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

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCEN

MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN CHIMIE

Spécialité : Chimie Macromoléculaire

Par :

Mr BENKHALED Mohammed Amin

Sur le thème

Préparation des copolymères modifiés à base d'un biopolymère – Application à la rétention des colorants

---

Soutenu online le 06 octobre 2020 à Tlemcen devant le jury composé de :

Mr MEDJAHED Kouider	Professeur	Université de Tlemcen	Président
Mr TENNOUGA Lahcène	Professeur	Université de Tlemcen	Examinateur
Mr BENABADJI Ismet	Maitre de conférences A	Université de Tlemcen	Examinateur
Mr BOURAS Brahim	Maitre de conférences A	Université de Tlemcen	Encadreur
Mr HOCINE Tayeb	Maitre de conférences B	Université de Tlemcen	Co-encadreur

Année Universitaire : 2019 ~ 2020

Remerciement

En tout premier lieu, je remercie ***le bon Dieu****, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.*

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire d'Applications des Électrolytes et des Polyéléctrolytes Organiques (LAEPO) à l'Université de Abou Bekr-Belkaid Tlemcen.

J'exprime mes sincères remerciements à mon encadreur monsieur Mr. Bouras Brahim Maitre de conférences classe A à l'université de Tlemcen de son encadrement, ses précieux conseils et la confiance qu'il m'a toujours témoignée m'ont été d'une grande aide.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury, Mr. Tanouga Lahcène Professeur à l'ESSA de Tlemcen et Mr. Benabadji Kamel Ismet Maitre de conférences classe A à l'université de Tlemcen en tant qu'examinateurs et Mr. Medjahed Kouider professeur à l'université de Tlemcen en tant en que président de jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Un grand merci à Monsieur A. BELAID doctorant à l'université de Tlemcen et à Madame S. ZIANI l'ingénieur du Laboratoire (LAEPO) pour leurs aides.

Enfin, j'adresse un grand merci pour tous ceux qui ont contribué de loin ou de près pour que ce travail soit réalisé.

Dédicaces

A ma grande famille avec tous mes sentiments de respect, d'amour et de gratitude, je cite en particulier :

Mon très cher père *Ma très chère mère*

Mon frère *Mes sœurs*

A toute mes amies et mes collègues le long de mes études

A tous qui sont chers pour moi

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE **1**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES **3**

Chapitre 1 : Rappel Bibliographique

PARTIE I : GENERALITES SUR LE SYSTEME CARBOXYMETHYLCELLULOSE, ACRYLAMIDE ET N-VINYLPYRROLIDONE **4**

I.1. RAPPEL SUR LES BIOPOLYMERES **4**

I.1.1. Définition 4

I.1.2. Type des biopolymères 4

1.1.3. Les caractéristiques des biopolymères 4

I.2. CARBOXYMETHYLCELLULOSE **5**

I.2.1. Définition 5

I.2.2. Obtention du carboxyméthylcellulose (CMC) 6

I.2.3. Propriétés du carboxyméthylcellulose 7

I.2.4. Les applications du carboxyméthylcellulose (CMC) 8

I.3. ACRYLAMIDE **8**

I.3.1. Définition 8

I.3.2. Propriétés physico-chimiques de l'acrylamide 9

I.3.3. Polymérisation de l'acrylamide (PAM) 9

I.4. N-VINYLPYRROLIDONE **10**

I.4.1. Définition 10

I.3.2. Propriétés physico-chimiques de N-vinylpyrrolidone 11

PARTIE II : GENERALITES SUR LA THEORIE D'ADSORPTION **12**

II.1. L'ADSORPTION **12**

II.2. TYPE D'ADSORPTION **13**

II.2.1. Adsorption Physique (Physisorption) 13

II.2.2. Adsorption chimique (Chimisorption) 13
II.3. CINETIQUES D'ADSORPTION 14
II.3.1. Modèle pseudo-premier ordre 14
II.3.2. Modèle pseudo second ordre : 15
II.3.3. Modèle de diffusion intra-particulaire 15
II.4. MECANISME D'ADSORPTION 16
II.5. LES MODELES D'ADSORPTION 16
II.5.1. Modèle de Langmuir 17
II.5.2. Le modèle de Freundlich 17
II.5.3. Le modèle de Temkin 18
II.6. THERMODYNAMIQUE D'ADSORPTION 18
II.7. FACTEURS INFLUENÇANT L'ADSORPTION 19
PARTIE III : GENERALITE SUR LES COLORANTS 20
III.1. INTRODUCTION 20
III.2. CLASSIFICATION DES COLORANTS 21
III.2.1. Classification chimique 21
III.2.2. Classification tinctoriale 23
III.3. UTILISATIONS 26
III.4. TOXICITE DES COLORANTS 27
III.5. METHODES DE TRAITEMENT DES COLORANTS 27
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 28

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

II.1. INTRODUCTION : 31
II.2. LA SPECTROPHOTOMETRIE UV-VISIBLE 31
II.2.1. Loi de Beer -Lambert 31
II.3. SPECTROSCOPIE INFRAROUGE A TRANSFORMEE DE FOURIER (FTIR) 32
II.4. ANALYSE THERMOGRAVIMETRIQUE (ATG) 33
II.5. DIFFRACTION DES RAYONS X (DRX) 34
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 36

Chapitre 3 : Résultats et discussion

PARTIE I METHODES D'APPLICATION DES COPOLYMERES A LA RETENTION DES COLORANTS 37

I.1. PREPARATION DES COPOLYMERES 37

I.2. PREPARATION DE LA SOLUTION DE COLORANT 37

I.3. DIFFERENTS PARAMETRES ETUDIES DANS CE TRAVAIL 38

PARTIE II RETENTION DE BLEU DE METHYLENE 39

II.1. SPECTRES UV VISIBLE DU COLORANT BLEU DE METHYLENE (BM) 39

II.1.1. Détermination de la longueur d'onde maximale 39

II.1.2. Vérification de la loi de Beer-Lambert 40

II.2. ETUDE DE L'ADSORPTION DU COLORANT 41

II.2.1. pH de point de charge nulle pH_{pzc} : 41

II.2.2. L'effet du pH initial de la solution de colorant 44

CONCLUSION GENERALE 45

Liste des figures

Figure I.1 : Structure chimique de CMC…… 6
Figure. I.2 : Schéma réactionnel de l'obtention du Na-CMC……. 7
Figure. I.3 : Structure de l'acrylamide…… 9
Figure. I.4 : structure de N-venylpyrrolidone…… 11
Figure I.5 : Différents modes de rétention d'un élément métallique au sein d'un solide….. 13
Figure I.6 : Mécanisme du transport d'un adsorbat au sein d'un grain solide.
1- diffusion externe ; 2- diffusion interne (dans les pores) ; 3- migration en surface…… 16
Figure I.7 : Molécule d'un colorant azoïque…….. 22
Figure I.8 : Molécule d'un colorant anthraquinonique…….. 22
Figure I.9 : Structure du colorant triphénylméthane…….. 23
Figure I.10: Structure de carmin d'indigo…… 23
Figure I.11: Structure d'un colorant Nitrosés…….23
Figure I.12: Structure de phtalocyanine de cuivre……..24
Figure I.13: Structure moléculaire d'un colorant xanthène…….24
Figure I.14: Structure d'un colorant mordant…….25
Figure I.15: Structure du colorant C.I. Acid red 27……25
Figure I.16: Structure du bleu de méthylène……...26
Figure I.17: Structure du Noir Réactif 5…….26
Figure I.18: Structure de Rouge de Congo…… 26
Figure I.19: Structure de C.I. disperse Red 220…… 27
Figure II.1 : Schéma de principe d'un spectrophotomètre UV-Visible…… 31
Figure II.2 : Spectrophotomètre UV-visible Model Optizen 1412 V……... 32
Figure II.3 : Exemples de valeurs des vibrations de valence de quelques fonctions ……33
Figure II.4 : Spectrophotomètre Infra-Rouge à transformée de fourrier (FTIR) de type Agilent Technologies Cary 600……...33
Figure II.5 : Appareil TA Instrument SDT Q600……..34
Figure II.6 : Schéma représentatif du phénomène de diffraction des rayons X……35
Figure II.7 : diffractomètre de rayon X (DRX) Rigaku…….36
Figure III.1 : Spectre UV-Visible du bleu de méthylène en fonction du pH.
C_{BM} = 20 mg. L-1 ……..39

Figure. III.2 : Courbe d'étalonnage de bleu de méthylène à λmax =664 nm…….41
Figure III.3 : Détermination de pH_{PCZ} (C KCl = 0,1N ; V= 100 mL; mP =30 mg.)
a) pour P1 ; b) pour P2 ; c) pour P3 ……43
Figure III. 4 : Variation de la quantité retenue qe et du pourcentage d'adsorption (T) du BM par le copolymère P3 en fonction du pH.
quantité retenue (■) ; Taux d'adsorption (■)
m P3= 30 mg ; C BM = 20 mg. L-1 ; V solution = 40 mL ; Vt d'agitation = 400 tr/min t d'agitation =3h T=18°C……..44

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Applications de CMC dans le domaine de l'industrie…….8
Tableau I.2 : Propriétés physico-chimiques de l'acrylamide……9
Tableau I.3 : Propriétés physico-chimiques de N-venylpyrrolidone…… 11
Tableau I.4 : Différence entre l'adsorption physique et chimique…….14
Tableau I.5 : les différents facteurs influençant l'adsorption ……20
Tableau I.6: Principaux groupements chromophores et auxochromes des colorants organiques……21
Tableau I.7 : les méthodes de traitement des colorants……..28
Tableau III.1: les différents copolymères synthétisés avec leurs pourcentages des constituants……..37
Tableau III.2 : Valeurs des points isoélectriques (PZC)……43

Introduction Générale

Introduction Générale

L'industrie textile s'étend à l'échelle mondiale et génère environ 1 000 milliards de dollars, contribue à hauteur de 7 % aux exportations mondiales totales et emploie environ 35 millions de travailleurs dans le monde **[1]**

Ce secteur industriel est l'un des plus grands pollueurs mondiaux et il consomme beaucoup les quantités de combustibles et de produits chimiques. Le programme spécial est mis sur l'énorme utilisation de l'eau potable dans diverses opérations de sa chaîne de production, telles que le lavage, le blanchiment, la teinture… etc. Il existe de nombreuses méthodes physique, chimique et biologique pour traiter et éliminer les colorants des effluents pollués tel que la coagulation et la floculation, la biodégradation, la filtration membranaire, l'oxydation chimique, échange d'ions, les méthodes électrochimiques et l'adsorption … **[2, 3]**

L'adsorption c'est une méthode très efficace, car elle élimine également la molécule entière de colorant et ne laissant aucun fragment dans l'effluent **[4]**. Actuellement, le charbon actif est le plus utilisé vue son fort pouvoir d'adsorption mais l'un de ces inconvénients, son cout élevé de sa préparation. Par conséquent, les chercheurs se sont tournés vers les méthodes de traitement à base de matériaux naturels moins couteux et largement disponibles.

