illuminent ma vie...Aya et Soumia, que Dieu protège votre précieux amour*

*- À mon unique frère Oussama et à sa chère épouse Mounia, que Dieu vous entoure de Sa grâce et de Sa protection.*

*- À tous mes proches sans exception, et tout particulièrement à ma chère amie dr safia*

*- Enfin, un grand merci à tous les professeurs du département de chimie pour leur soutien et leurs conseils tout au long de mon parcours universitaire*

# Table de matière

Introduction1

## partie I: bibliographique

I- les eaux usées4

I-1-4

*A-les eaux usées domestique4*

*b-les eaux usées industrielles5*

*C-les eaux pluviales5*

*D-Les eaux usées agricoles5*

I-2-Impacts du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate5

6

I-4-Les paramètres physico-chimiques6

II-les colorants7

II-1- Histoire7

II-2- Introduction8

II-3-8

II-4- Classification des colorants9

a-9

b-9

II-5- Les types des colorants13

- *LES COLORANTS POUR BAINS AQUEUX13*
- *LES COLORANTS DISPERSÉS13*
- *Les colorants basiques ou cationiques13*
- *Les colorants acides ou anioniques14*
- *les Colorants à mordant14*
- *Les colorants réactifs15*
- *colorant direct15*

II-6-Impact des colorants textiles sur l'environnement16

III- Traitement des eaux usées**16**

III16

1)17

2)traitement primaire18

3)Traitement secondaire19

4)traitements tertiaires20

III-2-Le rôle des traitements les eaux usées20

IV-Adsorption**20**

IV-1- Définition20

IV-2- Principe21

IV-3-Différents types d'adsorption21

IV-3-1 Adsorption physique (La physisorption)22

IV-3-2 Adsorption chimique (*Chimisorption* )22

IV-4-Différence entre la physisorption et la chemisorption23

IV-5-Caractéristiques de l'Adsorption23

IV-6- Mécanisme d'adsorption24

IV- 7- Domaines d'application25

IV-8- L'isotherme d'adsorption26

IV-9- Classification des isothermes d'adsorption26

IV-10-Cinétique d'adsorption27

*IV-10-1 Modèles cinétiques :27*

V – Cellulose**28**

V-1-histoire28

V-2- Définition29

V-3- Propriété29

*V- 3-1 Propriétés chimiques29*

V-3-2 Propriétés physiques29

V-3-3 Propriétés biologiques30

V-4 Structure30

31

V-6- Utilisations de la cellulose32

## **partie II: Partie expérimentale**

### **Introduction33**

Matériels et équipements33

Produits chimiques33

Adsorbants utilisés33

Les Colorants utilisés33

Loi de Beer-Lambert34

### **II. les modes opératoires :37**

1)préparation des solutions mère de colorant :37

2)mode opératoire effet de la concentration initiale du colorant38

3)mode opératoire effet de pH39

4)Conditions requises pour l'exécution des cinétiques39

### **Méthode d'Analyse39**

La spectroscopie UV-VIS39

Principe UV-VIS40

Types de spectrophotomètre UV-VIS40

Spectroscopie infrarouge42

Les régions de spectre et de l'infrarouge43

Principe de fonctionnement d'un spectromètre IR44

## **Partie III: résultats et discussions**

### **1-Étude de l'influence 45**

1-1-Effet du pH sur l'adsorption du colorant jaune bézanyl45

2-spectre infrarouge (IR)**54**

3- modélisation des résultats expérimentaux**55**

1-modèle de Freundlich55

2-modèle de Langmuir57

Conclusion générale .....60

## Liste des figures

### Partie bibliographique

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Figure 8 :Structure moléculaire d'un colorant nitré et nitrosé

11

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Figure 22 : Classification des isothermes d'adsorption

26

Figure 23: structure de la cellulose

29

**Error! Bookmark not defined.**

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

### Partie expérimentale

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Figure 30: Détermination de  $\lambda_{\max}$  du noir cibacron

35

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.

Figure 38: Schéma simplifié du fonctionnement d'un spectrophotomètre

41

Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.

## **résultats et discussions**

Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.  
Error! Bookmark not defined.

## **Liste des tableaux**

**23**  
**36**  
**36**  
**37**  
**56**  
**58**



# Introduction générale

---

L'eau est l'élément central de tous les processus socio-économiques, quel que soit le degré de développement de la société. La contamination des eaux par des polluants est un problème d'actualité. Dans l'industrie de textile en particulier, les eaux résiduaires sont l'une des plus importantes sources de pollution des eaux superficielles et des nappes souterraines, sur la faune et la flore [1]

Ces dernières années, l'Algérie a intensifié ses efforts de lutte contre la pollution en réponse à la croissance démographique et au développement industriel accru.

Le déversement naturel des eaux usées teintées engendre des effets délétères tant sur l'environnement que sur plusieurs cycles biologiques. L'essor de l'industrie textile a amplifié les risques liés à ces eaux usées. Les colorants synthétiques organiques sont des composés utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que le domaine automobile, chimique, la papeterie et plus particulièrement le secteur de textile. L'affinité entre le textile et les colorants varie selon la structure chimique des colorants et le type des fibres sur lesquelles ils sont appliqués. Ces colorants sont évacués avec les effluents liquides qui sont la plupart du temps directement rejetés vers les cours d'eau sans traitement préalable. Ces rejets colorés posent un problème esthétique, mais également sanitaire car un grand nombre des colorants est toxique . [2]

Pour maintenir la qualité de l'eau, il est nécessaire de trouver des méthodes de traitement appropriées qui assurent une efficacité optimale. Les techniques traditionnelles ne sont pas toujours suffisantes et peuvent être coûteuses. C'est pourquoi il est devenu nécessaire d'explorer de nouvelles méthodes, plus prometteuses et plus économiques. L'adsorption reste l'une des techniques les plus utilisées et les plus faciles à mettre en œuvre.[3]

L'application de la méthode d'adsorption pour le traitement des eaux usées constitue une solution alternative à la fois attrayante et efficace pour éliminer les colorants, les odeurs et les polluants organiques. En intégrant de nouveaux matériaux comme les hydrogels, qui présentent une capacité de sorption élevée pour les colorants, ces hydrogels sont généralement des matériaux réticulés dotés de groupes fonctionnels (acides carboxyliques, amines, hydroxyles, etc.) capables d'absorber d'importantes quantités d'eau. L'adsorption s'est révélée être une méthode économique pour l'élimination des colorants dans les eaux usées, surtout lorsque les adsorbants employés sont peu coûteux, le charbon actif étant l'adsorbant le plus

## Introduction générale

---

couramment utilisé. Cependant, malgré son excellent pouvoir d'adsorption, son utilisation est souvent restreinte en raison de son coût élevé. Les recherches actuelles se concentrent donc sur des procédés de traitement à faible coût. Les matériaux naturels comme les substances à base de cellulose, grâce à leur disponibilité et à leur coût réduit, présentent des avantages considérables pour leur utilisation dans la dépollution de l'environnement. Leur abondance, leurs propriétés intrinsèques et leur biodégradabilité en font des atouts essentiels. De nombreuses études ont démontré l'efficacité des produits à base de cellulose dans la lutte contre la pollution.[4]

Dans ce cadre, ce travail se concentre sur l'utilisation de la cellulose pour l'adsorption de colorants largement utilisés dans l'industrie en Algérie, notamment le noir cibane et le jaune bézanyl. Pour aborder ce sujet de manière approfondie, le travail a été structuré en trois chapitres:

Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique offrant un aperçu général des eaux usées, des colorants, ainsi que du procédé d'adsorption et de la cellulose.

Le chapitre deux traite des méthodes expérimentales utilisées pour analyser et caractériser les matériaux utilisés, ainsi que des protocoles suivis pour leur préparation.

Le troisième chapitre présente les résultats ainsi qu'une discussion concernant l'utilisation des procédés d'adsorption pour l'élimination de divers colorants de la cellulose. Ce travail se termine par une conclusion générale qui souligne les éléments clés des résultats obtenus.

# Introduction générale

---

## Référence :

[1] H. Zoughuir HK, O. Bouras, N. Chenouf, D. Belkaiss. Traitement des eaux résiduaires colorées de l'unité de SOITEX de Boufarik par adsorption sur argiles modifiées. Procédés PdlècMdGd, editor1998.

[2] : Sakr.F, et Sennaoui.A Et Elouardi.M et Tamimi.M et Assabbane.A, Étude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de Cactus (Adsorption study of Methylene Blue on biomaterial using cactus), J. Mater. Environ. Sci. 6 (2) 397-406, Université Ibn Zohr, Agadir. (2005).

[3] : Moursli A, Bengueddach A. JIMP10 Recueil. Journées internationales sur les matériaux poreux. Université d'Oran. (2010),155-164. 6

[4] HOUARI S. Synthèse et Caractérisation d'hydrogels à base d'ammonium quaternaire de Bromure d'ammonium de N-diméthylododécyl acrylate d'éthyle et d'acide méthacrylique. Application à la sorption de colorants organiques : le rouge de bémacide, l'orange de méthyle et le bleu de méthyle: Université d'oran 2016 . 2

### **I- les eaux usées**

Les eaux usées constituent un mélange hétérogène de substances organiques, minérales et toxiques, dans lequel des éléments étrangers s'introduisent et perdent leurs caractéristiques chimiques, physiques et biologiques, les rendant ainsi inadaptées à l'usage par les humains, les animaux et même les végétaux. Ce type de déchet liquide est généré par les activités domestiques, agricoles et industrielles d'un individu, et nécessite un traitement dans une station d'épuration.[21]



Figure 1: les eaux usées domestiques

#### **I-1-Catégories d'eaux usées**

On distingue quatre catégories principales : les eaux usées domestiques, les eaux usées industrielles et les eaux pluviales et les eaux usées agricoles .

##### *A-les eaux usées domestique*

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, et en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux [24].

## Partie : bibliographique

---

### *b-les eaux usées industrielles*

Elles se distinguent nettement des eaux usées domestiques en raison des différences de caractéristiques propres à l'industrie. Elles contiennent diverses substances chimiques, tant organiques que métalliques. On y trouve des graisses provenant des industries agroalimentaires et de l'équarrissage, des hydrocarbures issus des raffineries, des métaux liés aux traitements de surface et à la métallurgie, ainsi que des acides, des bases et divers produits chimiques provenant d'industries chimiques variées. De plus, elles peuvent inclure de l'eau chaude provenant des circuits de refroidissement des centrales thermiques et des matières radioactives issues des centrales nucléaires et du traitement des déchets radioactifs [23].

### *C-les eaux pluviales*

Elles peuvent également être à l'origine de pollutions significatives des rivières, surtout lors des épisodes orageux. L'eau de pluie absorbe des impuretés en entrant en contact avec l'air (comme les fumées industrielles) et, en s'écoulant, elle entraîne des résidus accumulés sur les toits et les routes urbaines (tels que les huiles usées, les carburants, etc.). De plus, dans un système d'assainissement qualifié de "unitaire", les eaux pluviales se mélangent aux eaux usées domestiques[25].

### *D-Les eaux usées agricoles*

L'agriculture est une source importante de pollution de l'eau car elle fournit des engrais et des pesticides, et elle est la principale cause de propagation de la pollution. Où l'eau agricole provenant des terres cultivées est chargée de nitrates et d'engrais phosphatés sous forme ionique ou en quantité telle que le sol ne la retient pas, ce qui conduit à sa consommation par les plantes. Les aquifères les moins profonds sont des ruisseaux ou des réservoirs[22.]

## **I-2-Impacts du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate**

Lorsque des eaux usées non traitées ou partiellement traitées sont rejetées dans l'environnement, cela entraîne la contamination des eaux de surface, du sol et des eaux souterraines. Une fois déversées dans les cours d'eau, ces eaux usées se dispersent et se déplacent vers l'aval ou s'infiltrent dans les nappes phréatiques, ce qui peut altérer la qualité

## Partie : bibliographique

(et donc la disponibilité) des ressources en eau douce. En fin de compte, l'océan est souvent le point d'arrivée final des eaux usées déversées dans les rivières et les lacs.

L'impact du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de manière inadéquate peut être divisé en trois catégories distinctes. Premièrement, il y a les conséquences néfastes sur la santé qui sont liées à une diminution de la qualité de l'eau. Ensuite, il y a les effets environnementaux négatifs qui résultent de la détérioration des ressources en eau et des écosystèmes. Enfin, il y a les répercussions potentielles sur les activités économiques[1].



Figure 2 : Schéma d'une station d'épuration / assainissement collectif

### I-3-Caractéristiques des eaux usées

Les eaux usées présentent des caractéristiques qui diffèrent selon les industries. Ainsi, les spécificités de chaque type d'eau usée influenceront le choix des méthodes de traitement nécessaires pour respecter les normes de rejet.

Plutôt que d'examiner individuellement chaque substance en raison de la diversité des polluants présents, il est courant de regrouper les polluants ayant des effets similaires en catégories de polluants ou de caractéristiques[2].

### I-4-Les paramètres physico-chimiques

- **Température** : Il s'agit d'une caractéristique physique essentielle qui joue un rôle crucial dans la solubilité des sels et surtout des gaz, ainsi que dans la détermination du pH pour identifier l'origine de l'eau et des éventuels mélanges. Mesurer cette caractéristique est indispensable pour déterminer le champ de densité et les courants. En général, la température des eaux de surface est influencée par la température de l'air, en particulier lorsque leur source est peu profonde[3].

## Partie : bibliographique

---

- **PH** : Le pH est défini comme le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions hydrogène (H<sup>+</sup>). Il peut être inférieur ou supérieur à 7, ce qui indique si une solution est acide ou basique. Bien qu'il n'ait pas de signification directe en termes d'hygiène, le pH joue un rôle crucial dans l'évaluation de l'acidité de l'eau et la précipitation des éléments dissous[3.]
- **Conductivité électrique (CE)** : La conductivité électrique est utilisée pour une évaluation rapide mais assez approximative de la minéralisation totale de l'eau[4].
- **Oxygène dissous** : L'oxygène dissous présent dans les eaux de surface provient principalement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. Sa concentration varie quotidiennement et saisonnièrement en raison de divers facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments[4].
- **Matières en suspension (MES)** : Les matières en suspension font référence à toutes les substances minérales ou organiques qui ne se dissolvent pas dans l'eau. Elles englobent les argiles, les sables, les limons, ainsi que les matières organiques et minérales de petite taille, le plancton et d'autres micro-organismes présents dans l'eau. La quantité de matières en suspension peut varier en fonction des saisons et du régime d'écoulement des eaux[4].

## II-les colorants

### II-1- Histoire

Depuis le début de l'humanité, les colorants ont été utilisés dans presque tous les secteurs, tels que la teinture, la peinture, le textile et l'habillement. Ces colorants sont principalement des composés aromatiques dérivés de plantes, comme l'indigo. En 1856, l'industrie des colorants synthétiques a vu le jour lorsque le chimiste W.H. Perkin, en tentant de synthétiser de la quinine artificielle pour traiter la malaria, a créé la première matière colorante synthétique, connue sous le nom de mauve. Suite à cette découverte, d'autres colorants ont commencé à apparaître sur le marché. Au 20<sup>ème</sup> siècle, selon Mansour et al., la production mondiale de colorants était estimée à plus de 800 000 tonnes par an[12].

### II-2- Introduction

Les colorants organiques synthétiques sont des substances utilisées dans divers secteurs industriels, notamment dans l'automobile, la chimie, la papeterie et surtout dans l'industrie textile. L'interaction entre les textiles et les colorants dépend de la structure chimique des colorants ainsi que du type de fibres sur lesquelles ils sont appliqués. Ces colorants sont souvent évacués avec les eaux usées, qui sont fréquemment rejetées directement dans les cours d'eau sans traitement préalable. Ces rejets colorés posent non seulement un problème esthétique, mais également un risque pour la santé, car de nombreux colorants sont toxiques[13].



Figure 3 : les colorants textiles

### II-3- Définition d'un colorant

Un colorant désigne une substance colorée, qu'elle soit d'origine naturelle ou synthétique, qui interagit avec l'environnement dans lequel elle est ajoutée. Ces colorants sont employés pour apporter une teinte durable à divers matériaux ou pour colorer certains produits alimentaires. Ils se caractérisent par deux propriétés essentielles : la couleur elle-même et la capacité à se fixer sur des supports solides comme les textiles, grâce à des méthodes de teinture ou d'impression[42].

### II-4- Classification des colorants

#### a- classification technologique

La classification technologique permet à l'utilisateur de comprendre comment utiliser un colorant, ses domaines d'application, ainsi que ses caractéristiques telles que sa solubilité, son affinité pour certains types de fibres ou matériaux, et le type de fixation. Il est souvent difficile d'obtenir des informations sur la composition chimique des colorants en raison de la confidentialité qui entoure cette information. Cette classification se compose de trois éléments

- le nom générique de la classe d'application
- la couleur
- le numéro d'inscription au "colour index" dans l'ordre chronologique[5].

#### b-Classification chimique

##### 1- Les colorants azoïques

Les colorants azoïques représentent la famille la plus significative, tant en termes d'application, car ils constituent plus de 50 % de la production mondiale de colorants, qu'en ce qui concerne la diversité des structures analysées. On peut classer les colorants azoïques en différentes catégories : les colorants basiques, acides, directs et réactifs solubles dans l'eau, ainsi que les azoïques dispersés et à mordant non ioniques qui ne se dissolvent pas dans l'eau[11].

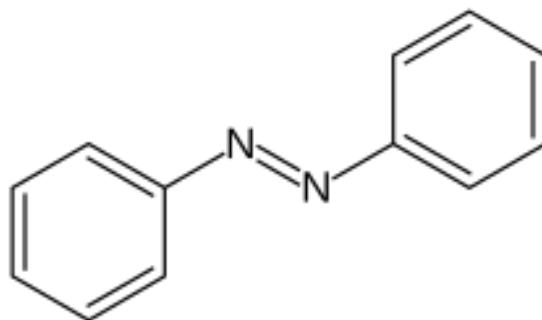


Figure 4:structure moléculaire d'un colorant azoïque

### *2-les colorants triphénylméthanés*

Les colorants triphénylméthanés proviennent du triphénylméthane, un hydrocarbure qui se compose de trois cycles phényles reliés à un atome de carbone central. Cette structure fondamentale est présente dans de nombreux composés organiques colorés. Les colorants triphénylméthanés, ainsi que leurs dérivés hétérocycliques, représentent la plus ancienne catégorie de colorants synthétiques. Bien qu'ils soient aujourd'hui moins utilisés que les colorants azoïques et anthraquinoniques, ils conservent une certaine valeur commerciale en raison de leur capacité à offrir une large gamme de nuances. Les triphénylméthanés sont largement employés dans les secteurs de la papeterie et du textile pour teindre des matériaux tels que le nylon, la laine, la soie et le coton. Leur utilisation s'étend également au domaine médical, où ils servent de marqueurs biologiques et d'agents antifongiques pour les poissons et les volailles[14].

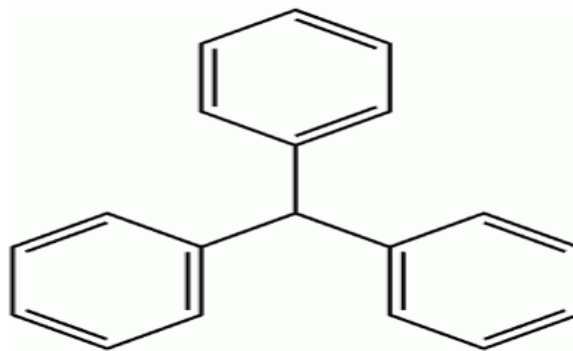


Figure 5: structure moléculaire d'un colorant triphénylméthane

### *3-les colorants indigoïtes*

Les colorants indigoïdes tirent leur nom de l'indigo dont ils sont issus. De ce fait, les homologues séléniés, soufrés et oxygénés du bleu indigo engendrent des effets hypochromes significatifs, avec des teintes variant de l'orange au turquoise. Ces colorants indigoïdes sont employés dans l'industrie textile, en tant qu'additifs dans les produits pharmaceutiques, la confiserie, ainsi que dans les diagnostics médicaux[26].