Les hydrogels à base de polysaccharides (biopolymères) en tant qu'adsorbants, ont offert de nouveaux avenirs dans l'élimination des polluants des eaux usées. Les hydrogels polymères hydrophiles peuvent jouer un rôle essentiel dans l'élimination des polluants des eaux usées **[5]**. Les hydrogels ont un réseau tridimensionnel, insoluble, réticulé et semblable à un tissu **[6]**. Ces caractéristiques sont utiles pour la rétention de l'eau usée, la capacité de sorption élevée et l'élimination des polluants. Dans le développement de ce réseau, les polymères polysaccharides sont plus attrayants que les polymères synthétiques, en raison de leurs propriétés fonctionnelles, telles que : bonne hydrophilie, biodégradation et biocompatibilité **[7]**.

Ce travail a pour objectif de préparer et de caractériser des copolymères à base d'un biopolymère modifié (CMC-AM-NVP). Ce matériau est testé dans le traitement des eaux polluée par le colorant bleu de méthylène (BM).

Ce mémoire s'articule autour de trois chapitres :

- Le chapitre I est consacré à une synthèse bibliographique sur les matériaux argileux (classification et propriétés de surface), suivit par une description théorique de la théorie d'adsorption et clôturé par une étude bibliographique sur les colorants.
- Le chapitre II présente l'ensemble d'appareillage utilisé et les modes opératoires suivis au cours de cette étude.
- Le chapitre III sera consacré à la discussion de nos résultats.

Références bibliographiques

[1] A. Desore, S. A. Narula; Environment Development and Sustainability; 20(2018) 1439--1459.

[2] R.S. Blackburn; Environmental Science & Technology; 38 (2004) 4905--4909.

[3] G. Crini; Bioresource Technology 97 (2006) 1061–1085

[4] K. Kadirvelu, M. Kavipriya, C. Karthika, M. Radhika, N. Vennilamani, S. Pattabhi; Bioresource Technology 87 (2003) 129–132.

[5] R. Sahraei, M. Ghaemy; Carbohydrate Polymer; 157(2017) 823--833

[6] S. He, F. Zhang, S. Cheng, W. Wang; ACS Sustainable Chemistry and Engineering; 4(2016) 3948–3959.

[7] A. T. Paulino, M. R. Guilherme, A. V. Reis, G. M. Campese, E. C. Muniz, J. Nozaki; Journal of Colloid and Interface Science, 301(2006), 55–62.

Chapitre 1

Rappel Bibliographique

Partie I : Généralités sur le système Carboxyméthylcellulose, Acrylamide et N-vinylpyrrolidone

I.1. Rappel sur les biopolymères

I.1.1. Définition

Les biopolymères sont des polymères produits par des êtres vivants ou des polymères synthétisés à partir de ressources renouvelables de plantes, d'animaux, d'algues, ou fongiques, etc [**1]**. La cellulose et l'amidon sont des polysaccharides et sont d'origine végétale. Ils peuvent être aussi obtenus par polymérisation de monomères naturels et par la fermentation des micro-organismes**[2**]

I.1.2. Type des biopolymères

On a cinq types différents de biopolymères que l'on peut regrouper en trois classes **:**

- Polymères de synthèse : d'origine fossile.
- Polymères biodégradables : d'origine fossile (issus du pétrole) en ajoutant un additif qui permet de favoriser leur dégradabilité.
- Biopolymères de biomasse **:** ce sont les polymères issus de la biomasse. Il y a trois sortes :
  - ✓ Biopolymères issus de la faune et la flore : cette famille comprend l'amidon, la cellulose, les protéines……etc.
  - ✓ Biopolymères produits par polymérisation chimique : cette famille est constituée des acides polylactique (PLA).
  - ✓ Biopolymères produits par des micro-organismes génétiquement modifiés (PHA, PHB, PHV) **[3].**

1.1.3. Les caractéristiques des biopolymères

- *Biodégradabilité*

Aujourd'hui, le terme biodégradable est réservé aux polymères d'origine naturelle qui ont un pouvoir de se dégrader sous l'action de microorganismes. En présence d'oxygène Leurs décompositions moléculaire et chimique conduisent à la formation de CO_2 et d'H_2O ou à la formation de CH_4, CO_2**,** et d'H_2O en milieu anaérobie.

La biodégradabilité Dépend de différents facteurs que l'on peut regrouper en trois grandes catégories : Les paramètres physico-chimiques, les paramètres micro -biologiques et la structure chimique et la morphologie du polymère.

- *Perméabilité à la vapeur d'eau*

La majorité des biopolymères sont hydrophiles due à la présence de fonctions polaires hydroxyle et/ou amine qui ont une forte réactivité avec l'eau par formation de ponts hydrogènes, ce qui leur confère une propriété antistatique. Cette propriété souhaitable dans les emballages des produits humides leur laissant la possibilité de continuer de sécher pendant les étapes de stockage et de transport [**2**].

- *Biocompatibilité*

C'est-à-dire le matériau est capable d'assurer une fonction avec une réponse appropriée et sans effets indésirables sur l'environnement biologique dans lequel il est appelé à fonctionner.

- *Propriétés chimiques*

La présence des fonctions chimiques sur les molécules leur donne des propriétés particulières telles que la facilité de réagir avec d'autres molécules. Cette réactivité est due à la présence des fonctions alcool, acide, amine ou aldéhyde qui réagissent facilement grâce à leur site nucléophile et électrophile.

I.2. Carboxyméthylcellulose

I.2.1. Définition

La carboxyméthylcellulose (CMC) a fait l'objet d'une grande attention scientifique, notamment en raison de son caractère polyélectrolytique et c'est l'éther de cellulose le plus utilisé aujourd'hui.

La (CMC) a été préparé pour la première fois en 1918 et commercialisé au début des années 1920 dans Allemagne **[4]**. C'est un dérivé de la cellulose naturelle. La CMC purifié est une substance granulaire blanche légèrement jaunâtre ou grisâtre, présentée en poudre inodore, hydrosoluble, renouvelable, non toxique, Biodégradable et biocompatible. Contrairement à la cellulose, la CMC peut être dissoute dans l'eau chaude ou froide.

La CMC est disponible à différents niveaux de viscosité **[5]**. La formule générale de la CMC est la suivante : $[C_6H_7O_2(OH)_x(OCH_2COONa)_y]_n$

Où : n est le degré de polymérisation

x varie de 1,50 à 2,80 y varie de 0,2 à 1,50.

y le degré de substitution. Avec x + y = 3,0

N.B:

Seules les CMC dont le degré de substitution est compris entre 0,6 et 1,0 sont complètement hydrosolubles **[6]**.

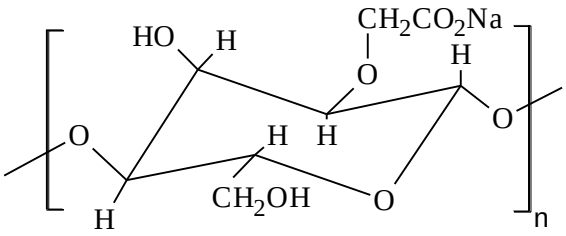


Figure I.1: Structure chimique de CMC

I.2.2. Obtention du carboxyméthylcellulose (CMC)

La carboxyméthylcellulose de sodium (Na-CMC) est généralement obtenue par réaction de cellulose pure et d'acide monochloracétique et/ou de monochloracétate de sodium en présence d'hydroxyde de sodium, en deux étapes : alcalinisation et éthérification. La soude ayant pour double rôle d'une part de rendre la cellulose réactive par formation d'alcali cellulose et d'autre part de neutraliser l'acide chlorhydrique formé **[7]**

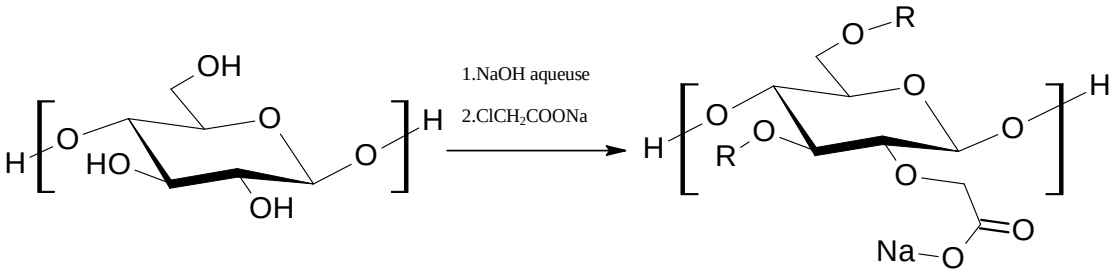
- ***Première étape*** *« alcalinisation »*

La cellulose est suspendue dans un alcalin pour ouvrir la chaîne de cellulose liée, ce qui permet la pénétration de l'eau. Le traitement de l'exposition de la cellulose à la soude caustique (hydroxyde de sodium) consiste à casser les groupes cristallins et à obtenir un complexe alcalin-cellulose, un substrat qui permet d'accéder à la réaction de carboxyméthylation.

$$R\text{-}OH + NaOH + H_2O \longrightarrow R\text{-}OH: NaOH$$

- ***Deuxième étape «*** *Ethérification »*

Dans cette étape, on fait réagir la cellulose alcaline avec du monochloracétate de sodium pour obtenir de la carboxyméthylcellulose de sodium (Na-CMC)selon le schéma réactionnel indiqué sur la figure I.2 **[8].**



Avec : R=H ou CH_2COONa

Figure. I.2 : Schéma réactionnel de l'obtention du Na-CMC

I.2.3. Propriétés du carboxyméthylcellulose

- Non toxique, non allergénique, biodégradable, fabriqué à moindre coût.
- Présente une bonne adhésion avec une extraction facile
- Ayant une capacité d'adsorption très élevée formant ainsi une pâte très dense, et insoluble dans les solvants organiques.
- Hosne Ara Begum et Mohammad Khalid Bin Mahbub indiquent que les dérivés carboxyméthyliques de la cellulose (CMC) préparés à partir de la bagasse de la canne à sucre sont des sorbants efficaces pour éliminer le bleu de méthylène (BM) des solutions aqueuses **[9].**
- La possibilité d'obtenir une grande viscosité à de basses concentrations, sa capacité à agir en tant qu'épaississant, et en tant qu'agent tensio-actif **[5].**
- La carboxyméthylcellulose de sodium se dissout aisément dans l'eau froide et dans l'eau chaude **[7].**

I.2.4. Les applications du carboxyméthylcellulose (CMC)

La CMC est un polymère à large application comme il est indiqué dans le tableau I.1.

Tableau I.1 : Applications de CMC dans le domaine de l'industrie [**10**]

Industries	Domaines d'applications
Papiers	Additifs internes
Détergents	Blanchisserie- Il contribue à briser la saleté dans les tissus de coton ou d'autres cellulosique en créant une barrière de charge négative empêche la saleté de déposer sur la fibre
Cosmétiques	Dentifrice.
Textiles	Pate d'impression, teinture
Aliments	Desserts congelés -substitut des matières grasses, du sucre ou encore des œufs dans les crèmes
Applications médicales	Indiqué contre la sécheresse oculaire, il est utilisé dans la composition de larmes de substitution.

I.3. Acrylamide

I.3.1. Définition

L'acrylamide est un composé synthétique toxique et neurotoxique présente sous la forme de cristaux blancs pailletés, inodores, qui se subliment lentement à la température

ambiante **[11]**. Il possède les propriétés caractéristiques de la fonction amide (hydrolyse, déshydratation, estérification, condensation avec les aldéhydes) et celles du groupement vinylique (réaction d'addition, de polymérisation et de copolymérisation) **[12]**. Il donne naissance à l'oxyde et le dioxyde de carbone, de l'ammoniac et/ou des oxydes d'azote après sa décomposition au-dessus de 175°C **[13].** Il est soluble dans l'eau (215,5 g / 100 mL à 30°C) et dans la majorité des solvants organique (acétone, acétate d'éthyle, éthanol…). Sa structure est représentée dans la figure suivante :

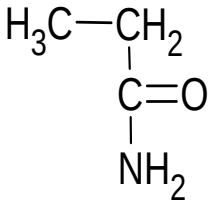


Figure. I.3 : structure de l'acrylamide

I.3.2. Propriétés physico-chimiques de l'acrylamide

Le Tableau I.2 regroupe les principales propriétés physico-chimiques de l'acrylamide.

Tableau I.2 : Propriétés physico-chimiques de l'acrylamide.

Formule brute	$C_3 H_5NO$
Masse molaire	71 ,08 g /mol
Solubilité	2040 g / l à 25°C
Température de fusion	84,5 °C
Température d'ébullition	125°C sous 3,33 kPa.
Masse volumique	1,122 g/ cm^3
Température d'auto-inflammation	424 °C

I.3.3. Polymérisation de l'acrylamide (PAM)

L'acrylamide peut se polymériser en solution, en émulsion inversé, en masse, en suspension et par précipitation. La polymérisation de l'acrylamide donne des polymères de haut poids moléculaire **[14]**, et les méthodes de synthèse ont été examinées **[15]**.

L'acrylamide peut se polymériser dans diverses conditions, comme l'exposition à l'humidité, sous l'action de la chaleur, des rayons ultraviolets ou des ultrasons et en présence

d'initiateurs comme les peroxydes et les persulfates même sous forme de traces. La réaction est exothermique et peut devenir dangereuse [**16**]. Concernant cette polymérisation, On a deux choix : Une polymérisation par voie anionique d'une part, et par voie radicalaire d'autre part.

- *Polymérisation anionique*

Cette méthode est assez longue et délicate à réaliser. Mais elle a un avantage de donner des chaînes de tailles bien spécifiques et très mono disperses.

- *Polymérisation radicalaire*

La réaction est simple peut se faire en utilisant plusieurs types d'initiateurs, comme les peroxydes[**17**] , les persulfates[**18**] **,** les composes azoïques **[19, 20]** et les systèmes redox **[21]** . Cette réaction montre une forte dépendance avec la température, pH, concentration du monomère et le milieu réactionnel [20]. Cette réaction donne généralement des chaînes de très grandes masses (3 à 8 millions), pas trop polydisperses (p ≈ 2), et le produit est un solide amorphe de Tg ≈188°C, cette valeur élevée étant due à la présence des liaisons hydrogène.

I.4. N-vinylpyrrolidone

I.4.1. Définition

Le N-vinylpyrrolidone (NVP) est un liquide incolore et jaunâtre à l'état frais, avec une odeur caractéristique, complètement miscible avec l'eau et la plupart des solvants organiques, mais seulement partiellement miscibles avec les hydrocarbures aliphatiques **[22]**. Il est utilisé comme diluant réactif dans les rayons ultraviolets et les polymères durcissables par faisceau d'électrons appliqués comme encres, revêtements ou adhésifs. Sa structure est représentée dans la figure suivante :

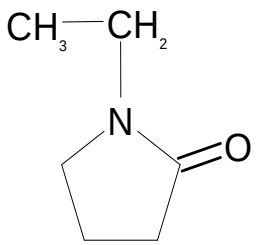


Figure. I.4 : structure de N-vinylpyrrolidone.

I.3.2. Propriétés physico-chimiques de N-vinylpyrrolidone

Les principales caractéristiques de ce monomère sont regroupées dans le Tableau I.3.

Tableau I.3 : Propriétés physico-chimiques de N-vinylpyrrolidone

Formule brute	C_6H_9NO
Masse molaire	111.144 g /mol
Température de fusion	13-14 °C
Température d'ébullition	92-95°C sous 1.3 kpa
Masse volumique	1.04 g/ cm^3

Partie II : Généralités sur la théorie d'adsorption

II.1. L'adsorption

L'adsorption est une méthode de traitement ou de séparation, essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air elle est bien adaptée pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans notre environnement. Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Kayser en 1881 pour différencier entre la condensation du gaz à la surface **[23]**

Au cours de ce processus les molécules d'adsorbat (gaz ou liquide), arrivent à se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant, donc il y aura un transfert de matière de la phase aqueuse ou gazeuse vers la surface solide. Ce procédé définit la propriété de certains matériaux de se fixer à leur surface des molécules (gaz, ions métalliques, molécules organiques, etc.) d'une manière réversible. Le solide obtient alors des propriétés superficielles (hydrophobie ou hydrophile) **su**sceptibles de modifier l'état d'équilibre du milieu**.** En général, l'adsorption est un phénomène exothermique **[24]**.

On distingue deux types d'adsorption selon la nature des forces physique ou chimique mis en jeu et la quantité d'énergie dégagée lors de la rétention d'une molécule sur la surface d'un solide.

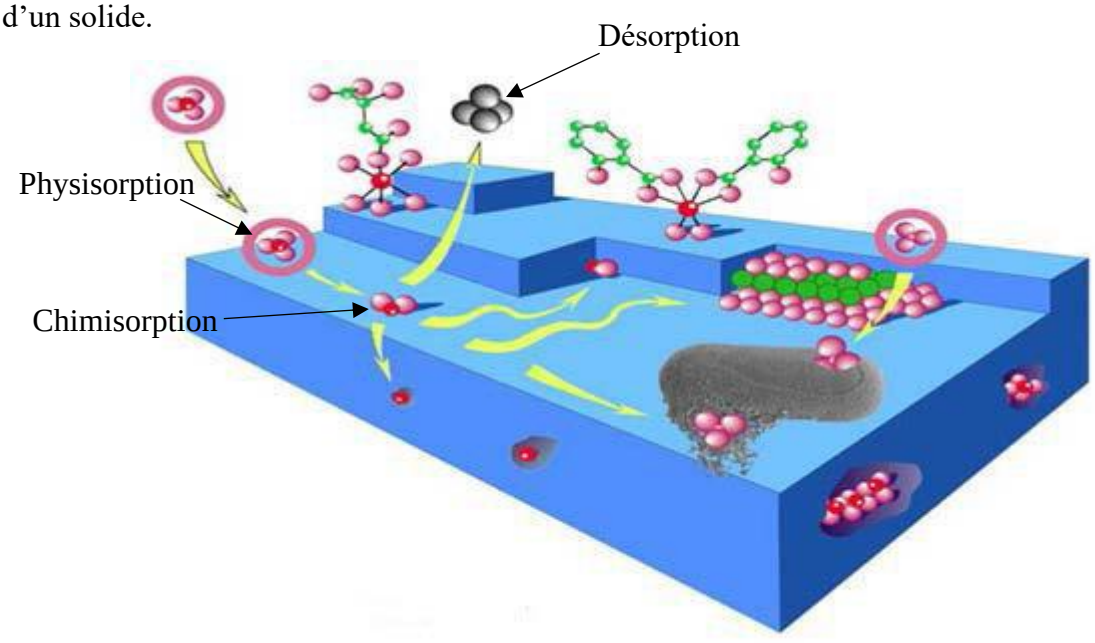


Figure I.5: Différents modes de rétention d'un élément métallique au sein d'un solide **[25]**

II.2. Type d'adsorption

II.2.1. Adsorption Physique (Physisorption)

L'adsorption physique qui est un processus réversible et spontané (équilibre dynamique d'adsorption et de désorption) due à des forces d'interaction physique, qui font intervenir des forces de Van Der Waals et des liaisons d'hydrogène. Dans ce cas la molécule adsorbée peut se déplacer librement à l'interface de site spécifique. Ce type d'adsorption souhaitable a basses températures. Elle est caractérisée par une énergie d'adsorption faible (la molécule adsorbée n'est pas donc fortement liée)**[26]**.

II.2.2. Adsorption chimique (Chimisorption)

Ce processus irréversible résulte d'une réaction chimique avec formation de liaisons chimiques **(**covalentes ou ioniques**)** entre les molécules d'adsorption et la surface d'adsorbant. Ce type d'adsorption est favorable à haute température **[27]** et met en jeu une énergie très élevée. La comparaison des deux types d'adsorption pourrait être illustrée à partir du tableau I.4.

Tableau I.4 : Différence entre l'adsorption physique et chimique **[28].**

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Energie d'adsorption	5 à 10Kcal/mol	20 à 100Kcal/mol
Température de processus	Relativement faible comparé à la température d'ébullition de l'adsorbat.	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbat.
Nature de liaison	Physique (Van der Waals)	Chimique
La désorption	Facile	Difficile

Energie d'activation	Faible	Elevée
La cinétique	Très rapide	Très Lente
Etat de surface	Formation de multicouche	Formation de monocouche

II.3. Cinétiques d'adsorption

L'avancement ou la progression de la quantité d'adsorbat fixée sur le solide en fonction du temps défini la cinétique du processus d'adsorption. C'est un outil très important au même titre que les isothermes d'adsorption qui permet d'évaluer et d'interpréter les paramètres thermodynamiques, et de comprendre les mécanismes du processus d'adsorption.