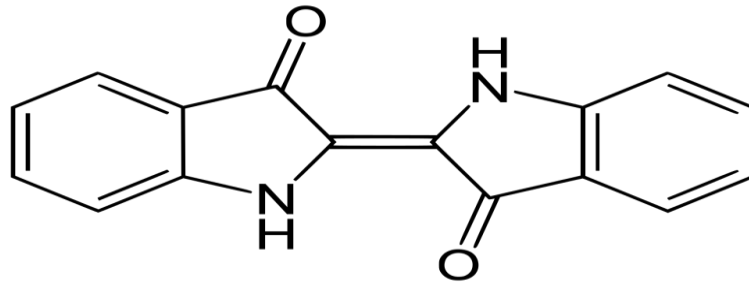


Figure 6 : structure moléculaire d'un colorant l'indigo

#### ***4-les colorants xanthines***

Ce sont des composés dérivés de la fluorescéine halogénée, caractérisés par une fluorescence intense. Leur utilisation en tant que marqueurs lors d'accidents maritimes ou comme traceurs pour les rivières souterraines est bien reconnue. De plus, ils trouvent également des applications en tant que colorants dans les secteurs alimentaire, cosmétique, textile et d'impression[14].

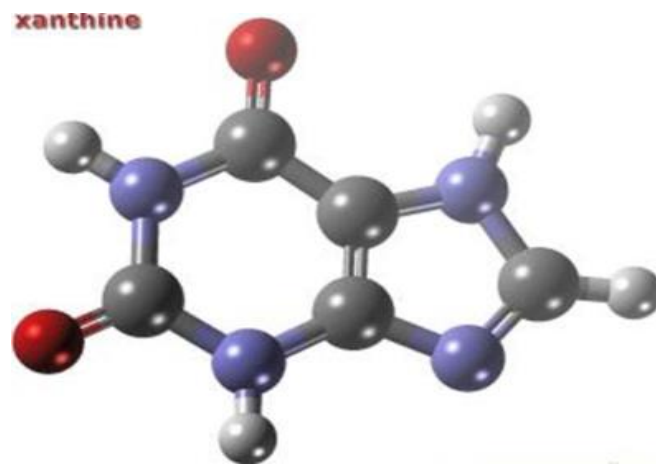


Figure 7: Structure moléculaire d'un colorant xanthène

#### ***5-Les colorants nitrés et nitrosés***

Les colorants nitrés et nitrosés constituent une catégorie de colorants qui est à la fois restreinte en nombre et relativement ancienne. Ils continuent d'être utilisés aujourd'hui en raison de leur coût très abordable, qui s'explique par la simplicité de leur structure moléculaire, marquée par

## Partie : bibliographique

---

la présence d'un groupe nitro (-NO<sub>2</sub>) en position ortho d'un groupement électrodonneur tel qu'un hydroxyle ou des groupes aminés[16].

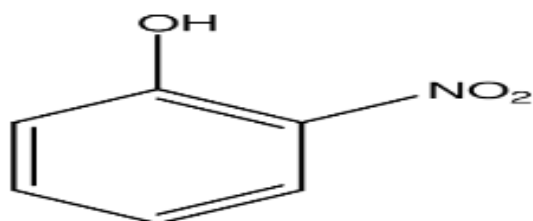


Figure 8 : Structure moléculaire d'un colorant nitré et nitrosé

### *6-Les colorants anthraquinoniques*

D'un point de vue commercial, ils sont les plus significatifs après les colorants azoïques. Les formules générales qui en découlent de l'anthracène révèlent que le chromophore est un noyau quinonique, auquel peuvent se lier des groupes hydroxyles ou amino[15].

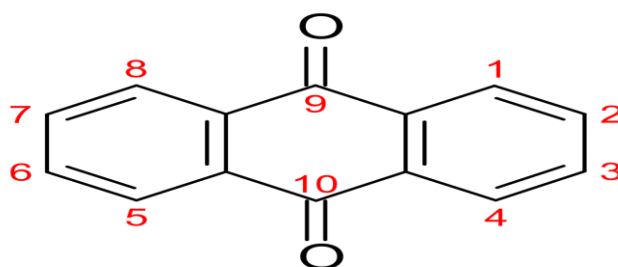


Figure 9 : La molécule anthraquinone

### *7-la phtalocyanine*

Les phtalocyanines ont une structure complexe possédant un atome métallique central. Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt, etc.)[14].

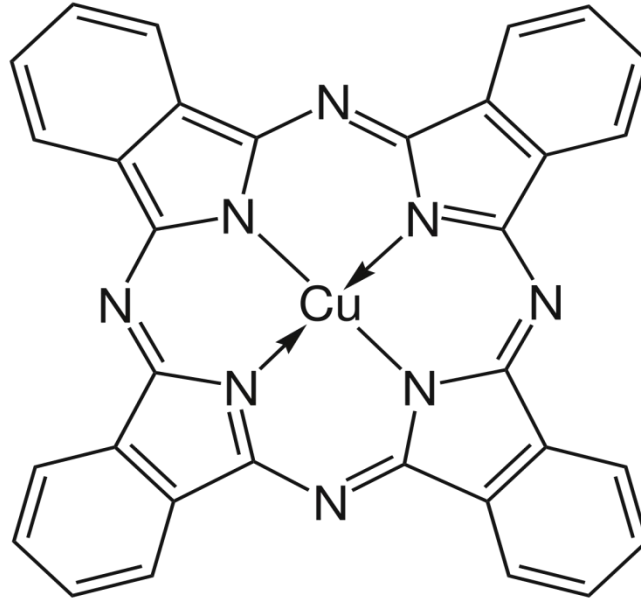


Figure 10: structure moléculaire d'un colorant phtalocyanine

## II-5- Les types des colorants

### ✚ *LES COLORANTS POUR BAINS AQUEUX*

Il existe une variété de colorants utilisés pour teindre à la fois des matières naturelles et artificielles. Le choix du colorant approprié dépend de la composition spécifique du textile à teindre. En cas de textile composé de deux fibres ou plus d'origines différentes, il est essentiel de veiller à ce que aucune des fibres ne soit endommagée lors du processus de teinture [9] .

### ✚ *LES COLORANTS DISPERSÉS*

Les colorants dispersés présentent une faible solubilité dans l'eau et sont utilisés sous forme d'une poudre fine qui se disperse dans le bain de teinture. Lors d'un processus de teinture à haute température, ils peuvent pénétrer dans les fibres synthétiques et s'y fixer [27][28].

### ✚ *Les colorants basiques ou cationiques*

Les colorants basiques ou cationiques sont des sels d'amines organiques, ce qui les rend facilement solubles dans l'eau. Ces colorants établissent des liaisons entre les parties chargées positivement des colorants et les parties chargées négativement des fibres. Alors qu'ils étaient en voie de disparition dans le domaine de la teinture de la laine et de la soie, ces colorants ont regagné en popularité avec l'avènement des fibres acryliques. Ces dernières leur permettent de produire des teintes très vives et résistantes[7].

### ✚ *Les colorants acides ou anioniques*

Les colorants basiques ou cationiques sont des sels d'amines organiques, ce qui leur confère une bonne solubilité dans l'eau. Ces colorants établissent des liaisons entre les sites cationiques qu'ils possèdent et les sites anioniques présents sur les fibres. Initialement utilisés pour teindre la laine et la soie, ces colorants ont suscité un regain d'intérêt avec l'avènement des fibres acryliques. Ces dernières permettent d'obtenir des nuances très vives et résistantes lorsqu'elles sont teintées avec ces colorants[6].

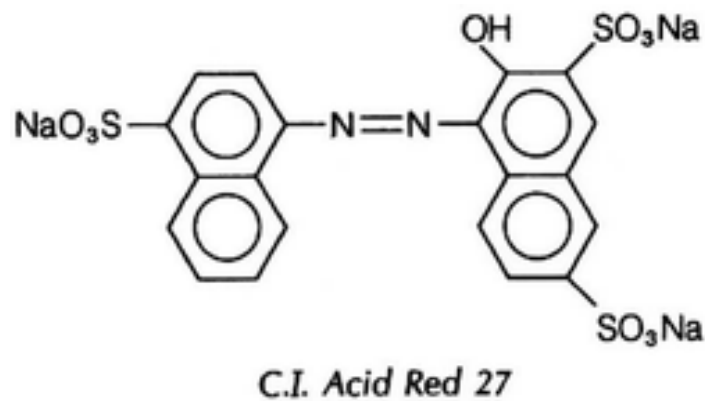


Figure11 : structure d'un colorant anionique

### ✚ *les Colorants à mordant*

Les colorants à mordants illustrés dans la (Figure13) possèdent généralement un ligand fonctionnel qui peut interagir de manière significative avec un sel d'aluminium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de nickel ou de fer, formant ainsi divers complexes colorés avec le textile[29].

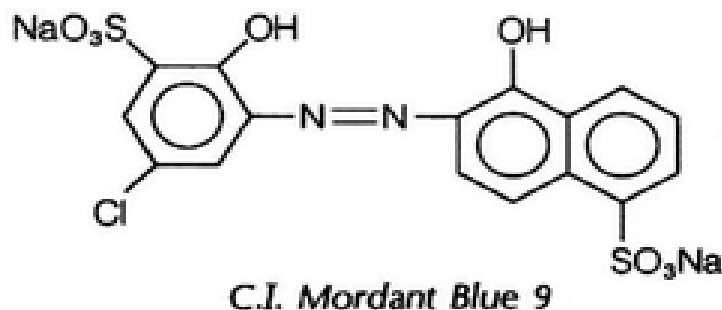


Figure12: structure d'un colorant à mordant

### ✚ *Les colorants réactifs*

Les colorants réactifs se composent de groupes chromophores principalement issus des familles azoïques, anthraquinoniques et phtalocyanines. Leur nom provient de la présence d'une fonction chimique réactive, telle que triazinique ou vinylsulfone, qui permet d'établir une liaison covalente solide avec les fibres. Étant solubles dans l'eau, ils sont utilisés pour teindre le coton et, éventuellement, la laine ainsi que les polyamides[29].

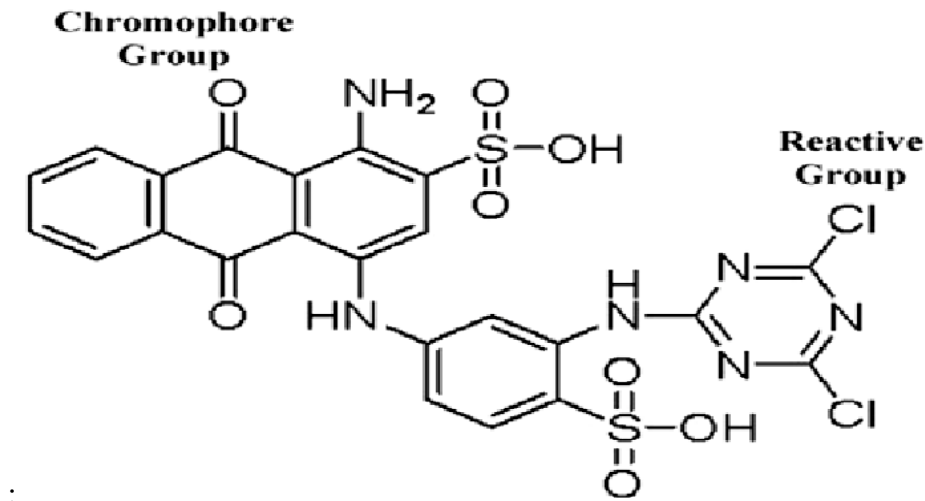


Figure 13: Structure du colorant bleu réactif 4

### ✚ *colorant direct*

Ils sont solubles dans l'eau et montrent une forte affinité pour les fibres cellulosiques. Cette affinité résulte de leur structure linéaire et de la coplanarité des noyaux aromatiques. Par conséquent, le rouge Congo peut teindre le coton directement sans nécessiter de mordant. De plus, ils offrent une large gamme de couleurs et sont faciles à appliquer. Cependant, ils possèdent une faible résistance à l'humidité[43].

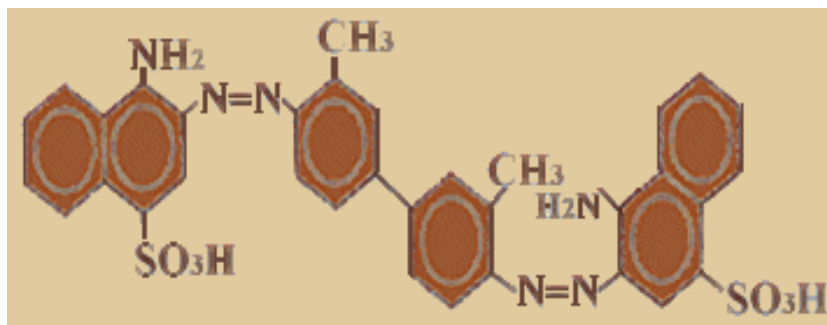


Figure14 : colorant azoïque direct dérivé du benzène

### II-6-Impact des colorants textiles sur l'environnement

Les colorants utilisés dans l'industrie textile peuvent exercer des effets notables sur l'écosystème, tant de manière directe qu'indirecte(30) . Il est possible d'observer une pression accrue sur les ressources naturelles et une augmentation des émissions de gaz à effet de serre en raison de la consommation importante d'eau et d'énergie liée au processus de teinture(31). Les procédés de teinture peuvent causer une pollution de l'eau, de l'air et la production de déchets solides. Les colorants rejetés dans les cours d'eau peuvent présenter une toxicité pour les organismes aquatiques, tandis que les émissions atmosphériques peuvent renfermer des composés organiques volatils nuisibles(32) .

### III- Traitement des eaux usées

#### III-1 Les techniques purification des eaux usées

Le traitement des eaux usées se déroule en plusieurs phases : le traitement primaire, le traitement secondaire et le traitement tertiaire. Beaucoup de stations d'épuration des eaux usées municipales se focalisent principalement sur les deux premières étapes, tandis que certaines intègrent également un traitement tertiaire. Chaque station de traitement peut adopter un processus particulier qui lui est propre.

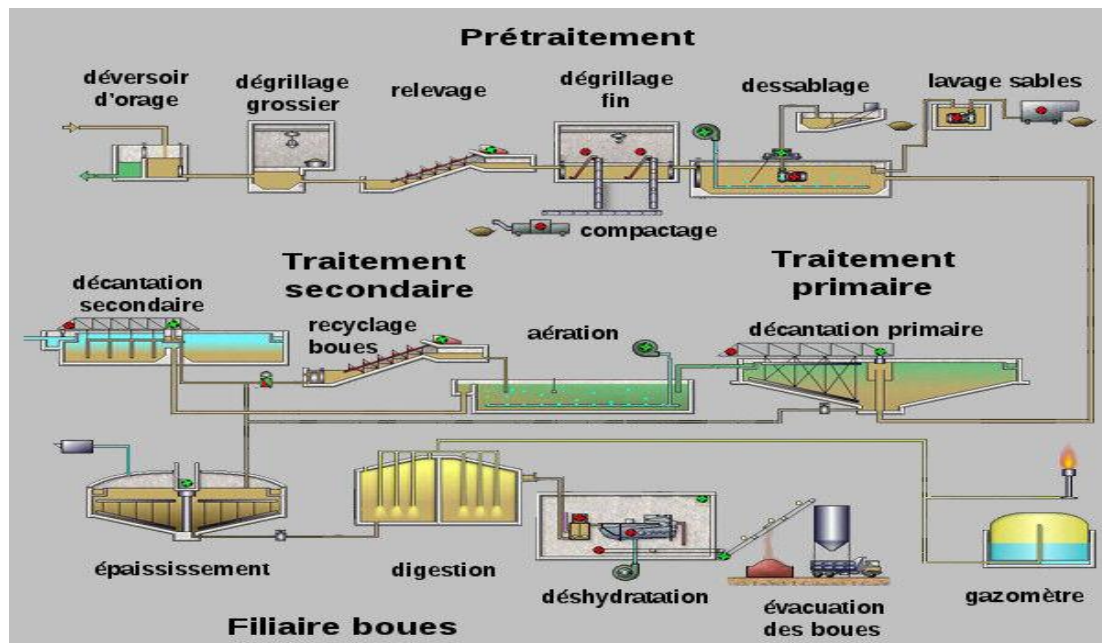


Figure 15: schéma d'un traitement des eaux usées

### 1) Prétraitement

Les prétraitements sont essentiels au bon fonctionnement de la station. Ils consistent en un traitement de dégrossissage, visant à séparer les éléments les plus volumineux et ceux qui pourraient entraver les étapes de traitement, telles que le dégrillage, le dessablage et le déshuilage[34].

#### Le dégrillage

Les dégrilleurs jouent un rôle essentiel dans la protection des équipements électromécaniques et contribuent à diminuer les risques de colmatage des conduites installées dans la station d'épuration. Ils consistent généralement en des grilles qui capturent les déchets de tailles variées entraînés par les eaux s'écoulant dans les réseaux d'assainissement. Le marché propose une large gamme de grilles (droites, courbes, nettoyage en amont, en aval, etc.)[35].

#### Le dessablage

Il est essentiel d'éliminer les sables et graviers présents dans les eaux usées, car ils peuvent causer des dommages aux installations en aval, tels que l'ensablement des conduites, l'encombrement des bassins, ainsi que l'usure des pompes et d'autres composants métalliques. Pour cela, des bassins spécialement conçus permettent de les déposer au fond, facilitant ainsi leur redirection vers une fosse de collecte à l'aide d'une pompe suceuse[36].

#### Dégraissage-déshuilage

Le dégraissage a pour objectif d'éliminer la graisse présente dans les eaux usées, car celle-ci peut nuire à l'efficacité des traitements biologiques qui suivent. Ce processus se réalise par flottation. L'air est injecté au fond de l'installation, ce qui permet aux matières grasses de remonter à la surface. Une fois à la surface, les graisses sont raclées et ensuite stockées avant leur élimination[37].

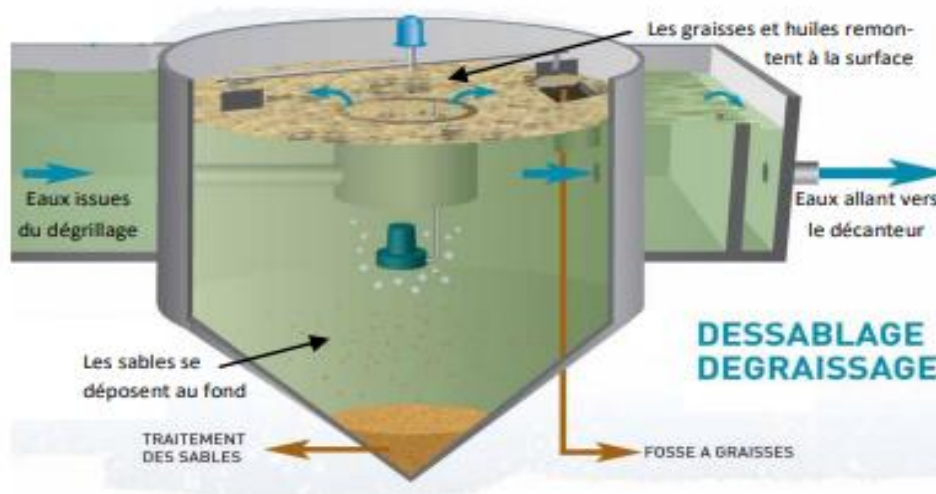


Figure16: Dégraissage /désuage

### 2)traitement primaire

Le traitement primaire permet d'éliminer plus de la moitié des matières en suspension et constitue une étape de pré-épurations significative, bien qu'elle ne soit pas suffisante pour assurer la qualité des rejets dans le milieu naturel. Ce processus utilise divers procédés physiques ou chimiques. Les matières en suspension se déposent au fond en raison de leur densité supérieure à celle de l'eau. La décantation classique peut se réaliser lorsque les eaux prétraitées stagnent dans un bassin de décantation primaire. Les matières en suspension, qu'elles proviennent des eaux usées ou de leur épuration, se déposent au fond du bassin par simple gravité, où elles sont ensuite raclées et évacuées, formant ainsi les boues primaires[38].

À l'issue de ce processus, la décantation de l'eau a permis d'éliminer environ 60 % des matières en suspension, ainsi qu'environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30 % de la demande chimique en oxygène (DCO). La réduction de la DBO5 était principalement due à la présence de matières en suspension. La charge organique à traiter est ainsi réduite en conséquence. Les matières éliminées s'accumulent au fond du décanteur, formant un lit de boues désigné sous le terme de boues primaires[39].

### 3) Traitement secondaire

Quel que soit le procédé utilisé, le principe de l'épuration biologique repose sur l'emploi de microorganismes pour métaboliser la pollution organique soluble et colloïdale. En fonction des microorganismes présents, l'épuration peut se faire par un processus aérobie, nécessitant de l'oxygène, ou par un processus anaérobie. Le choix entre ces deux méthodes dépend principalement de la charge polluante que l'installation peut traiter et du niveau de technicité acceptable pour des effluents caractérisés par de forts débits et de faibles concentrations de pollution organique[41]. Le processus aérobie est généralement le plus adapté, l'intensité du transfert d'oxygène étant l'un des paramètres clés[41].

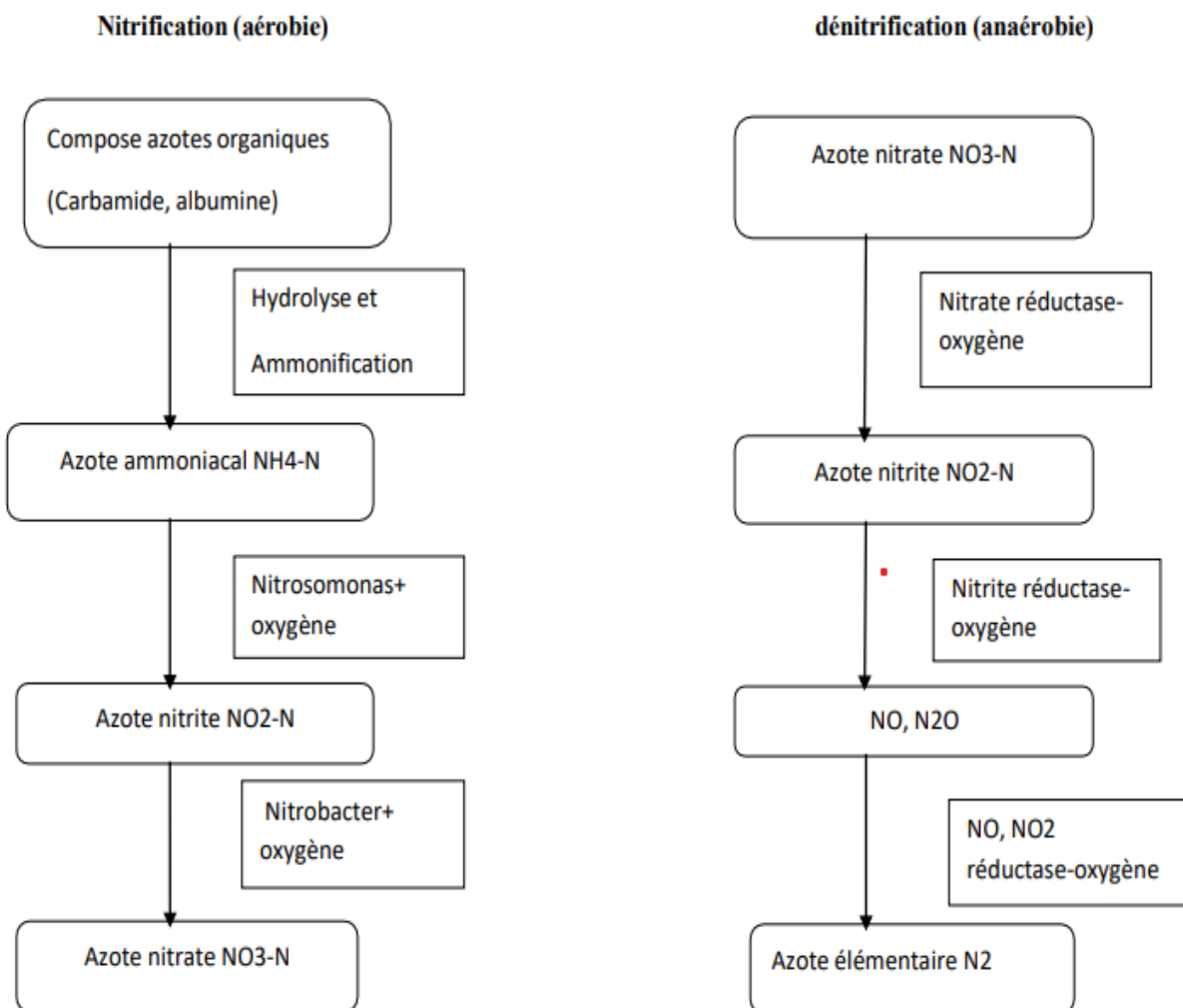


Figure 17 : processus de décomposition lors de l'élimination de l'azote [33]

### 4)traitements tertiaires

Les traitements tertiaires visent à éliminer les substances indésirables afin d'atteindre un niveau de qualité prédéfini. Par exemple, dans le cadre de la réutilisation pour l'irrigation maraîchère (production de fruits et légumes sans traitement thermique industriel), il est essentiel d'éliminer en priorité les pathogènes tout en préservant les éléments nutritifs. En revanche, pour une réutilisation en milieu urbain ou pour la recharge des nappes phréatiques, il est nécessaire de retirer l'azote et le phosphore afin de prévenir tout risque d'eutrophisation[40] .



Figure18: traitement tertiaire des eaux usées

### III-2-Le rôle des traitements les eaux usées

Le traitement des eaux doit être effectué pour protéger l'environnement, préserver la santé publique et potentiellement valoriser les eaux épurées ainsi que les boues provenant du processus de traitement[8].

### IV-Adsorption

#### IV-1- Définition

L'adsorption est un processus par lequel des molécules présentes dans une phase fluide (qu'il s'agisse d'un liquide ou d'un gaz), appelées adsorbats, se déposent sur une surface solide, désignée comme adsorbant. Les différents composants d'un mélange ne s'adsorbent pas de manière uniforme, ni en termes de vitesse ni en termes de quantité, ce qui conduit à un phénomène de séparation[17].

## Partie : bibliographique

Le terme adsorption a été introduit pour la première fois par Kayser en 1881 afin de faire la distinction entre la condensation d'un gaz à la surface et l'absorption, où les molécules de gaz pénètrent dans le volume du matériau. L'adsorption à l'interface entre un soluté et un solide est un phénomène, qu'il soit physique ou chimique, par lequel des molécules présentes dans un effluent liquide ou gazeux se fixent à la surface d'un solide. Ce phénomène dépend à la fois de l'interface concernée et des propriétés physico-chimiques de l'adsorbant. Il résulte de la présence de forces à la surface du solide, qui peuvent être de nature physique ou chimique [18].

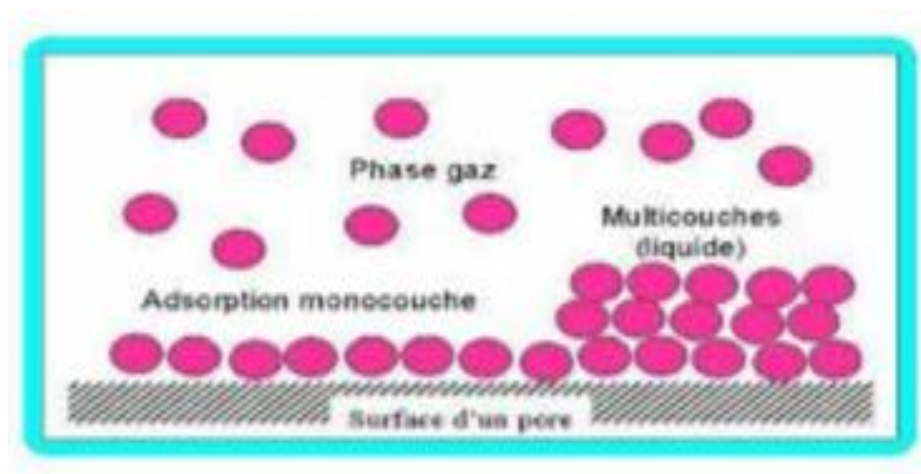


Figure 19: schéma simplifié de phénomène d'adsorption

### IV-2- Principe

Le principe de l'adsorption repose sur la capacité des solides à retenir des molécules, qu'elles soient gazeuses ou liquides, sur leur surface. Les molécules qui se fixent sont désignées sous le terme de solutés ou adsorbats, tandis que les solides sont appelés adsorbants. La surface de l'adsorbant se compose de la surface externe ainsi que de la surface interne, et plus le réseau de pores et d'espaces à l'intérieur de l'adsorbant est développé, plus sa capacité d'adsorption est élevée. La surface joue un rôle crucial[58].

### IV-3-Différents types d'adsorption

Il existe deux catégories de phénomènes d'adsorption : l'adsorption physique (La physisorption) , et la chimisorption, qui est définie comme l'adsorption d'un gaz par des adsorbants spécifiques.

### IV-3-1 Adsorption physique (La physisorption)

Il s'agit d'une adsorption de nature physique, qui se produit lorsque les forces maintenant l'adsorbant sur une couche à la surface de l'adsorbant sont comparables aux forces de Van der Waals. Ce type d'adsorption se distingue par plusieurs caractéristiques :

- La rapidité avec laquelle l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide est atteint.
- Une chaleur d'adsorption qui est à peu près équivalente à la chaleur de liquéfaction du gaz adsorbé.
- Une réversibilité relativement aisée et un manque de spécificité.

Ce phénomène repose principalement sur la condensation de molécules à la surface du solide, et il est favorisé par une diminution de la température[18].

### IV-3-2 Adsorption chimique (Chimisorption)

Il s'agit d'une adsorption de nature chimique, résultant des forces de liaison chimiques, qui sont nettement plus fortes que les forces de Van der Waals, impliquant un partage ou un transfert d'électrons. Cela entraîne des ruptures et des formations de liaisons chimiques à la surface entre le réactif et les sites actifs de l'adsorbant.

La chimisorption se distingue par plusieurs caractéristiques :

- Un équilibre qui met du temps à se stabiliser entre la phase adsorbée et le milieu fluide.
- Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température.
- Une chaleur libérée lors de l'adsorption qui est comparable aux chaleurs de réaction, variant de 40 à 100 kJ/mol, et qui est environ dix fois plus élevée que celle de l'adsorption physique.
- Un caractère non réversible.
- Une spécificité marquée, signifiant que certains adsorbats se fixent sur un adsorbant particulier.

L'enthalpie associée à la chimisorption est supérieure à celle de la physisorption, avec des valeurs généralement autour de 200 kJ/mol[19].

**IV-4-Différence entre la physisorption et la chimisorption**

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Type de liaison	Liaison de Van Der Waals	Liaison chimique
Température du processus	Relativement faible Comparée à la température d'ébullition de l'adsorption	Destruction de l'individualité des molécules
Chaleur d'adsorption	Inférieure à 10 kcal/mole	Supérieure à 10 kcal/mole
Cinétique	Rapide	Très lente
Désorption	Facile	Difficile

**Tableau 1: comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique**

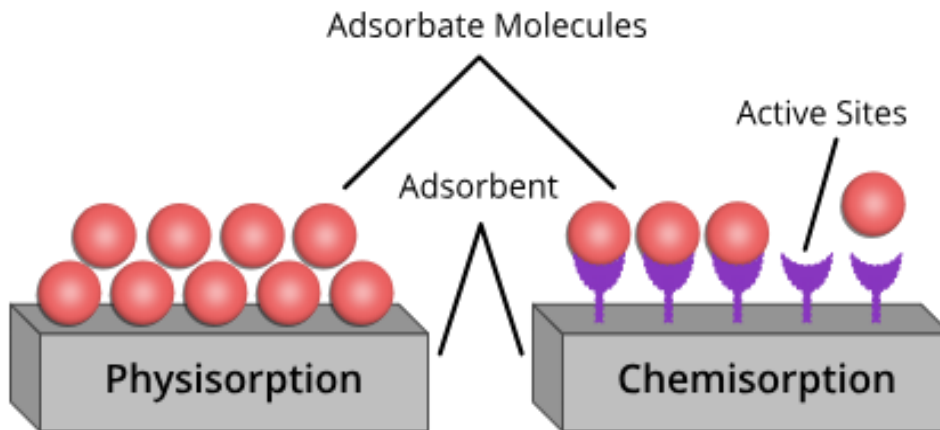


Figure20: Différence entre la physisorption et la chimisorption

**IV-5-Caractéristiques de l'Adsorption**

L'adsorption est influencée par divers facteurs qui peuvent être ajustés pour améliorer le processus :

- **Température** : L'adsorption physique se produit à des températures basses (phénomène exothermique), tandis que l'adsorption chimique nécessite des températures plus élevées (phénomène endothermique). Il est donc essentiel de déterminer la température du processus dès le début[44].

## Partie : bibliographique

---

- ***PH*** : Le pH constitue un élément clé dans toute recherche sur l'adsorption, car il peut affecter tant la structure de l'adsorbant que celle de l'adsorbat, ainsi que le processus d'adsorption lui-même[45].

- ***Surface Spécifique*** : Elle est caractérisée par sa surface par unité de masse (exprimée en  $m^2/g$ ). La quantité de substance adsorbée croît avec l'augmentation de la surface d'adsorption. Pour obtenir un effet d'adsorption significatif, il est essentiel que la surface de l'adsorbant soit aussi grande que possible[20].

### **IV-6- Mécanisme d'adsorption**

L'adsorption est un processus couramment utilisé pour éliminer un colorant et possède également une large application dans le traitement des eaux usées. La séparation par adsorption repose sur une adsorption sélective (thermodynamique et/ou cinétique) des polluants, appelés adsorbats, par un adsorbant. Cela se produit grâce à des interactions spécifiques entre la surface du matériau et les substances adsorbées : il s'agit d'un simple transfert de masse de la phase liquide vers la surface du solide, et ce processus se déroule en plusieurs étapes.

- Diffusion externe : cela fait référence au transfert du soluté (un colorant) de la solution vers la surface externe des grains. Le transfert de matière externe est influencé par les conditions hydrodynamiques de l'écoulement d'un fluide à travers un lit d'adsorption.

- Diffusion interne : les particules de fluide pénètrent à l'intérieur des pores. Ce phénomène dépend du gradient de concentration du soluté.

la zone en contact avec les sites actifs : elle se réfère à l'attachement des molécules à la surface des pores[18].

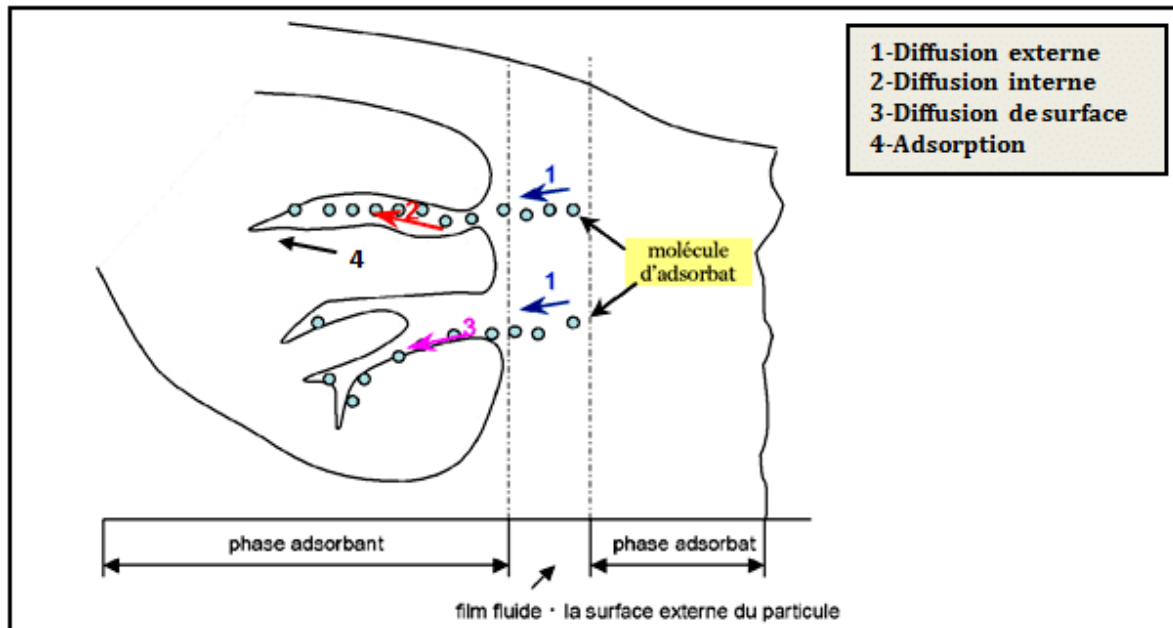


Figure 21: Mécanisme de diffusion de l'adsorbant vers l'adsorbant[51]

### IV- 7- Domaines d'application

Les diverses applications techniques de l'adsorption découlent de trois caractéristiques qui la distinguent des autres méthodes de séparation, à savoir :

- La capacité à retenir des particules très fines, telles que les colloïdes ;
- La capacité à capturer des composants à très faible concentration, comme les impuretés ou les molécules et ions métalliques qui peuvent donner au produit des couleurs, des odeurs ou des saveurs désagréables, voire une toxicité ;
- La sélectivité de l'adsorbant envers certains éléments du mélange. Parmi les applications, on peut mentionner :
  - Le séchage, la purification et la désodorisation des gaz ;
  - Le raffinage des produits pétroliers ;
  - La catalyse de contact ;
  - La déshumidification et la désodorisation de l'air ;
  - La récupération des solvants volatils et de l'alcool durant le processus de fermentation ;

## Partie : bibliographique

---

- La décoloration des liquides La chromatographie gazeuse est une méthode de séparation qui repose sur les variations de vitesse d'adsorption de différentes substances sur un adsorbant spécifique[46].

### **IV-8- L'isotherme d'adsorption**

Les phénomènes d'adsorption sont régis par des isothermes d'adsorption, qui établissent un lien entre la quantité d'adsorbat retenue par l'adsorbant, notée  $Q_e$  [mol.g-1 ou mg.g-1], et la concentration de cet adsorbat en solution à l'équilibre avec l'adsorbant, désignée  $C_e$  [mol.L-1 ou mg.L-1]. La relation obtenue est qualifiée d'isotherme d'équilibre, à condition que l'expérience soit réalisée à une température constante[47].