L'étude cinétique de processus d'adsorption nous aide par des informations sur le mécanisme d'adsorption et sur le mode de transfert des solutés de la phase liquide (adsorbat) à la phase solide (adsorbant). Dans ce travail nous allons utiliser le modèle cinétique pseudo premier ordre, le modèle cinétique pseudo-second ordre et le modèle de diffusion intra-particulaire.

II.3.1. Modèle pseudo-premier ordre

Ce modèle a été proposé par Lagergren **[29]** qui a supposé que la vitesse d'adsorption à un instant t soit proportionnelle à la différence entre la quantité adsorbée à l'équilibre et celle à L'instant t. Il est exprimé par la relation suivante :

$$\mathbf{ln(q_e - q_t) = ln\, q_e - K_1 t} \qquad (1)$$

Avec :

q_e représente la quantité de colorant adsorbé à l'équilibre (mg/g)

q_t représente la quantité de colorant adsorbé aux temps t (mg/g)

K_1 :la constante de vitesse de premier ordre (min^{-1}).

On peut calculer la quantité d'adsorbat fixé sur l'adsorbant à l'aide de l'équation suivante :

$$q_{t=}(C_0 - C_t) * \frac{V}{m} \qquad (2)$$

Avec :

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

C_0: concentration initiale ($mg.L^{-1}$)

C_e : concentration à l'équilibre ($m\ g.L^{-1}$)

V : volume de l'adsorbat (L)

m : masse de l'adsorbant (g)

L'ordonnée à l'origine et la pente de la droite nous permettent de calculer q_e et K_1 pour vérifier l'application de ce modèle pour un système donné.

II.3.2. Modèle pseudo second ordre :

En utilisons ce modèle on peut caractériser la cinétique d'adsorption en admettant une adsorption rapide du soluté sur les sites d'énergie élevée et une adsorption relativement lente sur les sites d'énergie faible. L'adsorption peut être représenté par un modèle dit de second ordre dont la relation est donnée sous la forme :

$$\frac{\mathbf{t}}{\mathbf{q_t}} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{K_2\ q_e^2}} + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{q_e}}\mathbf{t} \qquad (3)$$

Avec :

$\mathbf{q_e}$ et $\mathbf{q_t}$ représentent les quantités de colorant adsorbé à l'équilibre et aux temps t .

$\mathbf{K_2}$: la constante de vitesse d'adsorption pour le pseudo second ordre ($g.mg^{-1}.min^{-1}$).

II.3.3. Modèle de diffusion intra-particulaire

Ce modèle est utilisé quand la diffusion dans les pores est l'étape limite. Il est basé sur la théorie proposée par Weber et Morris (1963) **[30]**. L'expression mathématique de ce modèle est la suivante **[31]** :

$$qt = KD\sqrt{t} + C \qquad (4)$$

Avec :

$\mathbf{K_D}$: constante de vitesse de diffusion intra-particulaire ($mg.g^{-1}.min^{-1/2}$).

C : constante ($mg.\ g^{-1}$).

II.4. Mécanisme d'adsorption

Le processus d'adsorption se déroule en trois étapes selon le schéma représenté dans la figure suivante :

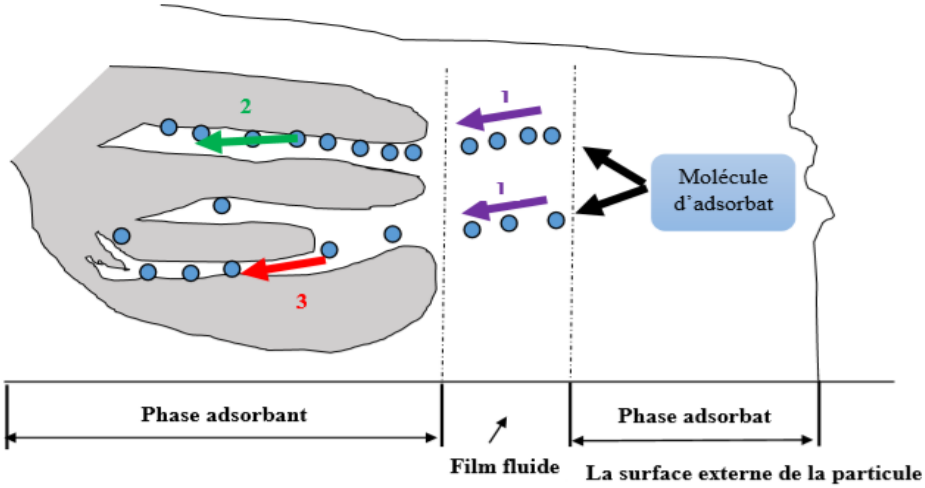


Figure I.6 : Mécanisme du transport d'un adsorbat au sein d'un grain solide.
1- diffusion externe; 2- diffusion interne (dans les pores); 3- migration en surface **[32]**

- *Diffusion externe (la première étape) :* Etape très rapide correspond au transfert de soluté ou l'adsorbat (molécule de la phase liquide) du sein de la solution à la surface externe des particules. Ce transfert dépend des conditions hydrodynamiques de l'écoulement d'un fluide dans un lit d'adsorbant.
- *Diffusion interne* : étape lente correspond à l'entrée profond des particules de fluide entre profondément dans les pores. Elle dépend du gradient de concentration de l'adsorbat.
- *Diffusion de surface :* Etape très rapide qui présente la fixation des molécules à la surface des pores.

II.5. Les modèles d'adsorption

Le phénomène d'adsorption a été modélisé par plusieurs modèles empiriques et mathématiques dont chacun repose sur des approximations et des hypothèses. Parmi les modèles largement utilisés, nous précisons :

II.5.1. Modèle de Langmuir

Ce modèle de Langmuir est basé sur ces propositions : " l'adsorption se produit en une seule couche". "Aucunes interactions entre les molécules adsorbées". "La surface de l'adsorbant est idéalement uniforme, c'est à dire que tous les sites d'adsorption ont les mêmes propriétés d'adsorption **[33]**". C'est un modèle simple et utilisé pour discuter sur les résultats trouvés au cours de l'adsorption des composés organiques en solution aqueuse.

L'équation de Langmuir donné par :

$$\mathbf{q_e = \frac{x}{m} = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e}} \qquad (5)$$

Avec :

- **X** : masse de l'adsorbat adsorbés (mg)
- **m** : masse de l'adsorbant (g)
- $\mathbf{q_m}$: capacité maximale de l'adsorbant appelée aussi capacité ultime ($mg.g^{-1}$)
- $\mathbf{K_L}$: cons tante de Langmuir ($L.mg^{-1}$)
- $\mathbf{C_e}$: concentration de l'adsorbat dans la phase liquide à l'équilibre ($mg.\ L^{-1}$)

L'équation linéaire **[34]** de ce modèle est donnée par :

$$\mathbf{\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{(q_m . K_L . C_e)}} \qquad (6)$$

On peut déterminer les deux valeurs $\mathbf{\frac{1}{q_m}}$ et $\mathbf{\frac{1}{K_L\, q_m}}$, En traçant la droite $\mathbf{\frac{1}{q_e} = f(\frac{1}{C_e})}$.

La valeur de $\mathbf{K_L}$ est liée à la force d'interaction entre la molécule adsorbée et la surface du solide. En effet, la valeur de $\mathbf{q_m}$ présente la quantité de soluté fixée par gramme de solide dont la surface est considérée comme totalement recouverte par une couche mono-moléculaire.

II.5.2. Le modèle de Freundlich

C'est un modèle empirique qui permet d'appliquer les isothermes d'adsorption sur des surfaces énergétiquement hétérogènes (cas de l'adsorption non idéale) et la formation de multicouches. Freundlich a proposé que l'énergie de liaison ou la chaleur d'adsorption décroit exponentiellement avec l'augmentation de la saturation de la surface du solide **[35,36]**. L'expression mathématique associée à ce modèle s'écrit comme suit :

$$\ln q_e = \ln(K_f) + \frac{1}{n}\ln(C_e) \quad (7)$$

Avec :

- **K_f, n :** les constantes de Freundlich uniques pour un composé donné.
- **K_f** caractérise le pouvoir adsorbant du support et $\frac{1}{n}$ l'affinité du soluté pour l'adsorbant.

La linéarisation de l'équation de Freundlich nous donnera :

$$q_e = K_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \quad (8)$$

On peut déterminer les deux valeurs $\frac{1}{n}$ et $\ln(K_f)$, En traçant la courbe ln **q_e= f (ln C_e)**

II.5.3. Le modèle de Temkin

Ce modèle peut tenir compte des interactions entre l'adsorbat et l'adsorbant. L'isotherme de Temkin [37] suppose que l'abaissement de la chaleur d'adsorption soit linéaire plus que logarithmique, L'isotherme de Temkin a été généralement présentée par l'équation suivante :

$$Q_e = (RT/b_T) \cdot \ln(A_T . C_e) \quad (9)$$

- $b_T$et A_T sont des constantes d'isotherme de Temkin.
- **R :** constante de gaz (8.314 K J mol^{-1}).
- C_e**:** la concentration à l'équilibre des ions métallique ($mg.l^{-1}$).
- **T :** la température absolue(k).

II.6. Thermodynamique d'adsorption

L'adsorption est un processus qui peut être endothermique ($\Delta H > 0$) ou exothermique ($\Delta H < 0$) selon le matériau adsorbant et la nature des molécules adsorbées. En générale, une variation d'un système s'accompagne d'une variation de l'énergie libre de Gibbs (ΔG). Cette variation dépend de l'état initial et de l'état final. Dans le cas d'une réaction des molécules sur une surface, l'énergie de Gibbs est composée de deux termes, un terme enthalpique (ΔH) qui indique les énergies d'interaction entre les molécules et la surface adsorbant, et un terme entropique (ΔS) qui exprime l'arrangement des molécules dans la phase liquide et sur la surface. La variation d'énergie libre de la réaction d'adsorption s'écrit comme suite :

$$\Delta G^\circ = RT \cdot \ln K_c \quad (10)$$

- ΔG° : la variation d'énergie libre (kJ/mol).
- R : la constante universelle des gaz (8,314 J/ mol.K).
- T : la température absolue (K).
- K_c : la constante d'équilibre.

II.7. Facteurs influençant l'adsorption

Le mécanisme d'adsorption peut être affecté par différents facteurs, lies soit à l'adsorbant, l'adsorbat ou les conditions opératoires

Tableau I.5 : les différents facteurs influençant l'adsorption

Facteurs liés à l'adsorbant	La nature des groupements fonctionnels La surface spécifique. La porosité. La masse de l'adsorbant et la granulométrie
Facteurs liés à l'adsorbat	La solubilité de l'adsorbat. La polarité. La masse molaire. La concentration dans la solution. La taille des particules.
Autres facteurs	La force ionique. Le pH et la température. L'agitation et les caractéristiques hydrodynamiques **[38]**.