### **IV-9- Classification des isothermes d'adsorption**

Expérimentalement, le profil de ces isothermes peut indiquer le type d'interaction entre l'adsorbat et l'adsorbant. Selon Giles et ses collaborateurs, on distingue quatre classes principales : S (Sigmoïde), L (Langmuir), H (Haute affinité) et C (partition Constante). La figure 23 montre la forme de chaque type d'isotherme.

- Les courbes de type S se forment lorsque les molécules du soluté se lient au solide uniquement par l'intermédiaire d'un seul groupement.
- Les isothermes de type L, qui sont les plus courants, se rencontrent lorsque l'adsorption est faible et que les molécules de l'adsorbat sont disposées à plat.
- Les isothermes de type H apparaissent en cas de chimisorption du soluté.
- Les isothermes de type C se présentent sous forme de ligne droite, ce qui se produit lorsque le solvant et le soluté sont en compétition pour occuper les sites de l'adsorbant[48].

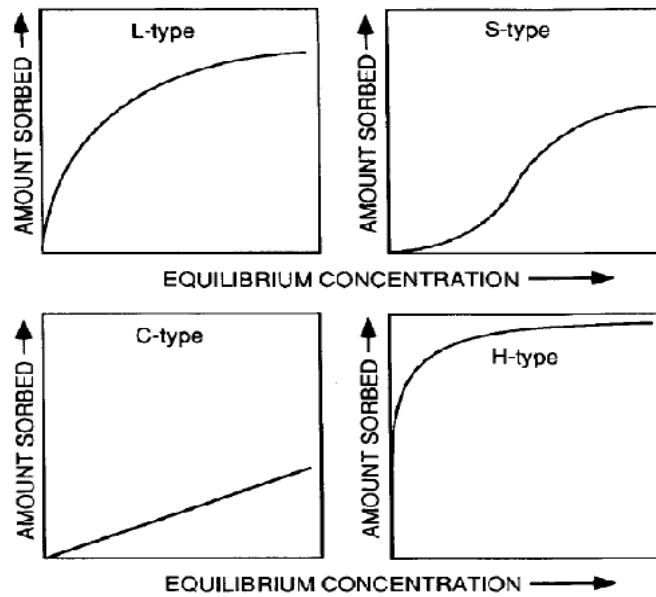


Figure 22 : Classification des isothermes d'adsorption

#### IV-10-Cinétique d'adsorption

La compréhension de la cinétique d'adsorption dans les processus reposant sur les phénomènes d'adsorption revêt un intérêt pratique majeur pour l'optimisation de l'utilisation d'un adsorbat, ainsi que pour les éléments à ajuster afin de concevoir ou d'améliorer un adsorbat permettant d'atteindre la cinétique la plus rapide envisageable[49].

##### IV-10-1 Modèles cinétiques :

Plusieurs modèles ont été développés afin d'examiner le mécanisme du processus d'adsorption d'un liquide sur la surface d'un solide, parmi ces modèles, on retient[50].

##### ➤ *Modèle de pseudo premier ordre :*

Le modèle de pseudo premier ordre a été décrit par Lagergren :

$$(dQ_t / dt) = K_1 \cdot (Q_e - Q_t) \quad (1)$$

$Q_e$  : quantité de polluant adsorbée par un gramme de solide à l'équilibre (mg/g) ;

$Q_t$  : quantité de polluant adsorbée par un gramme de solide à temps  $t$  (mg/g) ;

$K_1$  : constante de vitesse du modèle cinétique du pseudo-premier ordre ( $\text{min}^{-1}$ ).

L'intégration de l'équation (1) pour les conditions aux limites  $t=0$  à  $t$  et de  $0$  à  $Q_t$  donne [49] :

## Partie : bibliographique

---

$$\ln(Q_e - Q_t) = \ln(Q_e - K_1 \cdot t) \quad (2)$$

➤ *Modèle du pseudo-second ordre :*

L'expression du mécanisme du pseudo-second ordre est également très souvent utilisée :

$$(dQ_t / dt) = K^2(Q_e - Q_t)^2 \quad (3)$$

Où

$K_2$  est la constante de vitesse du modèle cinétique du pseudo-second ordre ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ).

L'intégration de l'équation(3) conduit à :

$$1/(Q_e - Q_t) = (1/Q_e) + (K^2 \cdot t) \quad (4)$$

Des réarrangements conduisent à plusieurs autres formes linéaires suivantes[49] :

$$(t/Q_t) = [1/(K_2 \cdot (Q_e)^2)] + (1/Q_e \cdot t) \quad (5)$$

Si cette équation est satisfaite, en traçant  $t/Q_t$  en fonction de  $t$ , nous devrions obtenir une droite dont la pente est  $1/Q_e$  et l'ordonnée à l'origine est égale à  $1/k_2 q_e^2$ . La constante de vitesse de pseudo-second ordre est utilisée pour déterminer la vitesse initiale de sorption  $h$  ( $\text{mg/g min}$ ) en appliquant l'équation suivante:

$$h = k_2 q_e^2 \quad (6)$$

## V – Cellulose

### V-1-histoire

La cellulose a été identifiée en 1838 par Anselme Payen, qui l'a extraite de la matière végétale et a établi sa formule chimique [53] [54].

En 1870, la Hyatt Manufacturing Company a été la première à utiliser la cellulose pour créer un thermoplastique, connu sous le nom de celluloïd. La production de viscose, une forme de soie artificielle, a débuté dans les années 1890, tandis que le cellophane a été mis au point en 1912. En 1920, Hermann Staudinger a élucidé la structure des polymères de cellulose. Pour la première fois, ce composé a été synthétisé sans l'utilisation d'enzymes en 1992 par Kobayashi et Shoda[55].

### V-2- Définition

La cellulose est le polymère naturel le plus répandu sur notre planète. Cette macromolécule est principalement générée par le processus biochimique de la photosynthèse. On estime que sa production annuelle se situe entre 1011 et 1012 tonnes. Les molécules de cellulose se retrouvent dans toutes les espèces végétales sous forme de fibrilles, avec des proportions très variées. Dans le bois, qu'il soit résineux ou feuillu, la cellulose représente entre 40 et 50 % de la masse sèche, tandis que les fibres de coton en contiennent entre 85 et 95 %.[56]. Les fibrilles de cellulose jouent un rôle crucial dans le soutien et la protection des parois cellulaires des plantes. Ce polysaccharide est également produit par une bactérie à travers un processus distinct. De plus, on peut observer de la cellulose sous une forme hautement cristalline dans certaines espèces d'algues[57].

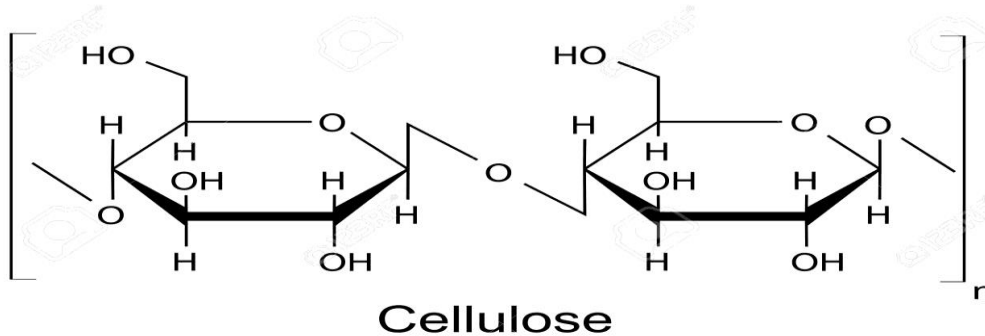


Figure23: structure de la cellulose

### V-3- Propriété

#### V- 3-1 Propriétés chimiques

Insoluble dans l'eau ainsi que dans la majorité des solvants.

Réactive en raison des groupes hydroxyles (-OH).

Chimiquement stable, à l'exception des environnements acides concentrés ou des bases forte [64].

#### V-3-2 Propriétés physiques

Matériau fibreux : présentation allongée et délicate.

Excellente résistance mécanique : ferme et robuste.

## Partie : bibliographique

Cristallin : présente des régions organisées (cristallines) et désorganisées (amorphes)[64].

### V-3-3 Propriétés biologiques

Biocompatibilité : ne présente pas de toxicité pour les cellules vivantes.

Biodégradabilité : décomposition par l'action d'enzymes (cellulases)[65].

## V-4 Structure

### La structure moléculaire

La cellulose est un homopolymère linéaire composé d'unités de  $\beta$ -D-glucopyranose reliées par des liaisons glycosidiques  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4). Chaque unité de glucose est orientée à 180° par rapport à celle qui la suit, créant des motifs répétés appelés cellobiose. Cette configuration favorise un alignement linéaire des chaînes et la création de liaisons hydrogène, tant inter-qu'intramoléculaires, ce qui confère à la cellulose une grande stabilité et une faible solubilité[61].

Les groupes hydroxyles des résidus de glucose, situés en positions équatoriales, facilitent la formation de liaisons hydrogène, ce qui renforce la cohésion entre les chaînes[62].

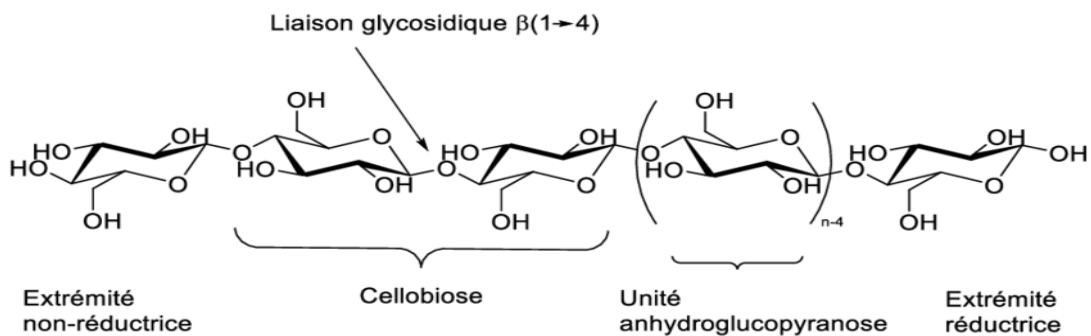


Figure 24: Représentation de la structure moléculaire de la cellulose

### Structure supramoléculaire

Les polymères non ramifiés constituent des chaînes qui peuvent s'assembler entre elles, en formant des ponts hydrogène, pour créer des structures rigides et allongées appelées microfibrilles, composées d'environ 1 500 molécules par fibre. L'orientation en arrangement parallèle est déterminée par les extrémités réductrices et non réductrices des polymères. La

molécule est étirée, car les liaisons sont disposées de manière équatoriale, ce qui permet une extension optimale[52].

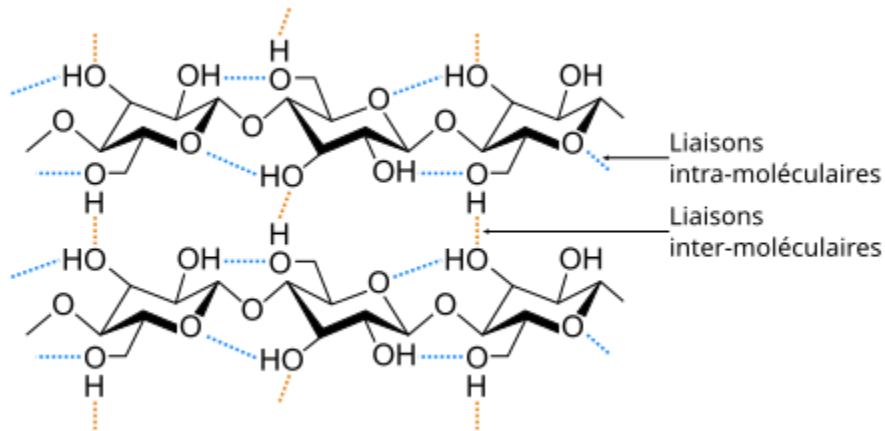


Figure 25:Liaisons hydrogène entre molécules de cellulose.

### V-5- Cristallinité de cellulose

La cellulose possède une structure qualifiée de semi-cristalline, qui varie entre une géométrie parfaitement organisée, appelée cristalline, et une géométrie aléatoire et désorganisée, désignée comme amorphe (Figure 26). De plus, les liaisons hydrogène sont beaucoup plus abondantes dans la zone cristalline, tandis que la zone amorphe résulte de la rupture complète des liaisons hydrogène intermoléculaires et d'une rupture partielle des liaisons hydrogène intramoléculaires[59].

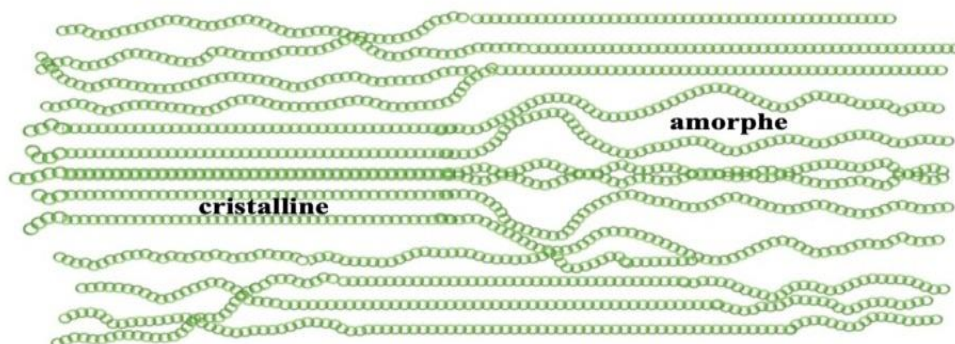


Figure26: Représentation schématique des microfibrilles de cellulose montrant à la fois la présence de régions cristallines organisées (ordre) et de régions amorphes (désordre). [60]

### V-6- Utilisations de la cellulose

La cellulose est une substance naturelle employée dans de nombreux domaines.

- ✚ Le coton, qui est composé de cellulose, est utilisé pour la confection de vêtements.
- ✚ Dans l'industrie alimentaire, la gomme de cellulose permet d'épaissir des produits comme les glaces.
- ✚ Dans le secteur pharmaceutique, la cellulose facilite la dissolution rapide des médicaments.
- ✚ Elle est également utilisée dans la production de papier.
- ✚ De plus, elle est employée pour créer des plastiques respectueux de l'environnement.
- ✚ Enfin, la cellulose est utilisée pour l'isolation des habitations afin de conserver la chaleur.

### I-Introduction

Ce travail a été mené dans les laboratoires de chimie de l'université Ain Témouchent \_Belhadj Bouchaib. Cette section présente la méthodologie expérimentale ainsi que le matériel utilisé.

Le principal objectif de cette étude de recherche est de : identifier les facteurs qui restreignent l'adsorption des colorants textiles par la cellulose.

Nous avons testé deux colorants afin d'évaluer la capacité d'adsorption de la cellulose .

### II-Matériels et équipements

Nous avons utilisé un spectrophotomètre UV-visible et la Spectroscopie infrarouge.

béchers, des éprouvettes, des erlenmeyers, des entonnoirs, du papier filtre, un buchner, une pipette et un agitateur magnétique.

### III-Produits chimiques

Il s'agit des réactifs mentionnés ci-dessous qui ont été utilisés dans les expériences réalisées pour cette étude : Le sodium hydroxyde avec une pureté de 99% et la formule brute NaOH., fourni par Sigma-Aldrich ; Le chlorure d'hydrogène avec une pureté de 99% et la formule brute HCl, fourni par Sigma-Aldrich .

### IV-Adsorbants utilisés

Nous avons utilisé un biosorbant naturel dans nos expériences : La cellulose est un polysaccharide et constitue le principal composé des cellules végétales . Elle est fournie par Sigma-Aldrich .

### V-Les Colorants utilisés

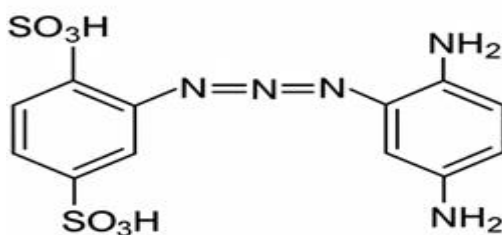


Figure 27 : colorant jaune bézanyl

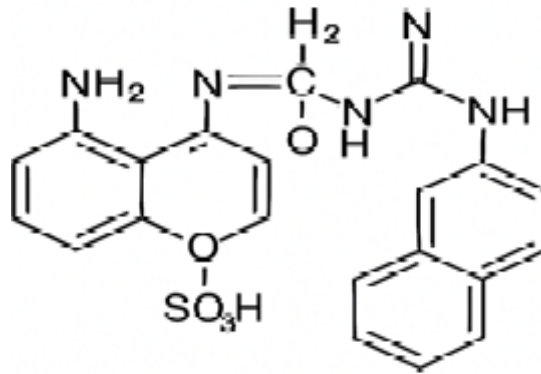


Figure 28 : Colorant noir cibanone

### Loi de Beer-Lambert

La loi de Beer-Lambert, également connue sous le nom de loi de Beer-Lambert-Bouguer en français et de loi de Beer dans la littérature anglo-saxonne, est une relation empirique qui explique comment la lumière est atténuée en fonction des propriétés du milieu traversé et de l'épaisseur traversée.

Selon la loi de Beer-Lambert, l'absorbance ( $A$ ) d'une solution est directement proportionnelle à la concentration ( $c$ ) de la solution et à la longueur ( $l$ ) du trajet parcouru par la lumière travers la solution. Ainsi, la formule qui régit cette relation est :  **$A = \epsilon l c$**

La première étape consiste à analyser les propriétés spectrophotométriques UV-visible du colorant, en identifiant la longueur d'onde maximale ( $\lambda_{\max}$ ) correspondant à l'absorbance maximale. Ensuite, il est essentiel de vérifier la validité de la loi de Beer-Lambert sur une plage de concentrations. Pour déterminer la valeur de  $\lambda_{\max}$  du colorant, une courbe d'absorbance en fonction de la longueur d'onde a été tracée, et les résultats obtenus sont présentés dans les figures 29, 30 :

## Partie II : expérimentale

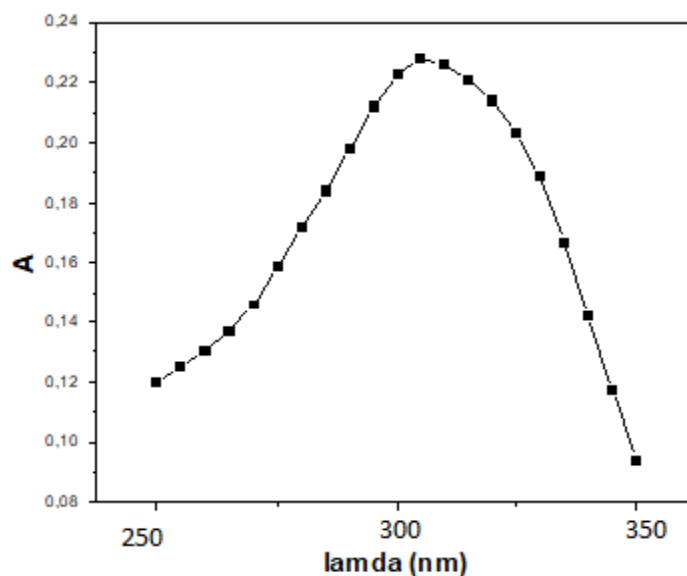


Figure 29: Détermination de  $\lambda_{\max}$  du noir cibane

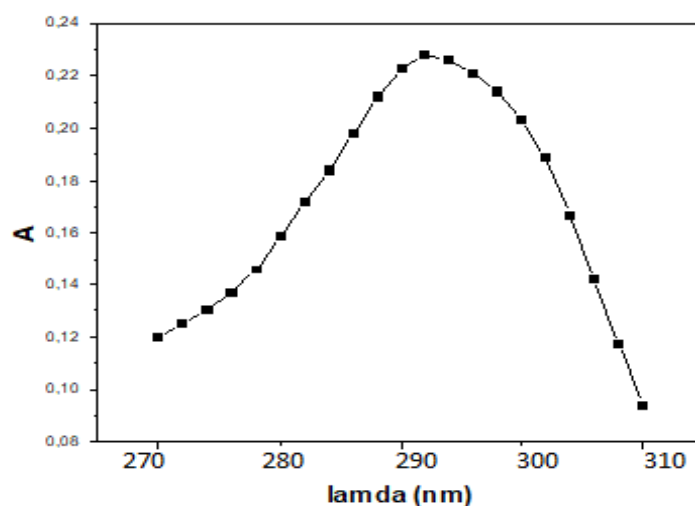


Figure 30: Détermination de  $\lambda_{\max}$  du jaune bézanyl

Pour vérifier la loi de Beer-Lambert, nous avons tracé la courbe d'étalonnage pour le colorant utilisé afin de déterminer les domaines de concentration pour lesquels la loi de Beer Lambert est respectée (obtention d'une droite).

## Partie II : expérimentale

C (mg/l)	5	15	25	30	40	50	60
A	0.033491	0.07312	0.15162	0.15195	0.23532	0.27012	0.29826

**Tableau 2: Les valeurs d'étalonnages du noir**

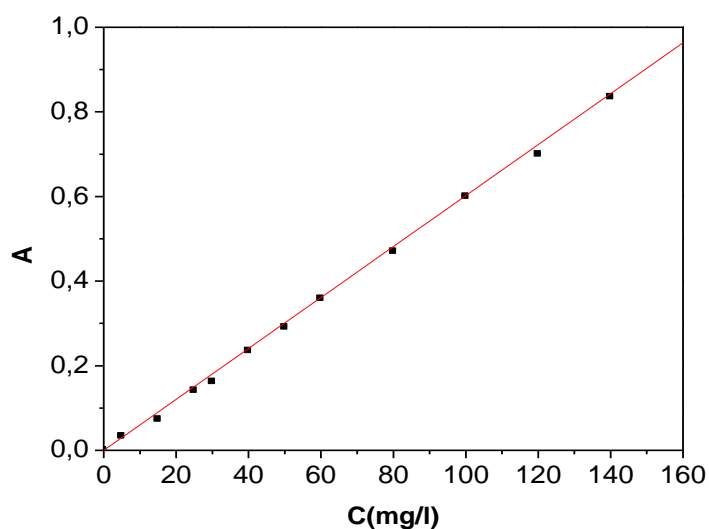
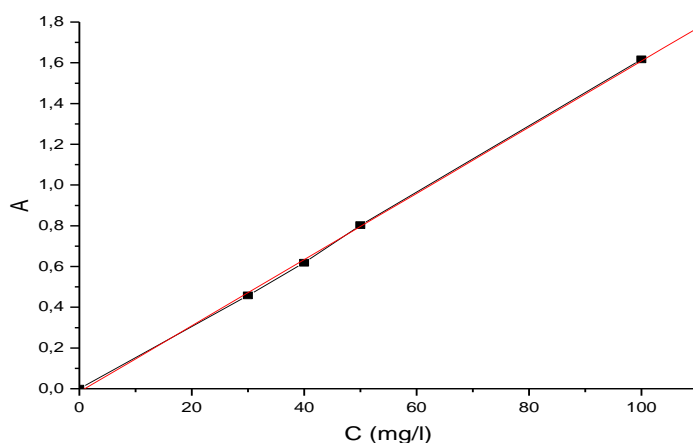


Figure31 : courbe d'étalonnage du noir

C (mg/l)	30	40	50	100
A	0,4558	0,618	0,803	1,616

**Tableau 3: Les valeurs d'étalonnages du jaune**

## Partie II : expérimentale



Firuge 32: courbe d'étalonnage du jaune bézanyl

Les longueurs d'ondes obtenus pour les deux colorants sont :

	<b><math>\lambda_{\max}</math></b>
<b>Jaune bezanyl</b>	<b>293 nm</b>
<b>Noir cibanone</b>	<b>311 nm</b>

Tableau 4: Les longueur d'ondes obtenus pour les deux colorants

### VI- les modes opératoires :

#### 1) préparation des solutions mère de colorant :

Deux solutions mères ont été préparées avec une concentration de 250 mg/l chacune. Dans la première solution, 250 mg du colorant ont été ajoutés. Les colorants ont été dissous dans 1000 ml d'eau distillé et le mélange a été agité pendant quelques minutes pour homogénéiser la solution. Ensuite, à partir de cette solution, les solutions filles ont été préparées.

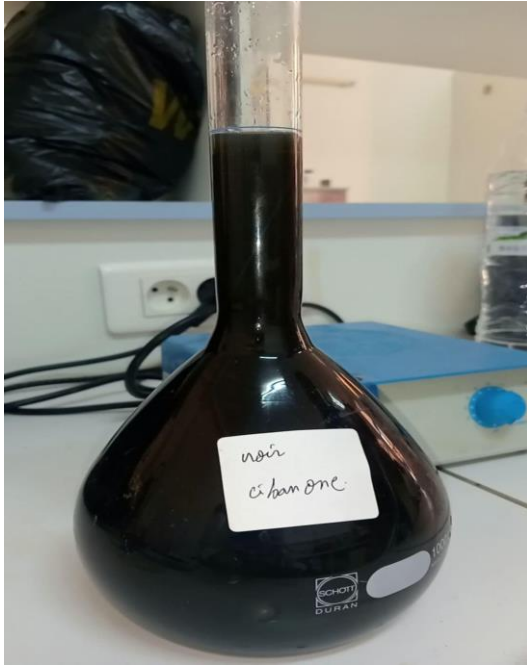


Figure 33 :solution mère de noir cibanon

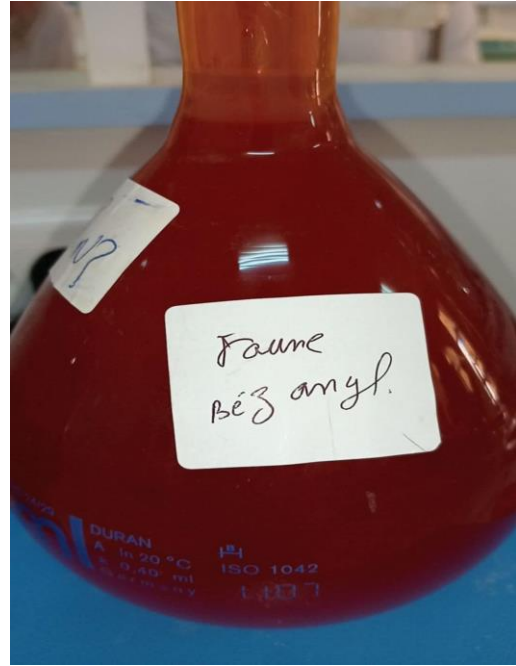


Figure34: solution mère de jaune bézanyl

## 2) mode opératoire effet de la concentration initiale du colorant

Une masse de 0,025 mg de support, composée de cellulose, est mise en contact avec un volume de 80 mL de solution colorante, dont les concentrations varient de 20 mg/L à 200 mg/L. L'ensemble des expériences est soumis à une agitation à l'aide d'un agitateur magnétique. Le filtrat obtenu est ensuite analysé par spectrophotomètre uv-visible.



Figure 35:effet de concentration du jaune bézanyl



Figure 36 : effet de cconcentration du noir cibanon

### 3) mode opératoire effet de pH

Une masse de 0,02 g de cellulose est mise en contact avec 80 mL de solution de colorant dans des flacons, à différentes valeurs de pH initiales comprises entre 2,0 et 10,0. La concentration initiale du colorant est de  $100\text{mg L}^{-1}$ . Les pH sont ajustés en utilisant une solution molaire de HCl ou de NaOH. Toutes les expériences sont réalisées sous agitation. Ensuite, le filtrat est analysé par spectrophotométrie. La capacité d'adsorption à l'équilibre  $q_e$  est définie par l'équation suivante:

$$q_e = \frac{v(C_0 - C_e)}{m}$$

q : quantité de polluant par unité de masse de l'adsorbant ( $\text{mg.g}^{-1}$ )

m : masse de l'adsorbant (g)

V : volume de l'adsorbat (L)

C<sub>0</sub> : concentration initiale ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

C<sub>e</sub> : concentrations à l'équilibre ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

### 4) Conditions requises pour l'exécution des cinétiques

Une quantité de masse  $m=1\text{g}$  de cellulose est mise en contact, dans des béchers en verre dans une solution de colorant  $V=120\text{ mL}$  à concentration initiale  $C_0 = 100\text{mg/L}$  et en ajoutant eau distillée jusqu'à 300 ml. L'ensemble est mis à la température  $T= 25^\circ\text{C}$  sous agitation magnétique 200 trs/min. Des prélèvements réguliers sont effectués à des intervalles connus. Le filtrat est analysé par spectrophotométrie UV-visible.

## VII-Méthode d'Analyse

### VII-1-La spectroscopie UV-Visible

La spectroscopie UV-visible est une technique analytique classique utilisée pour mesurer l'intensité de la lumière dans les régions UV (10–400 nm) et VIS (400–800 nm) en fonction de la longueur d'onde. Les longueurs d'onde des rayonnements UV et VIS sont habituellement exprimées en nanomètres (nm). Cette méthode consiste à mesurer la quantité de lumière absorbée par un échantillon à des longueurs d'onde spécifiques dans les régions UV et VIS.[66]

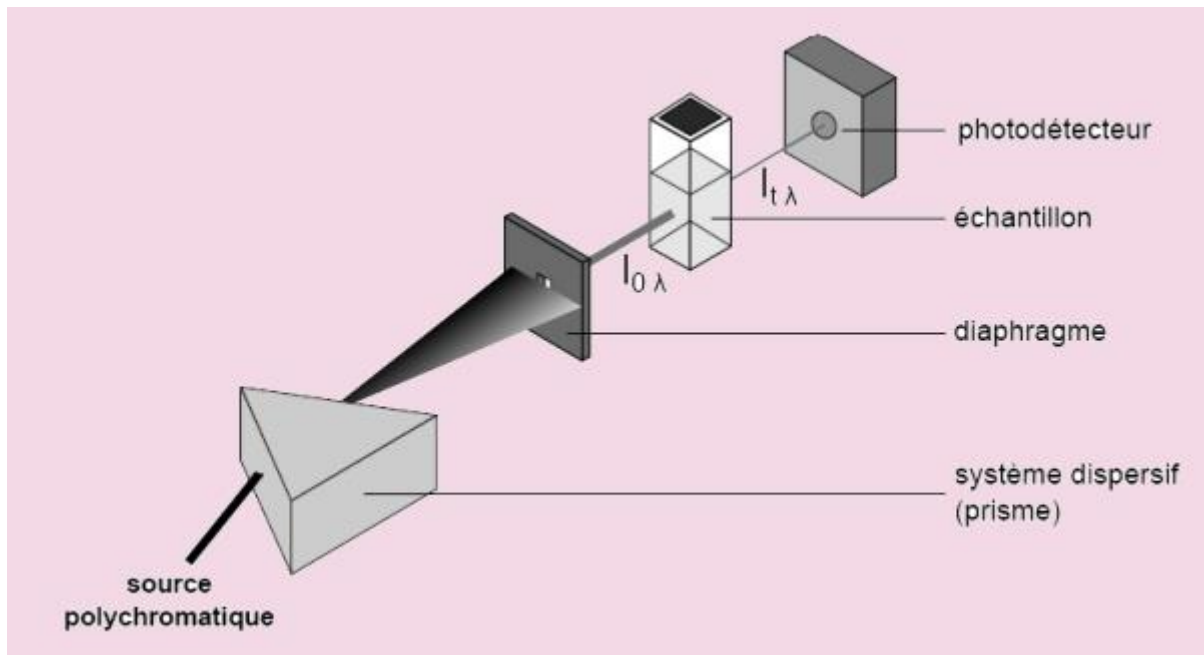


Figure37 : Principe de fonctionnement d'un spectromètre UV-visible

### 1-Principe UV-visible

La spectroscopie UV-visible repose sur le principe de l'absorption de la lumière, où la quantité de lumière absorbée est directement liée à la quantité de substance analysée dans une solution. À mesure que la concentration de la substance augmente, l'absorption de lumière augmente de manière proportionnelle, entraînant une diminution exponentielle de la transmission de la lumière. Dans la plage UV-VIS, l'absorption des rayonnements est influencée par la configuration électronique des entités absorbantes telles que les atomes, les molécules, les ions ou les complexes. Les niveaux d'énergie électronique comprennent divers niveaux d'énergie vibratoire, tandis qu'un niveau d'énergie vibratoire unique est constitué de différents niveaux d'énergie de rotation. Lorsqu'un photon interagit avec une molécule, il peut provoquer une transition entre les niveaux d'énergie électronique si l'énergie du photon correspond à la différence d'énergie entre ces niveaux[66] .

### 2-Types de spectrophotomètre UV-visible

Le spectrophotomètre est conçu en se basant sur le principe fondamental de l'absorption de la lumière par des substances absorbantes. Selon le nombre de cuvettes et de faisceaux utilisés, on distingue deux types de spectrophotomètres UV-visible.

### **2-1-Spectrophotomètre UV-visible à faisceau unique**

Ce type de spectrophotomètre utilise un seul faisceau lumineux et une cuvette pour effectuer l'analyse. Dans le spectrophotomètre UV-VIS à faisceau unique, le faisceau lumineux traverse la cuvette. Pour calibrer le spectrophotomètre, la référence et/ou la solution étalon sont placées dans la cuvette, puis la valeur d'absorbance obtenue est soustraite des mesures de l'échantillon pour éliminer les effets du solvant et de la cellule. Ce spectrophotomètre est adapté pour des longueurs d'onde allant de 200 à 900 nm. Divers types d'échantillons tels que les acides nucléiques, les protéines et plusieurs molécules organiques sont couramment analysés dans cette plage. La région visible du spectre électromagnétique s'étend de 340 à 750 nm, ce qui la rend appropriée pour l'analyse d'échantillons colorés.

### **2-2-Spectrophotomètre UV-visible à double faisceau**

Il s'agit d'un type de spectrophotomètre où deux faisceaux et/ou cuvettes sont utilisés pour l'analyse. Le faisceau lumineux émis par la source de lumière est séparé en un échantillon et un faisceau de référence à l'aide d'un diviseur mécanique. Le faisceau de référence est utilisé pour surveiller l'intensité de l'énergie lumineuse, tandis que le faisceau de l'échantillon indique l'absorption de la lumière par l'échantillon. Avant d'entrer dans le monochromateur, la valeur de l'absorbance observée, qui est le rapport entre l'échantillon et le faisceau de référence, est recombinaison. Cette configuration permet de compenser les variations de l'intensité lumineuse et les fluctuations électroniques et mécaniques qui affectent de manière similaire les faisceaux de référence et d'échantillon en raison de la dérive de la lampe. Les spectrophotomètres UV-VIS à double faisceau sont un peu plus complexes que ceux à simple faisceau[66].

#### ***1. Transmission***

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Transmission La relation entre T et A peut également être représentée comme suit :

$$\mathbf{A = -\log (T)}$$

### 2. La Loi Beer-Lambert

La loi de Beer-Lambert est une relation empirique qui établit un lien entre l'atténuation de la lumière, les caractéristiques du milieu qu'elle pénètre et l'épaisseur du chemin-parcouru

$$A = \epsilon l C$$

A : est l'absorbance ou la densité optique de la solution pour une longueur d'onde.

$\epsilon$  : est le coefficient d'extinction molaire, exprimée en  $l \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

C: est la concentration molaire de la solution (en mol/l).

l : est la longueur du trajet optique dans la solution traverse.

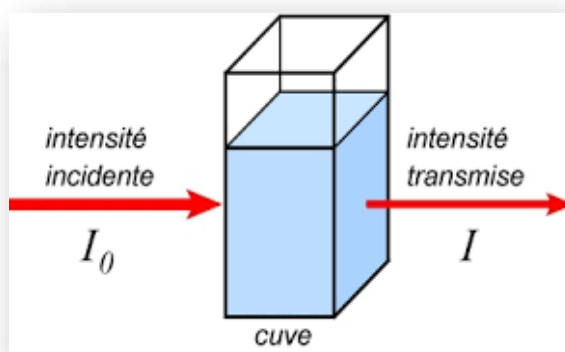


Figure 38: Schéma simplifié du fonctionnement d'un spectrophotomètre

### VII-2-Spectroscopie infrarouge

Il s'agit d'une méthode d'analyse qui ne détériore pas les échantillons. Elle repose sur l'étude de l'absorption des radiations électromagnétiques dans la région infrarouge. La partie la plus informative et la plus facile à étudier expérimentalement est celle du milieu infrarouge, avec une longueur d'onde entre 2,5 et 25 micromètres (ou une fréquence entre 0,04 et 0,4  $\text{cm}^{-1}$ ). Les absorptions dans cette plage fournissent une sorte de signature unique des composés, en montrant les liaisons entre les atomes qui les composent. L'absorption de la lumière est due à l'interaction entre les radiations lumineuses et les liaisons chimiques, ce qui entraîne des vibrations et des rotations moléculaires. Les vibrations se produisent principalement dans les groupes fonctionnels, ce qui permet d'identifier ces groupes par leurs bandes d'absorption.[67]

### 1-Les régions de spectre et de l'infrarouge

Le spectre électromagnétique infrarouge est composé de trois parties : le proche infrarouge, le moyen infrarouge et le lointain infrarouge, qui sont nommés en fonction du spectre visible.

#### ➤ *L'infrarouge lointain*

Le domaine de l'infrarouge lointain, qui va d'environ 400 à 10  $\text{cm}^{-1}$  (1000-30  $\mu\text{m}$ ) et se situe près des micro-ondes, a une faible énergie et peut être employé pour la spectroscopie rotationnelle.

#### ➤ *L'infrarouge moyen*

Le spectre infrarouge moyen, couvrant environ de 4000 à 400  $\text{cm}^{-1}$  (30-1,4  $\mu\text{m}$ ), est utile pour analyser les vibrations de base et la structure moléculaire associée.

#### ➤ *Le proche infrarouge*

Dans la plage du proche infrarouge, qui est plus énergétique et s'étend approximativement de 14000 à 4000  $\text{cm}^{-1}$  (1,4–0,8  $\mu\text{m}$ ), il est possible d'activer les vibrations harmoniques des molécules. Les distinctions et les catégories attribuées à ces sous-régions sont principalement des conventions et ne reposent pas sur des divisions rigides ou sur des caractéristiques moléculaires ou électromagnétiques précises.[67]

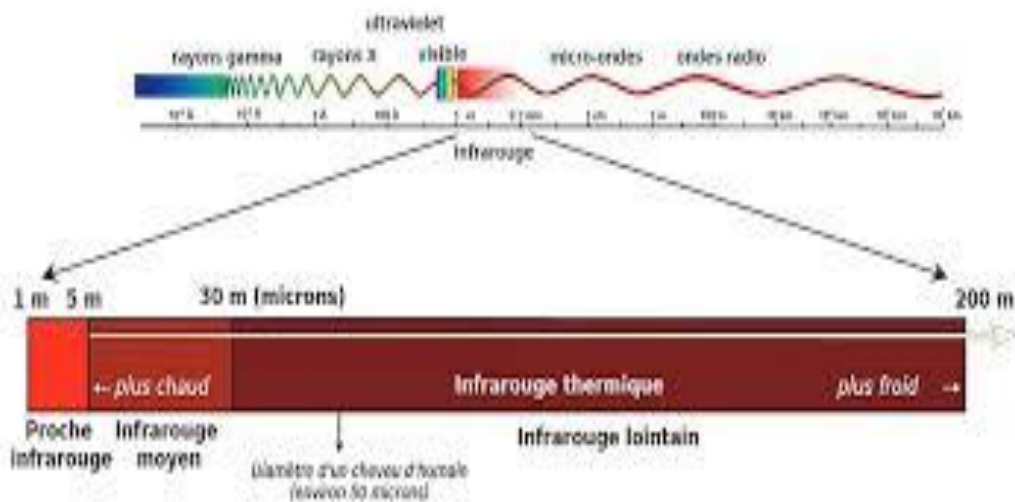


Figure 39 : Les régions du spectre IR

### Principe de fonctionnement d'un spectromètre IR

Un spectromètre infrarouge "classique" utilise un rayon de lumière infrarouge qui est divisé en deux faisceaux. L'un des faisceaux traverse l'échantillon tandis que l'autre passe à travers une référence, parfois le composé dans lequel l'échantillon a été dissous. Les deux faisceaux sont réfléchis vers un détecteur après avoir été séparés par un dispositif alternant rapidement les faisceaux entrant dans le détecteur. Les signaux des deux faisceaux sont comparés pour tracer le spectre final.