Partie III : Généralité sur les colorants

III.1. Introduction

Les matières colorantes se distinguent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par transmission ou par réflexion sur un corps ou diffusion, résulte de l'absorption sélective d'énergie par les chromophores. La molécule colorante est un chromogène. Plus le groupement chromophore libère facilement un électron, plus la couleur est intense **[39]**.

Tableau I.6: Principaux groupements chromophores et auxochromes des colorants organiques.

Groupements chromophores	Groupements auxochromes
Azo (-N=N-)	Amino (-NH2)
Nitroso (-NO ou –N-OH)	Méthylamino (-NHCH3)
Carbonyl (=C=O)	Diméthylamino (-N(CH3)2)
Vinyl (-C=C-)	Hydroxyl (-OH)
Nitro (-NO2 ou =NO-OH)	Alkoxyl (-OR)
Sulphure (C=S)	Groupements donneurs d’électrons

Le tableau I.5 donne les groupements chromophores classés par intensité décroissante. D'autres groupes d'atomes du chromogène peuvent intensifier ou changer la couleur due au chromophore, ils sont appelés les groupements auxochromes. Les chromophores sont des systèmes à liaisons π conjuguées ou des complexes de métaux de transition. La coloration reliée aux transitions possibles après absorption du rayonnement lumineux entre ces niveaux d'énergie propres à chaque molécule **[40].** Un colorant est une espèce chimique solide ou liquide (molécule organique aromatique) qui se dissout pour former un mélange homogène dans le milieu où elle est introduite et modifie sa couleur.

III.2. Classification des colorants

Il existe des milliers de colorants synthétiques et seulement une dizaine de colorants naturels. Ces derniers sont classés selon leur structure chimique et leur méthode d'application aux différents domaines : textiles, papier, cuir…etc **[41].**

On distingue deux catégories de classification, chimique et tinctoriale.

III.2.1. Classification chimique

Elle basée sur la structure chimique et la nature du groupement chromophore **[42]**

- *Les colorants azoïques*

Ce type de colorant est caractérisé par la présence des groupements chromophore (**N=N**) qui relie entre deux noyaux benzéniques largement utilisé dans l'industrie textile grâce à sa résistivité à la lumière, aux acides, aux bases et à l'oxygène **[43]**

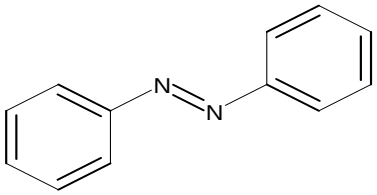


Figure I.7: Molécule d'un colorant azoïque

- Les colorants anthraquinoniques

Ce type des colorants est le plus utilisé après les colorants azoïques, généralement leur formule est dérivée de l'anthracène et le chromophore est un noyau quinonique sur lequel on trouve des groupes hydroxyles (**OH**) ou amino (**NH**).

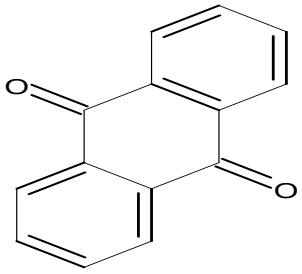


Figure I.8: Molécule d'un colorant anthraquinonique

- *Les colorants triphénylméthanes*

Ce type des colorants et ces dérivés représentent la plus ancienne classe des colorants synthétiques. Les triphénylméthanes sont appliqués intensivement dans les industries papetières et textiles pour teindre le nylon, la laine, la soie et le coton …

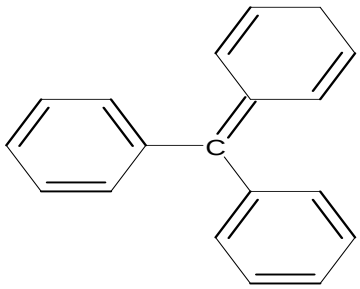


Figure I.9: Structure du colorant triphénylméthane.

- *Les colorants indigoïdes*

Cette appellation « indigoïdes » vient de l'indigo dont ces colorants dérivent, comme les homologues séléniés, soufrés et oxygénés, du bleu indigo peuvent entraîner d'importants effets hypochromes avec des couleurs pouvant aller de l'orange au turquoise.

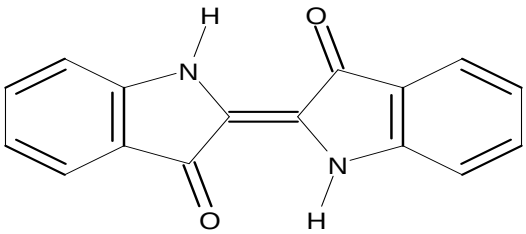


Figure I.10: Structure de carmin d'indigo

- *Les colorants nitrés et nitrosés :*

Cette famille est très limitée en nombre, parmi les classes les plus anciennes, moins répandus et présentent un faible intérêt industriel. Ils sont caractérisés par une structure simple ainsi que l'existence d'un groupe nitro (-NO2) en position ortho d'un électro-donneur (groupes aminés ou hydroxyle).

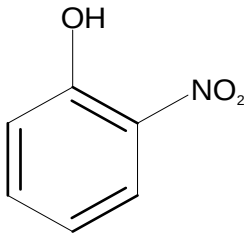


Figure I.11: Structure d'un colorant Nitrosés.

- *Les phtalocyanines :*

Ces colorants sont les produits de la réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, P etc.) **[44]**. Ils sont caractérisés par leur structure complexe basée sur l'atome central de cuivre.

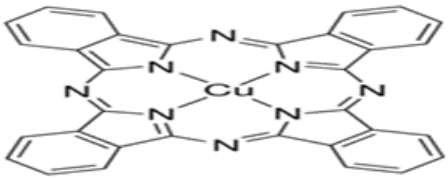


Figure I.12: Structure de phtalocyanine de cuivre.

- *Les colorants xanthènes :*

Les colorants xanthènes sont des composés organiques tricycliques qui constituent les dérivés de la fluorescéine halogénée. Ils sont utilisés comme colorants cosmétique, alimentaire, textile et pour l'impression **[45].**

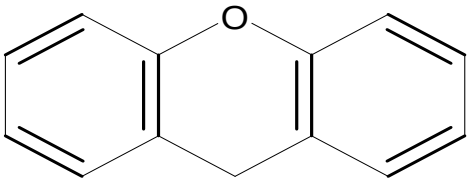


Figure I.13: Structure moléculaire d'un colorant xanthène

III.2.2. Classification tinctoriale

La classification tinctoriale basée sur la solubilité des colorants dans le bain de teinture et de leur affinité pour les différentes fibres textiles. On distingue différentes catégories tinctoriales définies par les groupements auxochromes : acides ou anioniques basiques ou cationiques, réactifs, directs, mordants, dispersés, cuves, pigments, métallifères…etc.

- *Colorants à mordant*

Ils ont la possibilité former des complexes très solide et stable avec des ions métalliques (Al, Fe, Co et plus souvent le chrome) qui sont fixés préalablement sur la fibre textile.

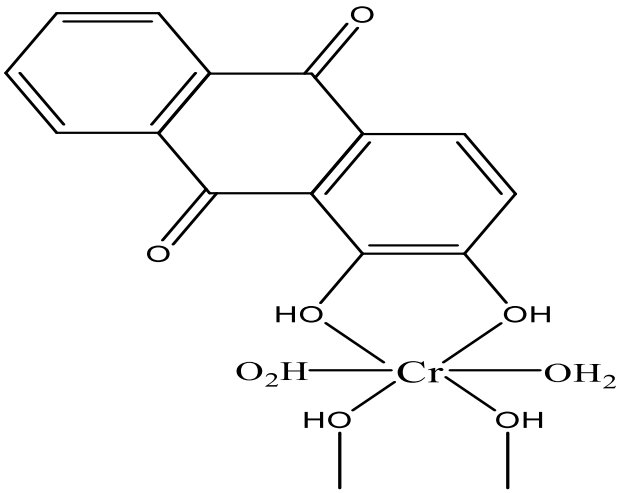


Figure I.14: Structure d'un colorant mordant.

- *Les colorants acide ou anionique*

Ces composés sont définis par la présence des groupements sulfonâtes ou carboxylates qui permettant leur solubilisation dans l'eau. Ils sont utilisés dans les fibres animales comme la laine et la soie et sur quelques fibres acryliques modifiées telle que le nylon et le polyacrylamide. Leurs interactions avec la fibre sont basées principalement sur des liaisons ioniques entre les anions sulfonates et les groupes d'ammonium de la fibre **[46].**

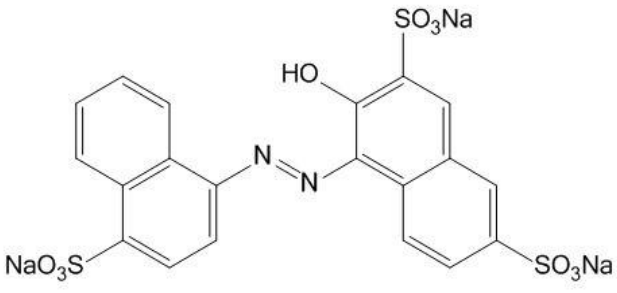


Figure I.15: Structure du colorant C.I. Acid red 27.

- *Les colorants basiques ou cationiques*

Les colorants cationiques ou basiques sont des cations colorés généralement des dérivés mono- ou diazoïques ou des dérivés azino. Ils sont appliqués en général sur les fibres

anioniques (les sites cationiques des colorants avec les sites anioniques des fibres) comme les fibres acryliques, le coton, sur certains types de polyamides et de polyester modifiés **[46]**.

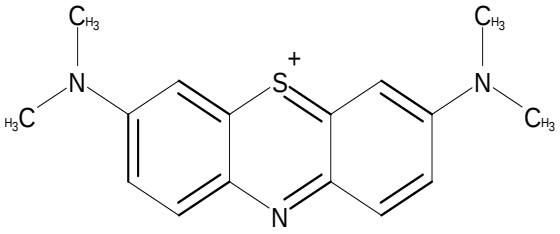


Figure I.16: Structure du bleu de méthylène.

- Colorants réactifs

Ils sont caractérisés par l'existence d'un chromophore attaché à un groupe réactif. Ce chromophore est responsable de la couleur dans la molécule, et le groupe réactif est responsable de la réaction colorant-fibre. Les groupes réactifs les plus utilisés sont le triazine et le vinylsulfone. Ils sont utilisés dans les fibres cellulosiques, les fibres polyamide, et les fibres d'origine animale **[46]**.