L'utilisation d'une référence présente plusieurs avantages :

- Elle permet d'éviter les fluctuations de sortie de la source qui pourraient altérer les données, ces fluctuations pouvant avoir diverses origines telles que le vieillissement.
- Elle permet d'éviter de prendre en compte les effets du solvant (la référence étant généralement le solvant pur correspondant à celui dans lequel l'échantillon est dissous).[67]

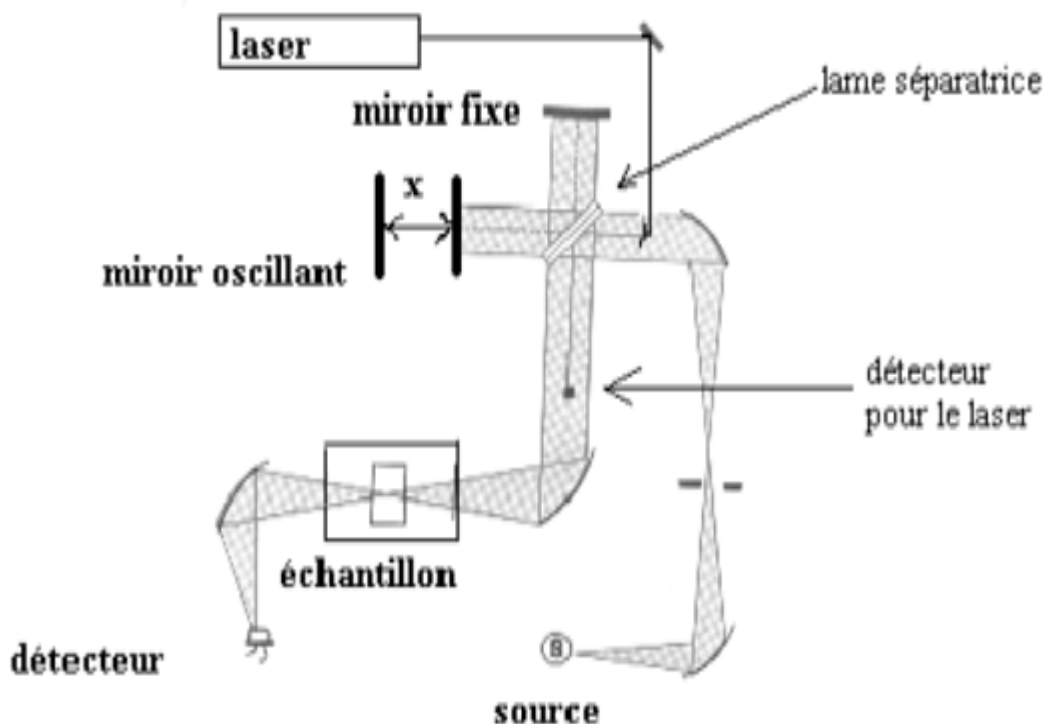


Figure 40 : Principe de fonctionnement d'un spectromètre IR

### 1-Étude de l'influence des paramètres opératoire sur l'adsorption des colorants

#### 1-1-Effet du pH sur l'adsorption du colorant jaune bézanyl

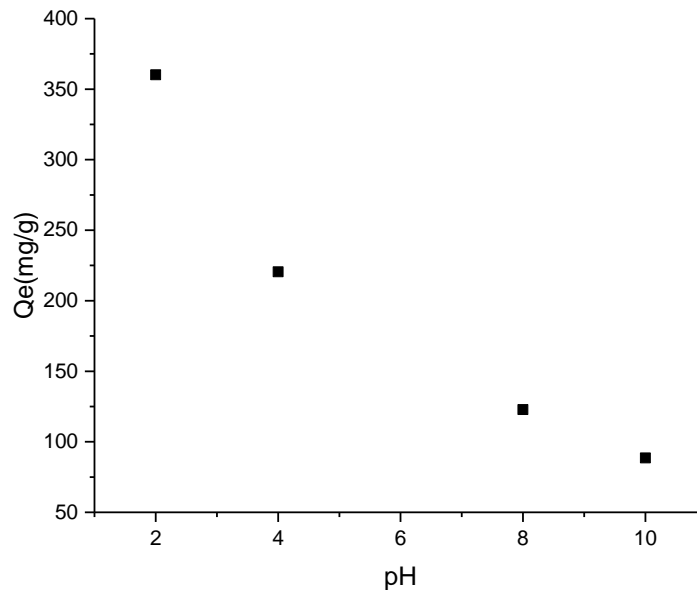


Figure 41 :effet pH sur le jaune bezanyl

Le graphique illustre l'impact du pH sur la capacité d'adsorption ( $Q_e$  en mg/g). Il est clairement observé que la quantité adsorbée diminue de manière significative avec l'augmentation du pH :

À un pH d'environ 2, la capacité d'adsorption atteint son maximum, environ 360 mg/g. En augmentant le pH, la capacité d'adsorption diminue progressivement ; à un pH d'environ 4, la capacité d'adsorption est d'environ 220 mg/g. à un pH d'environ 8, elle chute à environ 120 mg/g. À un pH d'environ 10, elle atteint un minimum d'environ 90 mg/g.

Cette observation suggère que l'adsorption est plus efficace en milieu acide. Ce phénomène peut être expliqué par la protonation des sites actifs de l'adsorbant, favorisant ainsi l'interaction avec les espèces adsorbées (probablement des ions ou des molécules chargées négativement). À des pH plus élevés, la déprotonation des sites actifs ou la compétition avec les ions  $\text{OH}^-$  peuvent inhiber le processus d'adsorption.

### 1-2- Effet du pH sur l'adsorption du colorant noir cibane

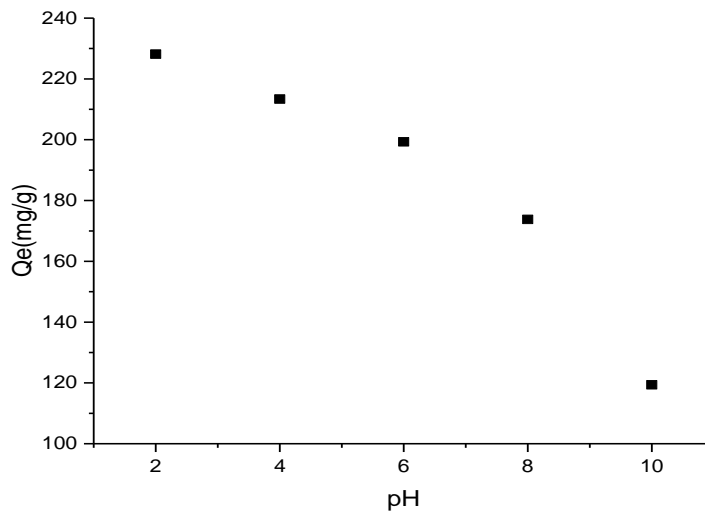


Figure42 :effet pH sur le noir cibane

Le graphique montre la variation capacité d'adsorption (exprimée en mg/g) en fonction du pH de la solution.

Environ à pH =2, la capacité d'adsorption est élevée, atteignant environ 340 mg/g. à pH= 4, elle diminue à environ 200 mg/g .à pH 8, la capacité chute fortement à près de 20 mg/g.à pH 11, elle reste basse, autour de 10 mg/g.

En observant le graphe, on remarque que la capacité d'adsorption diminue significativement avec l'augmentation du pH. Cela suggère que le processus d'adsorption est plus efficace dans le milieu acide.

### 1-3-comparaison l' effet du pH

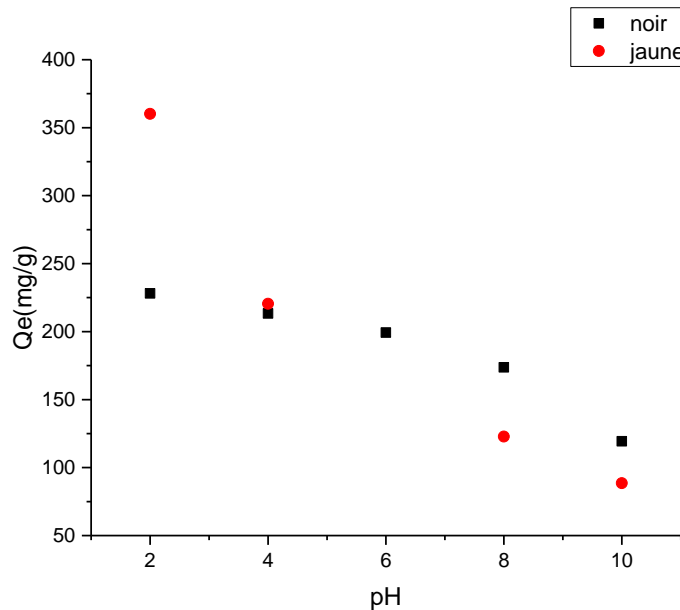


Figure 43 : comparaison effet du pH

Le graphe illustre comment le pH affecte la capacité d'adsorption  $Q_e$  (en mg/g) pour les deux colorants :

- Les carrés noirs représentent l'échantillon ou la condition "noir".
- Les cercles rouges représentent l'échantillon ou la condition "jaune".

À un pH d'environ 2, les deux colorants montrent une capacité d'adsorption très élevée, mais pour le jaune affiche une valeur plus élevée (environ 360 mg/g) que le colorant noir (environ 230 mg/g). à un pH d'environ 4, les deux courbes se rejoignent ( $Q_e \approx 220$  mg/g), ce qui indique un comportement similaire à ce pH. Entre les pH 6 et 10, les deux colorants présentent une diminution progressive de leur capacité d'adsorption avec l'augmentation du pH.

Le colorant noir maintient des valeurs plus élevées que le colorant jaune, suggérant une meilleure adsorption du colorant jaune bézanyl par rapport au noir cybanone.

### 1-4- effet de concentration du jaune bézanyl

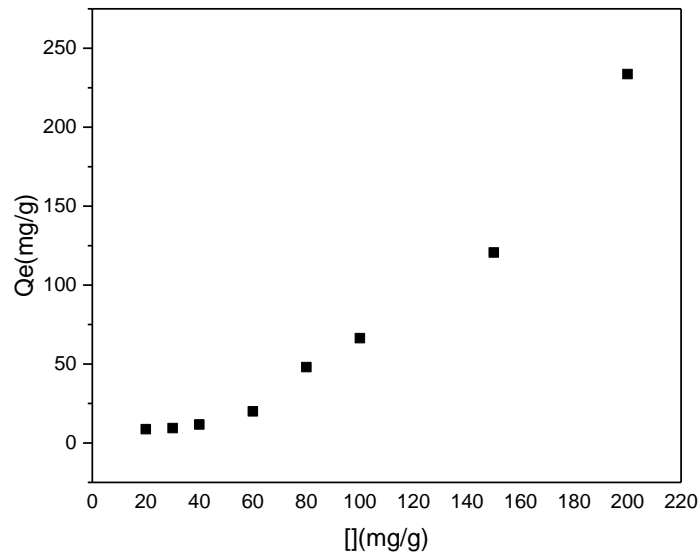


Figure 44 : effet de la concentration du jaune bézanyl

Ce graphe illustre l'évolution de la quantité adsorbée ( $Q_e$ ) (mg/g) en fonction de la concentration en solution ( $C_0$  (mg/L), représentée par des carrés noirs.

La courbe indique une augmentation progressive de la capacité d'adsorption avec l'élévation de  $C_0$  qui est caractéristique d'un processus d'adsorption. Cette relation démontre que plus la concentration de la solution est élevée, plus la quantité adsorbée par le matériau est significative.

À des concentrations faibles (jusqu'à 100 mg/L), l'adsorption demeure modérée. Au-delà de 100 mg/L, la quantité adsorbée augmente de manière plus marquée, suggérant une intensification du phénomène d'adsorption. Le matériau atteint une quantité adsorbée ( $Q_e$ ) d'environ 230 mg/g pour une concentration  $C_0$  d'environ 200 mg/L.

### 1-5-effet de concentration avec noir cibane

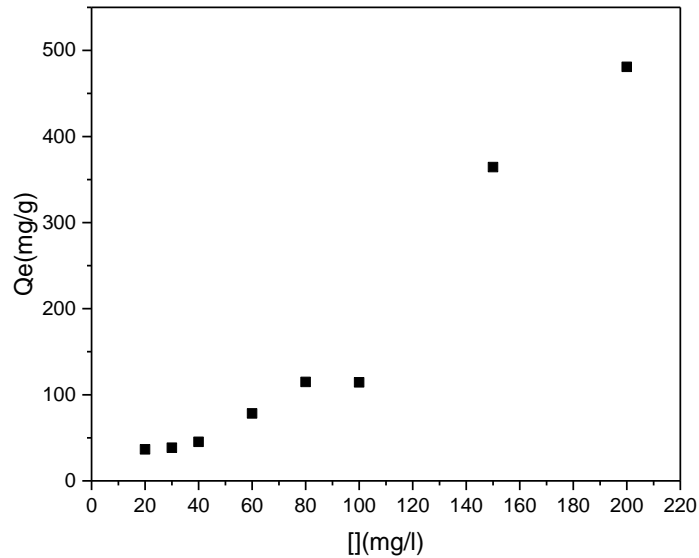


Figure 45 : effet de concentration du noir cibane

Le graphe illustre la variation de la quantité adsorbée ( $Q_e$  (mg/g)) en fonction de la concentration initiale ( $C_0$  (mg/L)). Les données sont représentées par des points noirs en forme de carrés.

On constate une augmentation significative de la capacité d'adsorption ce qui est caractéristique d'un processus d'adsorption. Cela signifie que la concentration de colorant augmente, la surface de l'adsorbant capte la matière colorante.

À faible concentration (jusqu'à environ 100 mg/L), l'augmentation de la capacité d'adsorption ( $Q_e$ ) est modérée. Au-delà de 100 mg/L, la courbe présente une montée rapide, indiquant une adsorption plus intense, probablement en raison d'une forte affinité entre le soluté et l'adsorbant ou d'une surface spécifique encore largement disponible.

### 1-6-comparaison effet de la concentration initiale du colorant

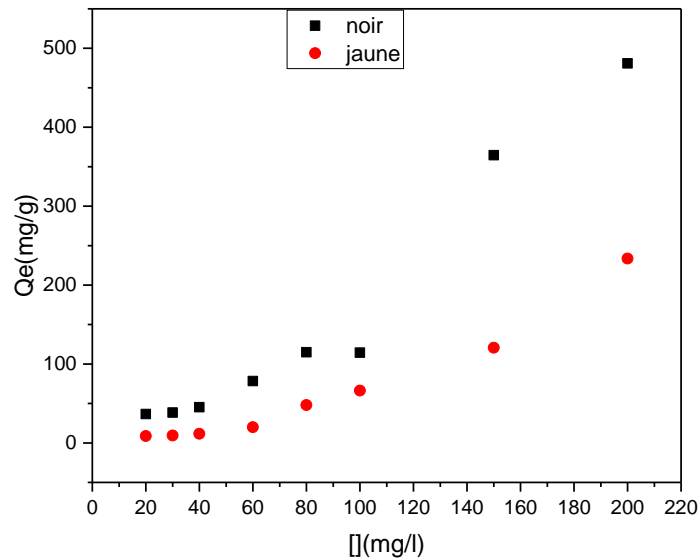


Figure 46 : comparaison effet de concentration initiale

Le graphe illustre une courbe d'adsorption où l'on peut observer la quantité adsorbée ( $Q_e$ ) (en mg/g) en fonction de la concentration initiale des colorants ( $C_0$  (en mg/L)). Deux colorants sont mis en comparaison :

- noir cibandone (carré noir),
- jaune bézanyl (point rouge).

Pour les deux échantillons, la capacité d'adsorption ( $Q_e$ ) avec augmentation ( $C_0$ ), ce qui est caractéristique d'un processus d'adsorption : une concentration de soluté plus élevée entraîne une augmentation de la quantité adsorbée.

En comparant les deux colorants: La courbe noire présente des valeurs de la capacité d'adsorption ( $Q_e$ ) significativement élevées celles de la courbe rouge pour toutes les concentrations. Cela indique que le colorant noir cibandone a une capacité d'adsorption supérieure à celle du colorant jaune. Bézanyl. À partir de  $C_0 = 150$  mg/l il y a une large différence entre les deux colorants.

### 1-7-Effet temps de contact sur le noir cibandone

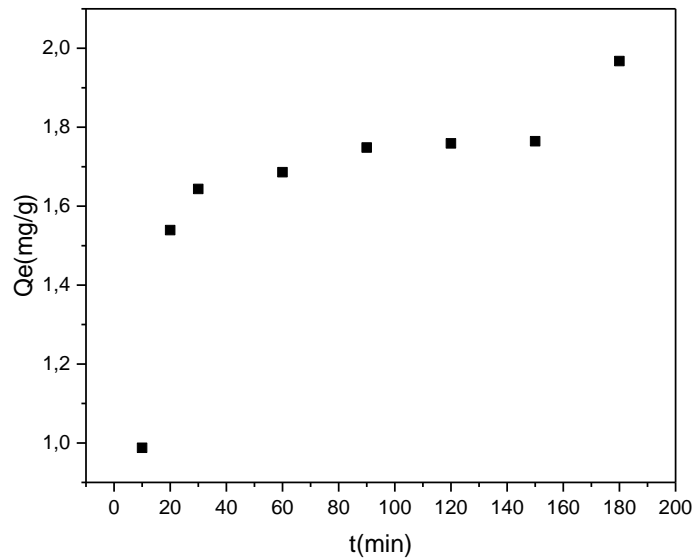


Figure 47 : Effet temps de contact sur le noir cibandone

La courbe présentée illustre l'évolution de la quantité adsorbée la capacité d'adsorption ( $Q_e$ , en mg/g) en fonction du temps ( $t$ , en minutes).

Au début, la courbe révèle une augmentation rapide de la capacité d'adsorption  $Q_e$  (jusqu'à environ 40 minutes), ce qui indique une cinétique d'adsorption initialement rapide. Par la suite, la courbe tend à se stabiliser, suggérant que l'équilibre d'adsorption est presque atteint aux alentours de 120 à 180 minutes. La quantité maximale adsorbée semble se situer autour de 2,0 mg/g.

à Phase rapide (0 - environ 40 min) : L'adsorption se déroule rapidement, probablement en raison de la disponibilité des sites actifs à la surface de l'adsorbant.

Phase de transition (environ 40 - 120 min) : L'adsorption commence à ralentir, car les sites disponibles deviennent presque saturés, Équilibre (au-delà de 120 min) : Peu de variations la capacité d'adsorption  $Q_e$  sont observées, ce qui indique que l'équilibre est atteint.

### 1-8-Effet temps de contact sur le jaune bézanyl

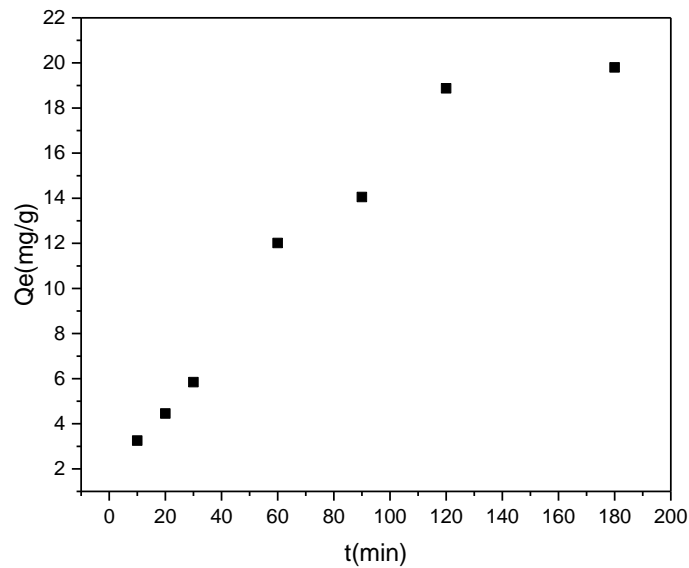


Figure 48 : Effet temps de contact sur le jaune bézanyl

La courbe illustre également l'évolution de la quantité adsorbée la capacité d'adsorption ( $Q_e$ ) (mg/g) en fonction du temps ( $t$ ) (minutes), mais avec une échelle de valeurs nettement plus élevée que celle de la première courbe.

La courbe révèle une augmentation presque linéaire de la capacité d'adsorption ( $Q_e$ ) jusqu'à environ 120 minutes. Après ce point, la courbe commence à se stabiliser, ce qui indique un ralentissement du processus d'adsorption, probablement dû à la saturation progressive des sites actifs. Le ( $Q_e$ ) maximal atteint est d'environ 20 mg/g, ce qui témoigne d'une capacité d'adsorption significativement plus élevée que celle observée dans la première courbe.

Phase initiale (0 - 60 min) : L'adsorption se déroule rapidement, probablement par diffusion externe (du soluté vers la surface de l'adsorbant). à Phase intermédiaire (60 - 120 min) : Le taux d'adsorption diminue, ce qui indique une diffusion à l'intérieur des particules. à Phase finale (>120 min) : La courbe se stabilise, signalant l'atteinte d'un état d'équilibre.

### 1-9-Comparaison Effet temps de contact sur les deux colorants

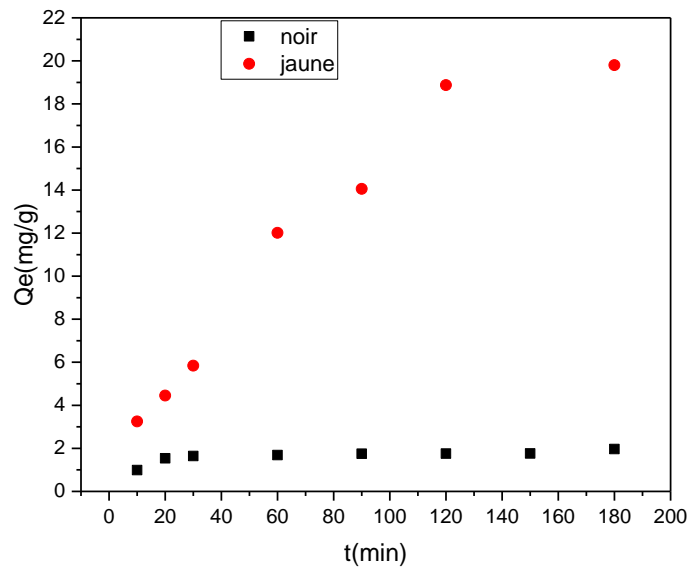


Figure 49 : Comparaison Effet temps de contact sur les deux colorants

La courbe présentée compare deux séries de données cinétiques d'adsorption, distinguées par des couleurs et des symboles :

- Points noirs (●) — Légende : noir

- Points rouges (▲) — Légende : jaune

À chaque intervalle de temps mesuré, la quantité de colorant jaune adsorbée ( $Q_e$ ) est nettement supérieure à celle du colorant noir.

L'adsorption du colorant jaune augmente de manière significative au fil du temps, tandis que celle du colorant noir demeure presque stable, avec une adsorption très faible.

Cela indique une affinité supérieure de l'adsorbant pour le colorant jaune, ou une meilleure accessibilité de ses sites actifs pour ce dernier.

Conclusion :

Le colorant jaune est beaucoup plus efficacement adsorbé à tous les temps analysés. L'adsorbant se révèle donc plus performant pour éliminer le colorant jaune par rapport au noir

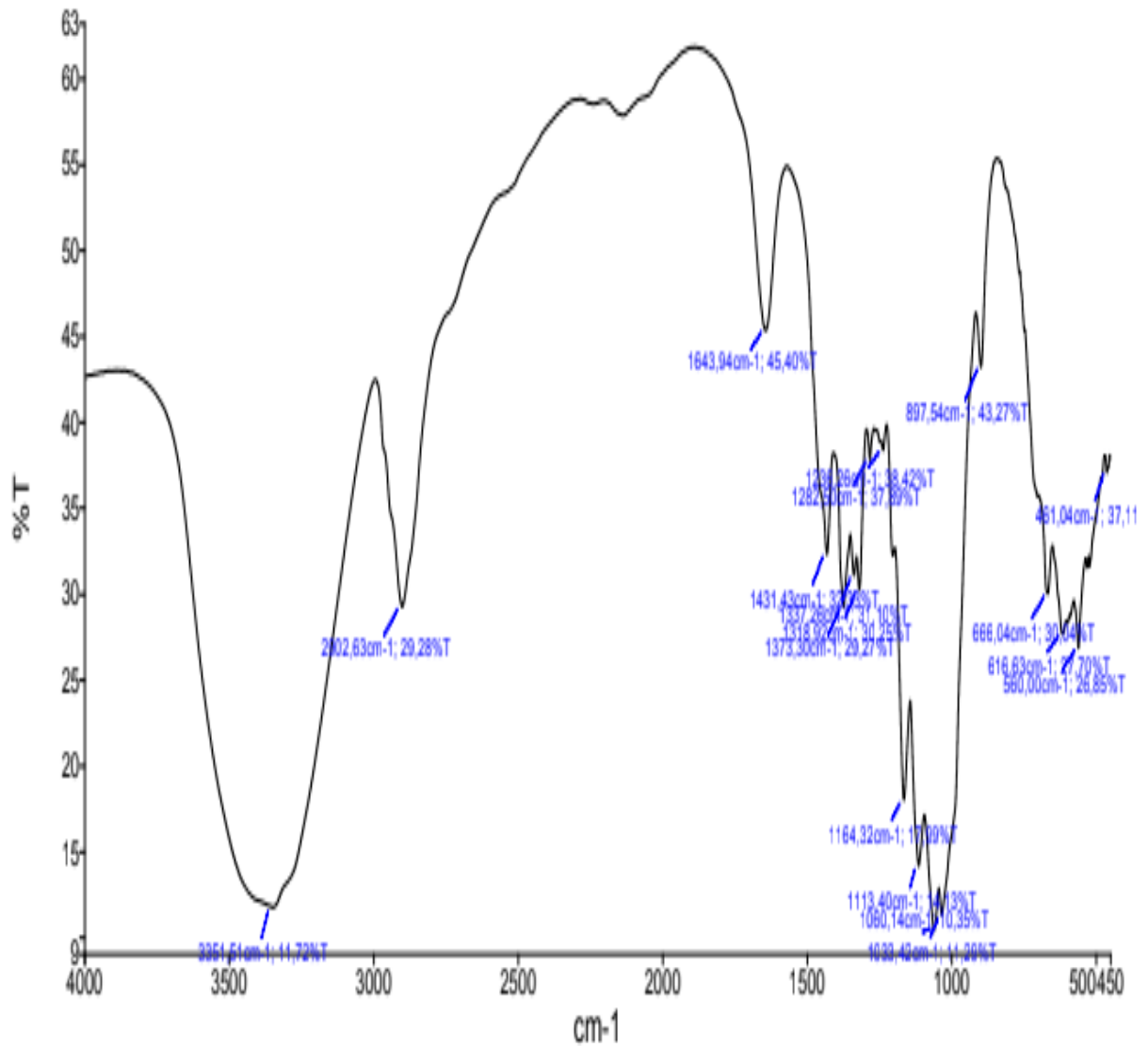
## Partie III : résultat et discussion

### 2-spectre infrarouge (IR) de la cellulose

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.1  
mercredi 18 novembre 2020 13:16

Analyste  
Date

Administrator  
mercredi 18 novembre 2020 13:16



Administrator 1483 Échantillon 1483 Par Administrator Date mercredi, novembre 18 2020

### spectre infrarouge (IR) de la cellulose

## Partie III : résultat et discussion

---

Le graphique illustre un spectre d'absorption infrarouge (IR), mettant en évidence les bandes caractéristiques des groupes fonctionnels présents dans un échantillon spécifique. L'axe horizontal représente le nombre d'ondes ( $\text{cm}^{-1}$ ), tandis que l'axe vertical indique la transmittance (%T).

Voici l'interprétation des principales bandes observées

à  $3355 \text{ cm}^{-1}$  Une large bande d'absorption suggérant probablement la présence d'un groupement  $-\text{OH}$  (hydrogène lié, alcool ou phénol) ou  $\text{NH}$  (amine ou amide). Cette bande est typique des groupes hydroxyles ou des liaisons hydrogène.

À  $2920 \text{ cm}^{-1}$  Bande de moyenne à forte intensité : elle correspond aux vibrations d'élongation  $\text{C-H}$  de type alcane (groupes  $-\text{CH}_2$  et  $-\text{CH}_3$ ).

À  $1643 \text{ cm}^{-1}$  Bande d'absorption intense : vibration d'élongation  $\text{C=O}$  (groupe carbonyle), caractéristique des cétones, aldéhydes, acides carboxyliques ou amides.

Peut également être associée à des doubles liaisons  $\text{C=C}$  dans le cas de structures aromatiques ou insaturées. Dans la plage de  $1400$  à  $1500 \text{ cm}^{-1}$  (par exemple :  $1431, 1375 \text{ cm}^{-1}$ ), on observe des bandes d'élongation et de déformation  $\text{C-H}$  ou  $\text{C-C}$ , souvent liées aux cycles aromatiques ou aux groupes méthyle ( $\text{CH}_3$ ). Environ  $1164 - 1034 \text{ cm}^{-1}$ , on trouve une région caractéristique des vibrations  $\text{C-O}$  (alcools, esters, acides) ou  $\text{C-N}$  (amines, amides). Cette région est également typique des polymères ou des sucres. Dans la plage de  $897 - 661 \text{ cm}^{-1}$ , on identifie des déformations hors plan, souvent associées à des cycles aromatiques ou à des liaisons  $\text{C-H}$  spécifiques.

### 3- modélisation des résultats expérimentaux

#### 1-modèle de Freundlich

Il s'agit d'une équation empirique fréquemment employée pour représenter de manière pratique l'équilibre d'adsorption. Elle n'est pas fondée sur des principes théoriques. Néanmoins, les observations expérimentales indiquent qu'elle rend compte de manière satisfaisante des résultats d'adsorption des micropolluants par des matériaux solides comme les charbons actifs, les sols et les argiles[68].

## Partie III : résultat et discussion

	Noir	Jaune
R <sup>2</sup>	0.97	0.95
N	1.04	1.74
K	2.8*10 <sup>4</sup>	2.13*10 <sup>9</sup>

**Tableau 5: des paramètres de modélisation selon le modèle de freundlich**

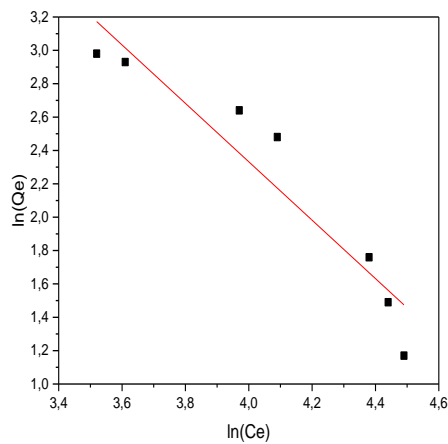


Figure50 :Modèle de freundlich pour  
le jaune bézanyl

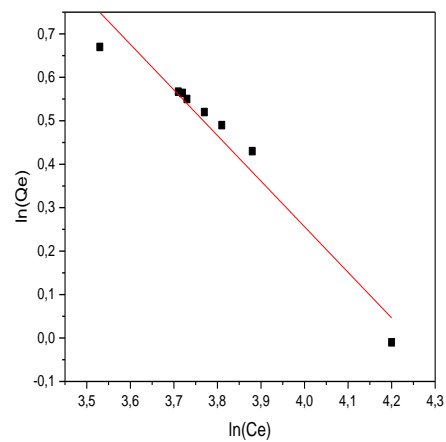


Figure51 : Modèle de freundlich pour  
le noir cibane

Vous avez présenté deux graphiques illustrant des modèles d'isothermes d'adsorption, pour deux colorants noir bézactif et jaune bézanyl (comme dans les figures précédentes). Les deux graphiques représentent des isothermes de Freundlich sous une forme linéarisée :

$$\ln(Q_e) = \ln(K_f) + (1/n) \ln(C_e)$$

où :

Q<sub>e</sub> : la quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g),

C<sub>e</sub> : la concentration à l'équilibre (mg/L),

K<sub>f</sub> : la constante de Freundlich associée à la capacité d'adsorption,

1/n : un paramètre qui indique l'intensité de l'adsorption.

Selon la figure 10, Le modèle de Freundlich ne s'ajuste pas correctement aux données expérimentales avec un coefficient de corrélation R<sup>2</sup>=0,95.

## Partie III : résultat et discussion

---

Cela pourrait être le cas pour le colorant jaune bézanyl en raison de sa faible adsorption observée dans les figures précédentes.

Selon la figure 11, Les points se rapprochent davantage de la droite, ce qui indique une meilleure corrélation. ( $R^2=0,97$ ). Cela suggère que le modèle de Freundlich est plus approprié pour le noir cibane, compte tenu de la meilleure adsorption notée précédemment donc l'adsorption est favorable et s'aligne bien avec le modèle de Freundlich, ce qui indique une adsorption sur une surface hétérogène avec des sites d'énergies variées.

Le colorant noir cibane présente une adsorption plus significative. Le colorant jaune bézactif montre une adsorption limitée, qui est mal représentée par le modèle de Freundlich. Cela pourrait suggérer une interaction très faible ou une saturation rapide des sites d'adsorption.

### 2-modèle de Langmuir

C'est le modèle le plus couramment employé pour analyser les résultats obtenus lors de l'adsorption de composés organiques en milieu aqueux. L'isotherme de Langmuir est utilisée pour décrire l'adsorption sur des surfaces entièrement homogènes.[69 ]

Elle repose sur les hypothèses suivantes [70 ]

- L'adsorption se produit sur des sites spécifiques ayant une énergie uniforme.
- L'adsorption se réalise en une seule couche.
- Il n'existe pas d'interactions latérales entre les molécules adsorbées à la surface.
- La réaction est réversible, ce qui signifie qu'il y a un équilibre entre l'adsorption et la désorption.
- Le nombre de sites d'adsorption disponibles sur la surface est limité. L'isotherme de Langmuir est exprimée par l'équation suivante :

$$q = q_m \times [K \times C_e / (1 + K \times C_e)]$$

Avec :

q : la quantité adsorbée est liée à la capacité maximale ;

$q_m$ : la capacité maximale d'adsorption (mg/g) et qui correspond à la formation d'une monocouche.

## Partie III : résultat et discussion

K : la constante de l'équilibre d'adsorption (L/ mg).

Ce : la concentration de la substance adsorbée à l'équilibre (mg/L).

La linéarisation de cette fonction par passage aux inverses donne :

$$ce /qe = [(1/qm \times K)] + [(1/ qm) \times ce]$$

En traçant Ce/qe en fonction de Ce, on obtient une droite dont la pente est  $(1/qm \times K)$  et l'ordonnée à l'origine est  $1/qm$ . Cela permet de déterminer les deux paramètres caractéristiques de l'équilibre, à savoir  $qm$  et  $K$ . Il est également possible d'extraire  $qm$  à partir de la courbe expérimentale  $q = f(Ce)$ , qui représente l'adsorption isotherme.

	Noir	Jaune
R <sup>2</sup>	0.98	0.91
Qm	1.96	19.8
B	0.62	2.5

**Tableau 6: les paramètres de modélisation selon le modèle de Langmuir**

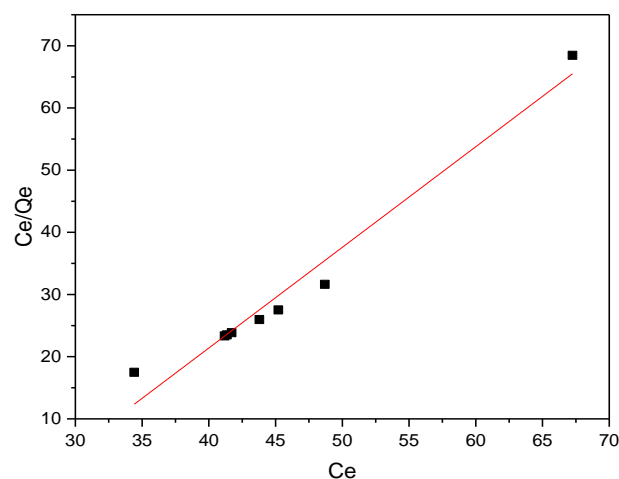


Figure 52 :Modèle de Langmuir pour le noir cibane

## Partie III : résultat et discussion

Le graphique illustre une relation linéaire entre  $Q_e$  (ordonnée) et  $C_e$  (abscisse), ce qui suggère que le modèle de Langmuir est pertinent pour ce système d'adsorption.

La linéarité des données expérimentales suggère que l'adsorption se conforme au modèle de Langmuir, indiquant une adsorption uniforme sur une surface définie avec un nombre limité de sites d'adsorption. La pente de la droite est donnée par  $\frac{1}{Q_m}$  tandis que l'ordonnée à l'origine est  $\frac{1}{Q_m K_L}$ . À partir de cette droite, il est possible de déterminer les valeurs de  $(Q_m)$  et  $(K_L)$ .

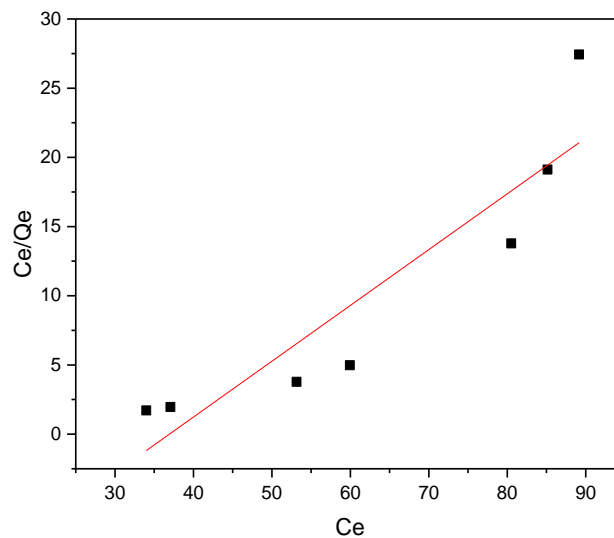


Figure53 :Modèle de Langmuir pour le jaune bézanyl

Ce graphique illustre également la corrélation entre  $Q_e$  (sur l'axe des ordonnées) et  $C_e$  (sur l'axe des abscisses). On peut encore observer un ajustement conforme au modèle de Langmuir, qui est employé pour modéliser l'adsorption sur des surfaces uniformes.