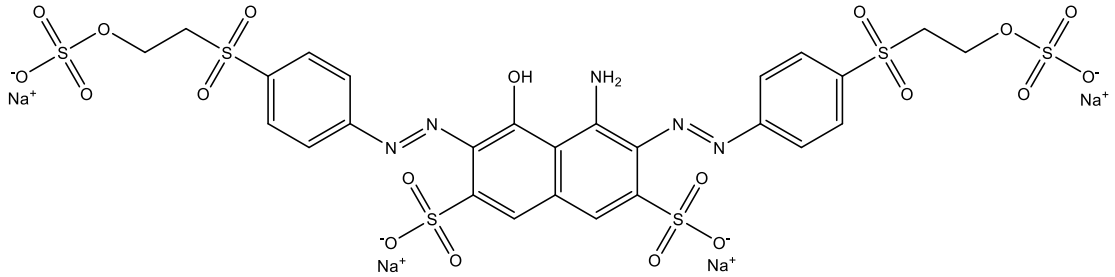


Figure I.17: Structure du Noir Réactif 5.

- *Les colorants directs*

Les colorants directs ou substantifs sont solubles dans l'eau. Ils sont caractérisés par la présence de groupes sulfonâtes et la faible stabilité a la lumière. Ils peuvent former des charges positives ou négatives électro-statiquement attirées par les charges des fibres. Ils sont appliqués à la teinture des tissus de doublures, des fils de laine des tapis **[47]**. (Le premier colorant de cette famille est le rouge Congo)

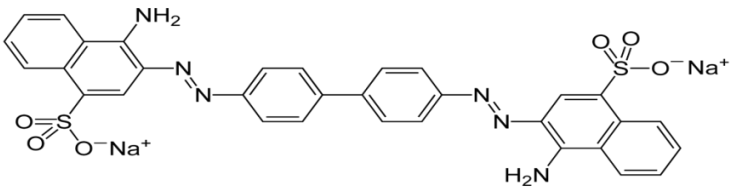


Figure I.18: Structure de Rouge de Congo.

- *Les colorants dispersés*

Cette série des colorants est très peu soluble dans l'eau ainsi que leur fixation sur la fibre est due aux interactions hydrogène, dipôle-dipôle ou des forces de van der Waals. Ils sont utilisés dans la teinture des fibres synthétiques et artificielles **[46]**.

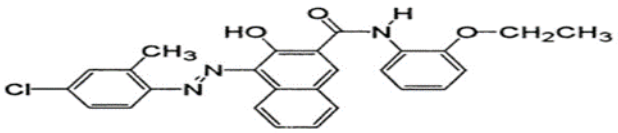


Figure I.19: Structure de C.I. disperse Red 220.

- *Les colorants de cuve*

Ils sont normalement insolubles dans l'eau, mais après réduction en milieu alcalin ils deviennent solubles dans l'eau et substantifs pour la fibre, puis ils sont oxydés pour retourner à leur état insoluble d'origine et restent ainsi fixés sur la fibre.

- *Colorants métallifères*

Ils sont caractérisés par la grande affinité pour les fibres protéiniques et leur solidité à la lumière. Parmi ces colorants, les colorants à complexes métallifères qui sont appliqués sur les fibres polyamide.

III.3. Utilisations

Nombreux produits industriels peuvent être colorés, principalement.

- Industrie des matières plastiques : Les pigments L'encre, le papier (imprimerie)
- Industrie agro-alimentaire : Les colorants alimentaires.
- Industrie du bâtiment : Les pigments des peintures, matériaux de construction, céramiques
- Industrie des cosmétiques : Les colorants capillaires
- Les colorants et conservateurs (industrie pharmaceutique
- Industrie automobile : Les carburants et huiles
- Les colorants textiles à usage vestimentaire, de décoration, du bâtiment, du transport, colorants textiles à usage médical etc... **[50]**.

III.4. Toxicité des colorants

Les colorants synthétiques organiques les plus toxiques sont les colorants di-azo et cationiques [48] grâce à son caractère électro-attracteur (des groupes azo) qui libère des déficiences électroniques, ce qui rend les azoïques peu disposés au catabolisme oxydatif dans des conditions environnementales aérobies [49].

A partir des travaux effectués, il a été confirmé que ces colorants présentaient des effets cancérigènes pour l'homme et l'animal. Ces effets cancérigènes viennent à cause de la rupture facile sous l'action enzymatique du liaison azo (la portion la plus labile de ces molécules) pour se transformer en composé amino cancérigène.

D'après l'EPA, l'estimation des risques de cancer impose de fixer une concentration limite de 3,1 µg. L^{-1} en colorant azoïque dans l'eau potable.

III.5. Méthodes de traitement des colorants

Au long des différentes étapes de teinture, des quantités plus ou moins importantes de colorants sont gaspillé à cause de manque d'affinité avec les surfaces à colorer. Pour éliminer ces colorants restants dans les eaux résiduaires existe trois méthodes **[51]** qui sont regroupées dans le tableau I.7.

Tableau I.7 : Méthodes de traitement des colorants

Chimique	Physique	Biologique
*Oxydation (oxygène, ozone, oxydants tel que NaOCl, H_2O_2), Réduction avec ($Na_2S_2O_4$). *Méthode complexométrique. *Résine échangeuse d'ions.	*Méthode de précipitation (coagulation, floculation, sédimentation). *Adsorption. *Osmose inverse, filtration. Incinération.	*Traitement aérobie *Traitement anaérobie

Références bibliographiques

[1] N.Jarroux.; Technique de l'Ingénieur ; (2008):

[2] M.Akiyama, T.Tsuge,Y.Doi; Polymer degradation and stability; 80(2003) 183–194.

[3] R. C. O.Pauline, "L'utilisation des biopolymères dans l'industrie des emballages papiers," 2008.

[4] T.Heinze, K .Pfeiffer; Die Angewandte Makromolekulare Chemie; 266(1999) 37–45

[5] K.Benazouz(2010). thèse de doctorat, Université de Haute Alsace - Mulhouse, France.

[6] OIV, "Codex Œnologique International - Cmc," no. COEI-1-CMC, pp. 1–16, 2009.

[7] J.F.CAPITANT;Communication présentée au 7P°1e Congrès de l Association Internationale d'Expertise Chimique; 1967.

[8] A.H. Saputra, L. Qadhayna, A.B. Pitaloka; Int J Eng. Appl. 5(2014) 36–40

[9] H.A. Begum, M. K. Bin Mahbub; *Dhaka Univ. J. Sci.*; 61(2013) 193–198.

[10] K.M.hong, préparation and characterization of carboxymethyl cellulose from sugarcane vagasse, 2013.

[11] Rungis, S.A.Cyanamid;in *Fiches de données de sécurité*, 1991.

[12] B. Bouras(2013).Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, Algérie.

[13] K. Othmer(1979), *Encyclopedia of chemical technology*. 3me éd, New york.

[14] J. Klein, R.Heitzman; Die Makromolekulare Chem;179(1978) 1895--1904.

[15] J. Klein, W.M. Kulicke, R. Kniewske;Prog. Polym. Sci; 8(1982). 373.

[16] R. J. Lewis, N.I. Sax, Dangerous properties of industrial materials. 7me éd, NewYork. 1984.

[17] K. Reichert. A. Pross, K. Platokwski; Polym. Int., 45(1998) 22 .

[18] I. Sakuray, T.M. Chen, Y.F. Wang, T. Sakaguchi, Y.J. Li , M. Kitamura, T. Nakayada; Eur. Polym. J. 32(1996) 1263.

[19] Y. Yagsi, I. Cakmak, B. Hazer; Eur Polym. J.; 27(1991) 101.

[20] J. Appl. R. Saito, X. Ni, A. Ichimura, K. Ishizu; Polym. Sci.; 69 (1998) 211.

[21] B. Robert, M. Bolte, J. Lamaire; Chem. Phys., Biol.; 82(1985) 361.

[22] A. L. Harreus *et al.*;in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2011.

[23] N.Barka, "L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO2 supporté," 2008.

[24] R.Desjardins(1990), Le traitement des eaux, 2 ème revu. Édition de l'école polytechnique de Montréal.

[25] S.Magali.(2007), Université Paul Cézanne aix-Marseille III, France,.

[26] C. Bosinco(1997), Thèse de Doctorat, Université de Pau et des pays de l'Adour

[27] M.H.Rachidi(1994), Mémoire de CEA.

[28] H.Aksas, "Etude cinétique et thermique de l'adsorption des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels."

[29] S. Lagergren , Zur ,Handlingar.24 1–39,1898

[30] S.H. LIN, R. S. JUANG; Journal of Hazardous Materials B; 92(2002)315-326,

[31] M. Basibuyuk , C.F. Forster, Process Biochemistry .38(2003)1311-1316.

[32] C. Ayral, (2009). Thèse de doctorat, université de toulouse, France.

[33] I. Langmuir; Journal of the American Chemical Society; 38(1916)., 2221–2295.

[34] C.H. Giles, D. Smith, J. Colloid Inte. Sci; 47(1974)755--765

[35] M.IRAM, C. GUO, Y. GUAN, A.ISHFAQ, H. LIU; Journal of Hazardous Materials, 181(2010) 1039-1050.

[36] G. CRINI, H.N. PEINDY; Dyes and Pigments; 70(2006) 204-211.

[37] M.J Tempkin, V. Pyzhev; Acta Phys. Chim ; 12 (1940).

[38] A. Abouzaid(2001) Thèse de doctorat, Université Chouaib Doukkali, Maroc.

[39] N.BARKA(2008), Thèse doctorat, Université IBN ZOHR,Maroc.

[40] M.Capon,V.Courilleu, C. Valette. Chimie des couleurs et des odeurs. Nantes, Culture et technique. (1999).

[41] D.J.CHWKI(2014), Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider Biskra.

[42] B. Said, E. Sara, E. Ahmed; Appl. J. Envir. Eng. Sci.;(2017) 311--320.

[43] H.Y. Shu, M.C; Chang .Dyes and Pigments.65(2005)25--31.

[44] M. Stolte, M. Vieth; Acta Endosc. 31 (2001) 125–130.

[45] E.R. Nestmann, G.R. Douglas, T.I. Matula, C.E. Grant, D.J. Kowbel; Cancer research.39(1979)4412--4417,.

[46] Y. Bentahar(2016). Thèse de doctorat, Université Côte d'Azur.

[47] F.P. Vandesee(2002. Thése de doctorat, Université de Wageningen Pays-Bas.

[48] M.SLASLI(2002), Thèse de doctorat, université de Neuchâtel, Suisse.

[49] C.Chitour, Physico-chimie des surfaces, 2ème édition augmenté, OPU, (2004).