Linéarité raisonnable : Les points montrent une tendance globalement linéaire, bien que quelques écarts soient observables, surtout aux valeurs élevées de  $C_e$ , ce qui pourrait suggérer une légère déviation par rapport au modèle de Langmuir à haute concentration.

Le modèle semble relativement applicable, mais il n'est pas parfaitement ajusté avec un coefficient de corrélation 0,91, ce qui pourrait être attribué à :Une hétérogénéité des sites d'adsorption, Des interactions complexes entre l'adsorbant et l'adsorbé à forte concentration.

Le modèle de Langmuir s'applique aux deux situations, bien qu'il offre un ajustement supérieur pour la première courbe.

Il est possible d'estimer les constantes d'adsorption, en particulier pour le noir cibano.

## Partie III : résultat et discussion

---

Par contre pour le jaune bézanyl une adsorption plus complexe, ce qui requiert une analyse plus détaillée.

## Conclusion

---

Cette étude a permis de démontrer l'efficacité de la méthode d'adsorption pour l'élimination des colorants organiques présents dans les eaux usées, en particulier le jaune Bézanyl et le noir Cibane, qui sont deux colorants couramment utilisés dans l'industrie textile. La recherche a mis en lumière l'importance des paramètres opérationnels dans le processus d'adsorption, tels que le pH de la solution, la concentration initiale du colorant et le temps de contact. Ces facteurs ont un impact significatif sur la capacité d'adsorption de l'adsorbant examiné.

Il a été observé que l'adsorption atteint son maximum dans un environnement acide, spécifiquement à un pH d'environ 2, où les interactions électrostatiques entre les sites protonés de l'adsorbant et les molécules colorées sont optimisées. Ce comportement souligne le rôle essentiel du pH dans le mécanisme d'adsorption, car il influence la charge de surface de l'adsorbant ainsi que la forme ionique du colorant présent dans la solution.

L'examen des isothermes d'adsorption a permis d'approfondir la compréhension des interactions entre l'adsorbant et les colorants. Les résultats ont révélé que le modèle de Langmuir représente le mieux l'adsorption du noir Cibane avec un coefficient de corrélation  $R^2=0,98$ , suggérant un phénomène d'adsorption en monocouche sur des sites actifs uniformes. En revanche, l'adsorption du noir cibane s'apparente davantage au modèle de Freundlich avec un coefficient de corrélation  $R^2=0,97$ , ce qui indique une adsorption sur des surfaces hétérogènes avec des énergies d'adsorption variées. Ces résultats soulignent la complexité des mécanismes impliqués dans l'adsorption des colorants sur un adsorbant d'origine naturelle.

Le spectre IR révèle clairement la présence d'un groupement hydroxyle ( $-OH$ ) et très probablement d'un groupement carbonyle ( $C=O$ ). La détection de bandes dans la région de  $1000$  à  $1300\text{ cm}^{-1}$  suggère des liaisons  $C-O$ , ce qui pourrait indiquer la présence de composés oxygénés tels que les alcools, les acides carboxyliques ou les esters.

Les résultats de cette recherche mettent en lumière le potentiel des matériaux biosourcés, tels que la cellulose, en tant qu'alternatives écologiques et économiques pour le traitement des effluents colorés. Leur biodégradabilité, leur capacité à la disponibilité abondante dans la nature et leur coût réduit en font des candidats prometteurs pour des applications à grande échelle, notamment dans le domaine du traitement des eaux usées.

Néanmoins, cette recherche ouvre également la porte à des futures études. Il serait pertinent d'examiner d'autres modifications chimiques ou physiques du matériau pour accroître sa

## Conclusion

---

capacité d'adsorption et diversifier ses applications, en particulier pour l'élimination de différents types de colorants ou de polluants organiques et inorganiques. De plus, des recherches supplémentaires pourraient analyser l'impact d'autres facteurs, tels que la température, la taille des particules de l'adsorbant, ou la présence d'autres substances en solution qui pourraient affecter le processus d'adsorption.

Enfin, il serait également judicieux d'étudier la réutilisation et la stabilité de l'adsorbant après saturation, afin de mieux appréhender.

## Les références

---

- [1] : REJET. ; WWDR. (2017). Les eaux usées une ressource inexploitée. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, 183p.
- [2] : <https://www.1h2o3.com/apprendre/parametres-eaux-usees/caracteristiques-eaux-usees/>
- [3]: HAMED. M, GUETTACHE A & BOUAMER L, 2012, Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar. pp 7, 9
- [4] : MERABET. S, 2010. Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et Distribuées du barrage réservoir de beni Haroun. Mémoire de magister chimie analytique. Université mentouri de Constantine. pp 4, 5,9.
- [5] : Yang G.P., Zhao Y.H., Lu X.L., Gao X.C. (2005). Colloid, Surf, A 264, 179–186.
- [6] : Crini, G., 2006. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal : A review. Bioresource technology, 97, 1061-1085
- [7] : D. Sedel , Enjolras .O; MC. Dicrescenzo. « Thérapeutiques dermatologiques Locales ».article .Gaz Med Fr .14.(1978) p.( 495-510).
- [8] : Tabib Fadila,2020, Evaluation des performances épuratoires de la STEP de Groupement Reggane Nord GRD ,Mémoire master académique , Université Ahmed draia adrar, Algérie.
- [9] : Dhina BENSENANE, Fadia KHADOUDJA, etude de L'élimination de colorants en solution aqueuse par biosorption sur les feuilles du pistachier lentisque suivie d'une photocatalyse hétérogène, Mémoire de Magister, Université Houari boumadienne, 2014.
- [10] : [fr.hach.com/industries/wastewater/biological-treatment](http://fr.hach.com/industries/wastewater/biological-treatment)
- [11] : M. CAPON, V. COURILLEAU, C. VALETTE, Chimie des couleurs et des odeurs, Jan. (Association Culture Technique), (1993).
- [12] : ] Karl W., Chimie organique. Edition Eyrolles, (1981
- [13] : Daneshvar n., salari,d., khatace,a.r., 157 (2003) 111. Yahoui s. Kerrouche k (Etude de l'élimination des colorants de textiles par adsorption sur des différents charbons actifs préparés à base des noyaux de dattes) mémoire de master, université bouira 2017 .
- [14] : Mr Lamri NAIDJA, Elimination du colorant orange II en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption, Magister en chimie, Université Mentouri de Constantine, 2010, page 9,10,11,26,27,29,31,32

## Les références

---

- [15] : Nour BOUANIMBA, Etude comparative de la dégradation photochimique et photocatalytique de quatre colorants : Impact de la structure chimique et corrélation entre l'adsorption et l'activité photocatalytique de TiO<sub>2</sub>, Thèse de doctorat, Université - Constantine 1, 2014, page 7, 9,12,13,175
- [16] : HALIMACHENINI, Etude de la dégradation par voie photochimique de polluant organique « ORANGE G » en milieu aqueux homogène et hétérogène, Thèse de doctorat, Université Mentouri-Constantine, page 5,8
- [17] : SEKRIFA Mohamed Lamine, Étude des propriétés adsorbantes des charbons activés issus des noyaux de dattes. Application au traitement d'effluent aqueux, thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, 2012/2013, page 3,4,6, 23,30
- [18] : Mlle Benamraoui Faouzia, Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture, Diplôme de magister, Université Ferhat Abbas Setif-1, 2014, page 10,11
- [19] : Medkhel Abdallah, Adsorption du bleu méthylène par charbon actif, Mémoire de master, Université Echahid Hamma Lakhdar -El Oued-, 2018, page 4, 5,12, 27,28
- [20] : Samia. ZEGGAI et Lemya KHERCHOUCHE, Etude de l'adsorption d'un colorant textile en solutions aqueuses sur un charbon actif, Mémoire de master, Ain Defla, Université Djilali Bounaama KHEMIS MILIANA, 2018, page 16, 20,21
- [21] : Tabib Fadila, 2020, Evaluation des performances épuratoires de la STEP de Groupement Reggane Nord GRD, Mémoire master académique, Université Ahmed draia adrar, Algérie.
- [22] : Mertahri Mohammed Saïd. (2012), Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitée, par des procédés mixtes, cas de la STEP est de la ville de TiziOuzou, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie.
- [23] : Taib Abderrahmane, Aptitude Physicochimique Des Eaux Epurées De Step De Boumerdes  
A L'irrigation, Mémoire De Master, Algérie, 2014
- [24] : Gomella C et Guerre H, (1978), «Le traitement des eaux publiques, industrielles et Privées», Ed. Eyrolles, Paris, 262 p
- [25] : Libes Y, (2010), «Les eaux usées et leur épuration».
- [26] : Crini, G., 2006. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal : A review. Bioresource technology, 97, 1061-1085.
- [27] : Lefustec, M. 1979, Technologie des matières et industries textiles. Eyrolles, Paris.
- [28] : Ben Mansour, H., Boughzala, O., Dridi D., Barillier, D., Chekir-Ghedira, L., Mosrati, R. 2011, Les colorants textiles sources de contamination de l'eau : CRIBLAGE de la toxicité et des méthodes de traitement.

## Les références

---

- [29] : Errais, E. 2011, Réactivité de surface d'argiles naturelles : Etude de l'adsorption de colorants anioniques
- [30] : Slama, H. B., Chenari Bouket, A., Pourhassan, Z., Alenezi, F. N., Silini, A., Cherif-Silini, H., Oszako, T., Luptakova, L., Golińska, P., and Belbahri, L., 2021. Diversity of synthetic dyes from textile industries, discharge impacts and treatment methods. Applied Sciences, 11(14), 6255. . <https://doi.org/10.3390/app11146255>
- [31] : ) Al-Tohamy, R., Ali, S. S., Li, F., Okasha, K. M., Mahmoud, Y. A.-G., Elsamahy, T., Jiao, H., Fu, Y., and Sun, J., 2022. A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches forenvironmental safety. Ecotoxicology and Environmental Safety, 231, 113160. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>
- [32] : <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>
- [33] : Tabib Fadila,2020, Evaluation des performances épuratoires de la STEP de Groupement Reggane Nord GRD ,Mémoire master académique , Université Ahmed draia adrar, Algérie
- [34] :Canuler ; P.Perrer, J.M.étude des prétraitement-cas du traitement des eaux. Documenttechnique FNDAE, crépages, 2004
- [35] :Pronost, J., Pronost, R., Deplat, L., Malrieu, J. and Berland, J., 2002 Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. - Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, et des affaires rurales (FNDAE n°22 bis), document technique, France
- [36] : :Balenne B ; Nguyen M ; C apdeville B ; Comier J.C ;Deguin A,(1992) \_Studying of factor controlling nitrite build ,up in biologique processus for water Sci.Technol
- [37] Silman.S.Y, (2002-2003), Etude de réhabilitation de la station d'épuration de Salyportudal, département de génie civil, diplôme d'ingénieur de conception, université Cheikh anta diop de Dakar, Sénégal.
- [38] : Libes Y, (2010), «Les eaux usées et leur épuration».
- [39] : Bontaux J, (1994), « Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle », 2emeédition Lavoisier technique et documentation, 225p
- [40] : Dunglas. (2014). La réutilisation des eaux usées. Académie d'agriculture de France. Note de travail N°5. pp2-3.
- [41] : F. Zaviska, P. Drogui, G. Mercier, et J.-F. Blais, « Procédés d'oxydation avancée dans le traitement des eaux et des effluents industriels: Application à la dégradation des polluants réfractaires », Revue des sciences de l'eau, vol. 22, no 4, p. 535, 2009
- [42] : H.L. Needles, Textile fibers, dyes, finishes, and processes, Noyes Publications Mill Road, Park Ridge, New Jersey, USA, (1986).

## Les références

---

[43] : BAGHRICVHE O (2005). Contribution de méthodes destructives (Photolyse et P.O. A's) et non destructives à l'élimination de deux colorants (bleu de méthylène et rouge Congo) en solution aqueuse. Mémoire de magister en science exacte, option chimie, université de CONSTANTINE, pp : 3,9, 10.

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

[45] : NAIT MERZOUG N (2014). Application des tiges de dattes dans l'adsorption de polluants organiques. Mémoire de magister en chimie physique et analytique, option traitement

des eaux et environnement, université de SOUK AHRAS, pp : 50

[46] : SEDIRA.N , Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes, Mémoire de magister , Université Mohamed Chérif Massaadia Souk-Ahras. (2013)

[47] : M. Belkacem Bouacherine. 2020. « Bioremédiation des milieux aquatiques Application à des

polluants modèles ». Mostaganem: Abdelhamid Ibn Badis.

[48] : H.Maiza. 2000. « Modélisation des cinétiques d'adsorption dans le cas du phénol et du bleu de méthyle sur le charbon actif en grain ». Ingénieur d'état, Ecole Nationale Supérieur Polytechnique.

[49] Cassan Ph, Baglin A, Frit D (1976), les hyperoxaluries, Revue de médecine 17, p 803808.

[50] REZANE Khaoula KHAMMI Sarah. MEMOIRE DE MASTER EN GENIE CHIMIQUE. Promotion 2015/2016, p 36

[51] : SIDN, Valorisation des déchets agro-alimentaires(cas des coquilles de noix et grains d'olives), université Kasdi merbah Ouargla, mémoire Master, 06 /07 / 2019 .

[52] : Norbert Latruffe, Françoise Bleicher-Bardeletti, Bertrand Duclos et Joseph Vamecq, Biochimie, Dunod, 2017, p. 87.

[53] : Payen, A. (1838) "Mémoire sur la composition du tissu propre des plantes et du ligneux" (Memoir on the composition of the tissue of plants and of woody [material]), Comptes rendus, vol. 7, pp. 1052–1056. Payen added appendices to this paper on December 24, 1838 (see: Comptes rendus, vol. 8, p. 169 (1839)) and on February 4, 1839 (see: Comptes rendus, vol. 9, p. 149 (1839)). A committee of the French Academy of Sciences reviewed Payen's findings in : Jean-Baptiste Dumas (1839) "Rapport sur un mémoire de M. Payen, reltes rendus, vol. 8, pp. 51–53. In this report, the word "cellulose" is coined and author points out the similarity between the empirical formula of cellulose and that of "dextrine" (starch). The above articles are reprinted in: Brongniart and Guillemin,

## Les références

---

eds., *Annales des sciences naturelles ...*, 2nd series, vol. 11 (Paris, France: Crochard et Cie., 1839), [ //books.google.com/books?id=VDRsFWwgUo4C&pg=PA21 pp. 21–31].

[54] : Raymond Young, *Cellulose structure modification and hydrolysis*, New York, Wiley, 1986 ([ISBN 978-0-471-82761-0](#))

[55] : Shiro Kobayashi, Kashiwa, Keita, Shimada, Junji, Kawasaki, Tatsuya et Shoda, Shin-ichiro, « *Enzymatic polymerization: The first in vitro synthesis of cellulose via nonbiosynthetic path catalyzed by cellulase* », *Makromolekulare Chemie. Macromolecular Symposia*, vol. 54–55, n° 1, .p ,1992 509–518 ([DOI 10.1002/masy.19920540138](#))

[56 ;]Krassig H., Schurz J., 2002, Cellulose, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 6th ed, Wiley.

[57] : Le Roux, J. (2003). *Modification des fibres cellulosiques: amélioration des propriétés hydrophiles des pâtes bisulfites* (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).

[58] : Tessaoui .M, *Élimination d'un colorant basique par charbon actif préparé*, Mémoire master Université Abdelhamid ibn badis (2022).

[59] : Rebiere, J., *Nouvelle méthodologie pour la caractérisation de distributions de masses molaires d'échantillons cellulosiques complexes*. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique (Toulouse), 2017.

[60] :Source : C. Mongioví and G. Crini.

[61] : (en) Reginaldo A. Festucci-Buselli, Wagner C. Otoni et Chandrashekhar P. Joshi, « *Structure, organization, and functions of cellulose synthase complexes in higher plants* », *Brazilian Journal of Plant Physiology*, vol. 19, .mars 2007, p 1–13 ([ISSN 1677-9452](#), [DOI 10.1590/S1677-04202007000100001](#), [lire en ligne \[archive\]](#), consulté le 10 mars 2024).

[62] : **123dok - Configuration et structure moléculaire de la cellulose** : Détails sur la configuration des chaînes et les allomorphes.

[63] : Klemm, D., *Comprehensive Cellulose Chemistry*, Wiley-VCH, 1998.

[64] : Moon, R. J., et al., "Cellulose nanomaterials review", *Chemical Society Reviews*, 2011.

[65] : French, A. D., *"Idealized powder diffraction patterns for cellulose polymorphs"*, *Cellulose*, 2014.

[66] : *Photoluminescence properties of gadolinium oxide nanophosphor*

## Les références

---

*B Rudraswamy and N Dhananjaya Department of Physics, J.B. Campus, Bangalore University,*

*Bangalore, INDIA IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 40 (2012) 012034*

[67] : <http://www.lenntech.fr/adsorption.htm>.

[68] : *Oubagha N. Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique, Mémoire de Magister, <http://natureplast.eu/marche-des-bioplastiques-2017-2022/>*

[69] : *Weber W. J, McGinley R.M, Katz L.E., Sorption phenomena in effects on contaminant transport, Water. Research, 1991, 25, p.499-528.*

[70] : *Freundlich H: Ueber die adsorption in loesungen. Engelmann,Leipzig, 1906.*

## ملخص

يعد التلوث مياه الصرف الصحي بالاصباغ احد القضايا الرئيسية التي يجب معالجتها في الدول الصناعية يتم استخدام العديد من التقنيات التقليدية لازالة الاصباغ من مياه الصرف الصحي

في هذه الاطروحة نركز على عملية الامتصاص الاصباغ النسيجية يتم اجراء المعالجة باستخدام مادة ماصة بيولوجيا وفي هذه الحالة السيليلوز نقوم بتحليل تاثير المعلمات التشغيلية المختلفة على كمية الامتصاص مما في ذلك وقت التلامس و تركيز الصبغة الاولى و درجة حموضة المحلول

**الكلمات المفتاحية:** السيليلوز ، الامتزاز ، الملونات، معالجة المياه الملوثة

## Résumé

La pollution des eaux usées par les colorants est l'un des problèmes majeurs auxquels il faut s'attaquer. Seuls les pays industrialisés utilisent de nombreuses méthodes conventionnelles pour éliminer les colorants des eaux usées. Dans cette mémoire nous nous concentrons sur le processus d'adsorption des colorants textiles. Le traitement est réalisé à l'aide d'un matériau biologiquement absorbant, en l'occurrence la cellulose. Nous analysons l'effet de différents paramètres opérationnels sur la quantité d'absorption, notamment le temps de contact, la concentration initiale de la formulation et le pH de la solution.

**Mots clés :** cellulose, adsorption, , colorants, traitement des eaux usée

## Abstract

Wastewater pollution by dyes is one of the major problems that needs to be addressed. Only industrialized countries use many conventional methods to remove dyes from wastewater.

In this thesis, we focus on the absorption process of textile dyes. The treatment is carried out using a biologically absorbent material, in this case cellulose. We analyze the effect of various operational parameters on the amount of absorption, including contact time, initial formulation concentration, and solution pH.

**Key words :** cellulose, adsorption, dyes, water treatment.