[50] N.LAMRI(2010), Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine,algerie

[51] Tholiso, N. Jabulani, R G. Vhahangwele, M. Arjun, M; Journal of Environmental Management; 191(2017) 35--57.

Chapitre 2

Matériels et Méthodes

2.1. Introduction :

Pour déterminer les propriétés physico-chimiques de nos copolymères nous allons utiliser plusieurs techniques telle que :

- La spectrophotométrie UV-Visible pour déterminer les taux d'adsorption des colorants.
- La spectroscopie infrarouge (IR) pour détecter les groupements structuraux présents.
- La diffraction des rayons X (DRX) pour déterminer la minéralogie des copolymères.
- L'analyse thermogravimétrique (ATG) pour suivre le comportement thermique de copolymère

2.2. La spectrophotométrie UV-Visible

La spectroscopie UV-Visible est la technique la plus utilisée pour la détermination de la teneur des colorants en solution, Son principe est basé sur la capacité de certaines molécules à adsorber des radiations lumineuses de longueur d'onde déterminée, Les analyses sont effectuées sur un spectrophotomètre "Optizen V 1412 " piloté par un ordinateur. Les longueurs d'ondes maximales sont obtenues directement par balayage automatique entre 200 et 800 nm. Des cuves en quartz de 1 cm de trajet optique sont utilisées.

2.2.1. Loi de Beer -Lambert

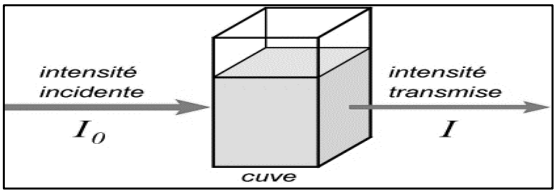


Figure II.1 : Schéma de principe d'un spectrophotomètre UV-Visible.

La loi de beer-Lambert est la relation entre l'intensité de la lumière incidente et celle de la lumière transmise. Cette relation s'écrit :

$$A = \mathrm{Log}\left(\frac{I_0}{I}\right) = \varepsilon . C . l$$

Avec :

I_0 : L'intensité de la lumière incidente.

I : L'intensité après passage à travers la cuve contenant la solution (intensité transmise)

A : L'absorbance ou la densité optique. C'est une valeur sans unité.

ε : Coefficient d'extinction molaire, exprimé en L. $mol^{-1}.cm^{-1}$.

C : Concentration molaire de la solution, exprimée en mol. L^{-1}.

l : la longueur de la cuve, l = 1 cm dans notre cas.

Dans cette étude les mesures spectrophotométriques UV-Visible sont effectuées dans notre laboratoire d'Application des Electrolytes et des Polyélectrolytes Organiques (LAEPO).



Figure II.2 : Spectrophotomètre UV-visible Model Optizen 1412 V.

2.3. Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier ou spectroscopie IRTF est La spectrophotométrie infrarouge est une technique d'identification des polymères. Généralement, on n'opère pas par interprétation directe des différentes bandes du spectre, mais par comparaison avec des spectres de référence de produits connus, en se basant toutefois sur quelques bandes caractéristiques que peut présenter le spectre de l'échantillon à identifier. Cette opération peut dans certains cas être fatigante car le nombre de spectres de référence disponibles dans la littérature **[1]** est extrêmement important.

C'est une méthode essentiellement qualitative, qui permet d tester la pureté d'une substance, ou pour obtenir des informations structurales.

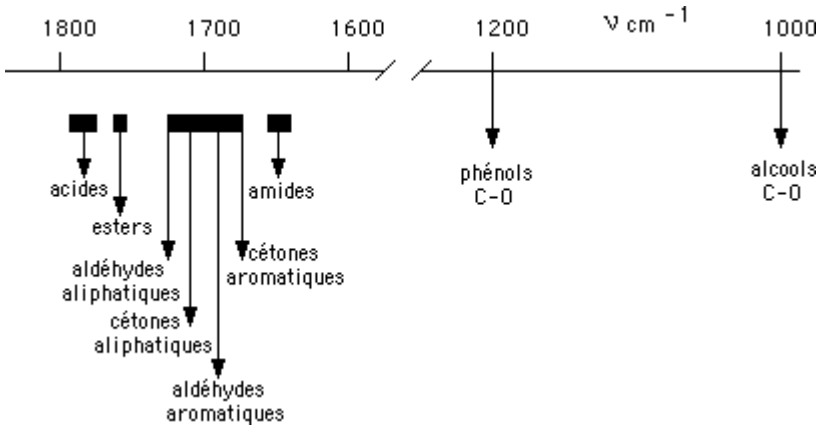


Figure II.3 *:* Exemples de valeurs des vibrations de valence de quelques fonctions **[2]**

Les spectres FT-IR ont effectuées à l'aide d'un spectromètre Agilent carry 600 sur une gamme de nombre d'onde de 400 à 4000 cm^{-1} et avec une résolution de 2 cm^{-1} dans notre laboratoire d'Application des Electrolytes et des Polyéléctrolytes Organiques LAEPO.



Figure II.4 : Spectrophotomètre Infra-Rouge à transformée de fourrier (FTIR) de type *Agil*ent Technologies Cary 600.

2.4. Analyse thermogravimétrique (ATG)

L'analyse thermogravimétrique est une technique qui mesure la perte de masse d'un échantillon en fonction de la température de traitement. Ce qui permet le suivie des réactions chimiques susceptibles de se produire au sein de la substance. Dans notre travail, les analyses thermogravimétriques ont été effectuées à l'aide d'un appareil analyseur thermogravimétrique modèle TA instrument de type Q600 figure II-4. L'échantillon subit un

traitement thermique à partir de 50 ºC jusqu'à 800 ºC avec une vitesse de chauffe constante programmée à 10 ºC par minute. Le flux d'azote est de 100 $Ml.min^{-1}$. La masse utilisée pour chacune des échantillons varie de 5 à 10 mg.



Figure II.5 : Appareil TA Instrument SDT Q600.

2.5. Diffraction des rayons X (DRX)

La diffraction des rayons X est une technique efficace pour l'étude des cristaux à l'état solide. Elle permet d'accéder à leur structure cristalline. Elle est indispensable à l'identification des minéraux argileux des argiles naturelles ainsi que les minéraux (impuretés) associés. Le principe de cette technique est basé sur la diffusion des rayons X par la matière. Ce phénomène de diffusion est le résultat d'une interaction entre le faisceau de rayons X et la matière. Le processus de diffraction des rayons X par la matière est interprété par la loi de Bragg qui consiste à déterminer les directions selon lesquelles les interférences des rayons diffusés sont constructives (pics de diffractions). Cette loi est exprimée par l'équation suivante :

$$2\, d_{hkl} \sin\theta = n\lambda$$

Avec :

d_{hkl} : Distance inter-réticulaire exprimé en Å.

n : Nombre entier correspondant à l'ordre de réflexion.

λ: Longueur d'onde du rayonnement utilisé exprimée en nm .

θ: Angle de diffraction en (º).

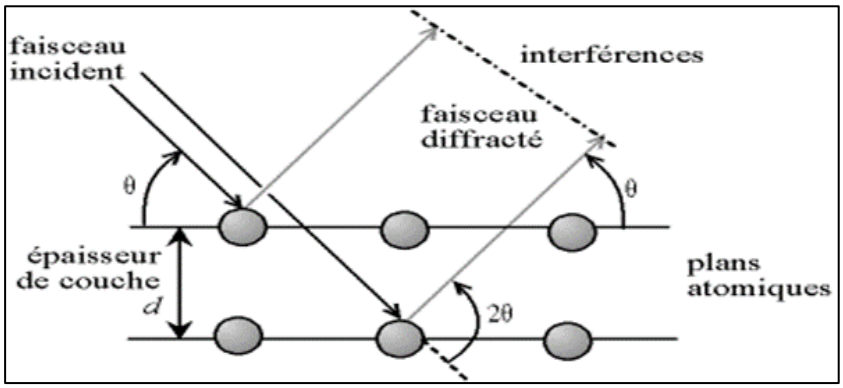


Figure II.6 : Schéma représentatif du phénomène de diffraction des rayons X.

Les diffractogrammes DRX pour les différents copolymères synthétisés dans le présent travail sont enregistrés à l'état solide en utilisant un diffractomètre de rayon X Rigaku (Figure II.6) au Laboratoire d'application des électrolytes et des Polyéléctrolytes organiques (LAEPO).



Figure II.7 : diffractomètre de rayon X (DRX) Rigaku

- Autres appareillages :
  - Centrifugeuse de marque Hettich
  - Agitateur multipostes marque WiseStar, modèle MS-MP8
  - Agitateur magnétique chauffant, de marque Ika, laboratechnik, modèle D79219.
  - Étuve marque Haier HRDP-modèle 150AB
  - pH mètre, de marque OHAUS instrument (type : pH 211) IV.1.3.

Références bibliographiques

[1] C.J. Pouchert(1981), The Aldrich Library of infrared spectra. Ed. III. Milwaukee, Wis.

[2] H.Frisch, R.SUA, F.Eirich; Academic Press, New York; 1(1956) 525.

Chapitre 3

Résultats et Discussions

Partie I Méthodes d'application des copolymères à la rétention des colorants

I.1. Préparation des copolymères

Dans un ballon de 100 mL, dissoudre 2 g de carboxyméthylcellulose (CMC) dans 50mL d'eau. Chauffer le mélange sous agitation pendant 30 minutes. Dans un bécher dissoudre une quantité de monomère d'acrylamide (AM) et de N-vinyl pyrrolidone (NVP) purifié et séché dans 25mL d'eau distillée. Mélanger les deux solutions et agiter jusqu'à la dissolution complète de mélange. Dans un tube à hémolyse dissoudre une masse m de persulfate d'ammonium (APS) dans 5 mL d'eau distillée. Ajouter ensuite cette solution d'APS au mélange précédent et agiter pendant 5 min. Porter à reflux le mélange jusqu'à l'obtention d'un gel (solution très visqueuse). Précipiter le produit obtenu dans un volume correspondant d'éthanol. Filtrer et sécher le produit obtenu.

Les différents copolymères synthétisés avec leurs pourcentages des constituants sont indiqués sur le tableau suivant

Tableau III.1 : les différents copolymères synthétisés avec leurs pourcentages des constituants

Copolymères	P1	P2	P3
% initiales des constituants	37% CMC 31% AM 31% NVP	25% CMC 37% AM 37% NVP	11% CMC 44% AM 44%NVP

I.2. Préparation de la solution de colorant

La solution de colorant utilisée est préparée en tenant compte de leur solubilité. Nous avons utilisé la méthode qui consiste à préparer d'abord une solution mère de concentration 1g. L^{-1}, à partir de laquelle nous préparons une série des solutions de concentrations et des pH bien déterminées par dilutions successives.

L'ajustement du pH a été effectué par l'ajoute d'acide chlorhydrique (0,1M) ou par une solution de soude (0,1M). Toutes les solutions utilisées dans ces expériences ont été préparées par l'eau distillée.

I.3. Différents paramètres étudiés dans ce travail

- **pH isoélectrique (pH $_{PZC}$) :**

Le pH isoélectrique ou le pH de charges nulles c'est un paramètre très important pour donner une approximation sur la charge de surface portée par les adsorbants, Dans ce point pour l'adsorbant possède un potentiel de charge nul sur sa surface. Pour cela, 50mL d'une solution de chlorure de potassium (KCl 0,1N) sont ajoutés à 30 mg d'adsorbant à des pH variant de 2 à 12. On mesure le pH final après 1 heure d'agitation.

- **Effet du pH initial de colorant :**

L'étude de l'influence du pH sur l'adsorption de bleu de méthylène a été effectuée en utilisant les rapports solide-liquide 30 mg de copolymère et 40ml d'une solution de bleu de méthylène avec la même concentration initiale de 20 mg. L^{-1}. Les valeurs du pH varient de 2 à 12 et la vitesse d'agitation a été fixée à 400 tr/min pendant 3 heures.

Partie II Rétention de Bleu de Méthylène

II.1. Spectres UV Visible du colorant Bleu de méthylène (BM)

II.1.1. Détermination de la longueur d'onde maximale

La détermination de la longueur d'adsorption maximale λ_{max} est essentielle pour faire une étude d'adsorption. Dans le but d'étudier l'influence du pH sur l'absorbance du bleu de méthylène (BM), on a fait une série d'analyse sur la solution du (BM) de concentration 20 $mg.L^{-1}$ à différentes valeurs du pH qui varient entre 2 et 11. Les spectres obtenus sont représentés sur la figure III. 2.1.

Les spectres représentés dans la figure III.2.1 montrent l'existence d'une bande intense à λ=664 nm. On observe aucune variation de l'allure des courbes d'absorbance dans l'intervalle de pH étudié, ceci assure la stabilité de groupe chromophore présent sur ce colorant. Donc cette valeur correspond à la longueur d'onde maximale de mon travail expérimental (λ_{max}=664nm).

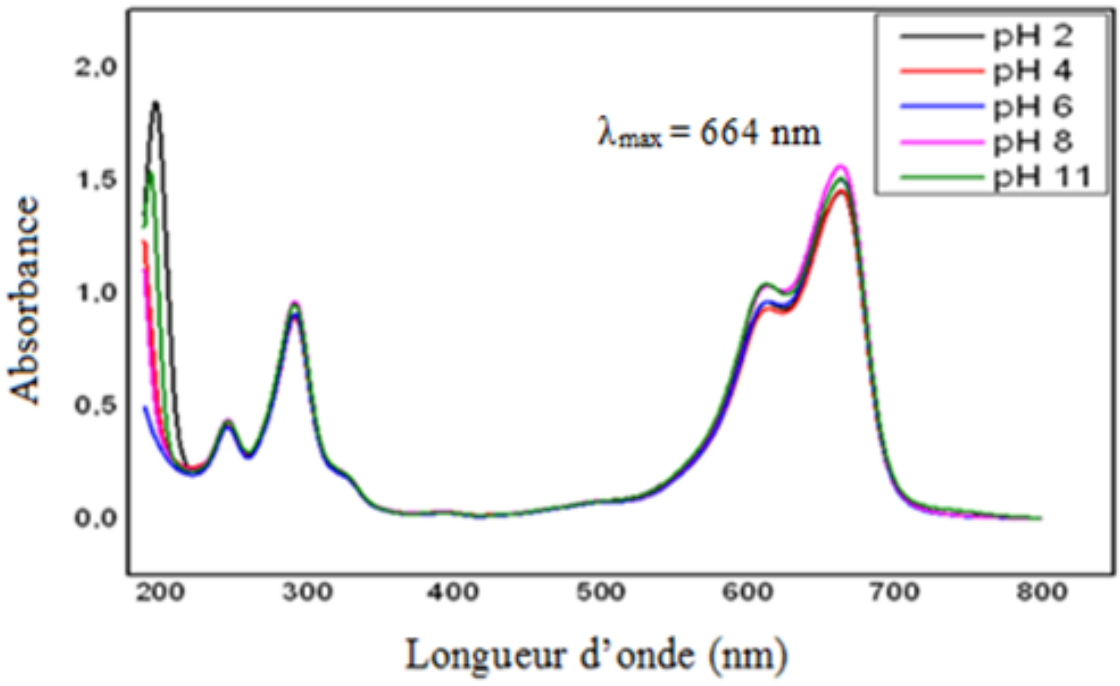


Figure III.2.1 : Spectre UV-Visible du bleu de méthylène en fonction du pH.

II.1.2. Vérification de la loi de Beer-Lambert

À partir d'une solution mère de bleu de méthylène de concentration C_{BM}=1g.L^{-1}, on a préparé des solutions de BM de différentes concentrations. La figure III.2.2 représente la courbe d'étalonnage de bleu de méthylène c'est à dire. absorbance (A) en fonction de la concentration de BM.

On remarque que la courbe d'étalonnage de BM est une droite qui passe par l'origine. Elle est de la forme A = Cste × C_{BM}. On peut dire que la loi de Beer – Lambert est vérifiée dans le domaine de concentration de BM variant de 0 à 10 mg. L^{-}

- **Loi de Beer –Lambert**

$$\mathbf{A = \varepsilon . C . l}$$

Avec :

A : l'absorbance

C : concentration de BM.

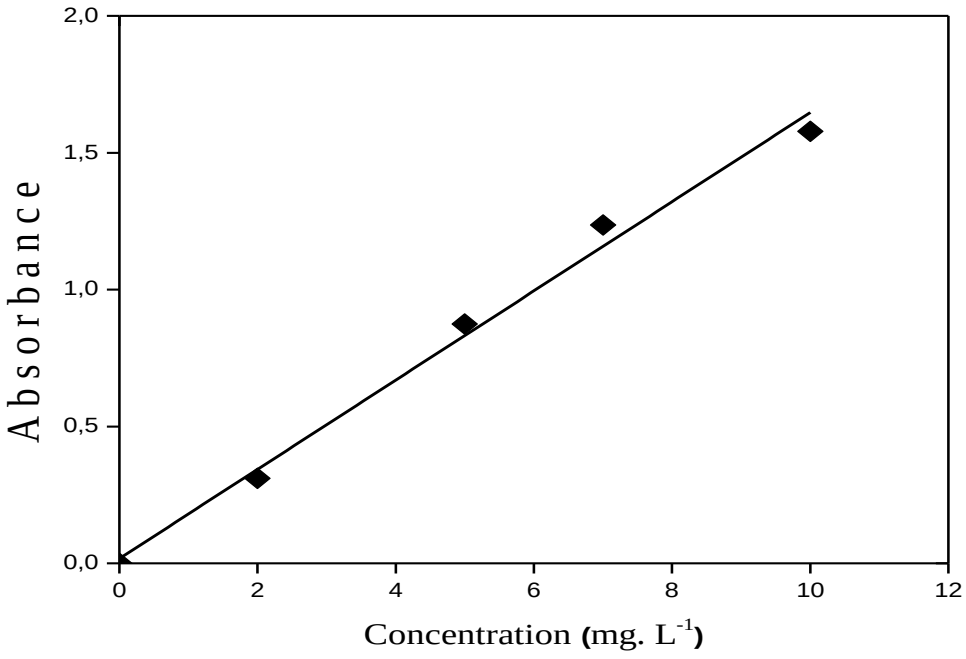


Figure. III.2 : Courbe d'étalonnage de bleu de méthylène à λ_{max} =664 nm.

L'équation de la courbe d'étalonnage s'écrit sous la forme suivante :

$$\mathbf{Y = 0,1629.C + 0,0176}$$

- Avec un coefficient de régression $R^2 = 0,9917$.
- Sachant que : $\varepsilon = 0,1629$ L.mol^{-1}. cm^{-1}

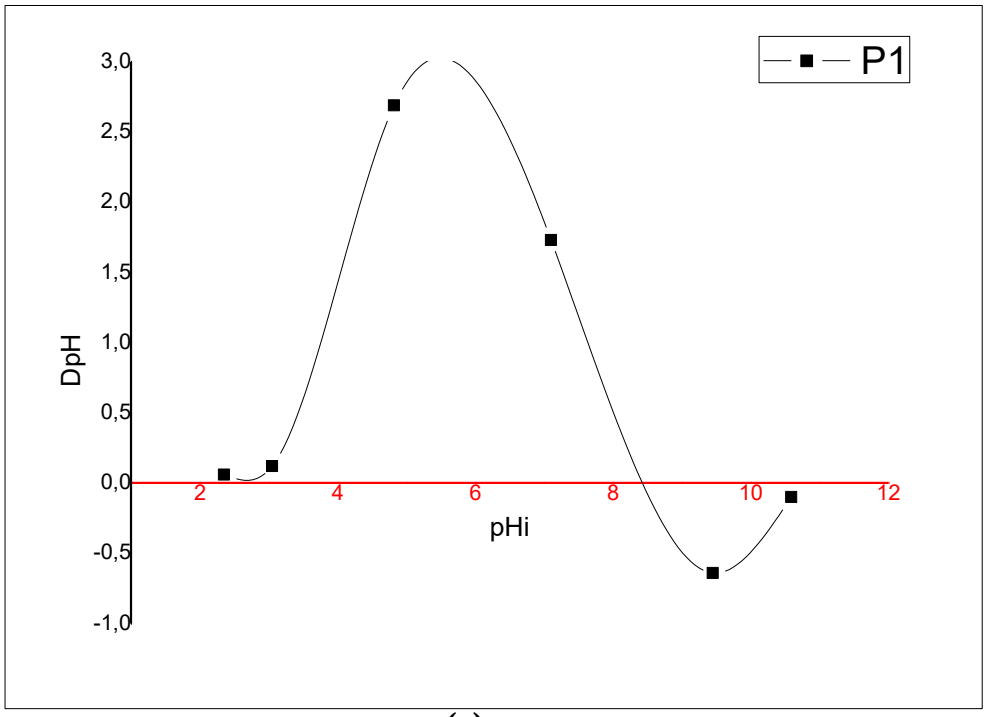
En appliquant cette loi on peut déterminer la concentration de la solution de colorant dans le surnageant et calculer la quantité de colorant fixée sur le copolymère.

II.2. Etude de l'adsorption du colorant

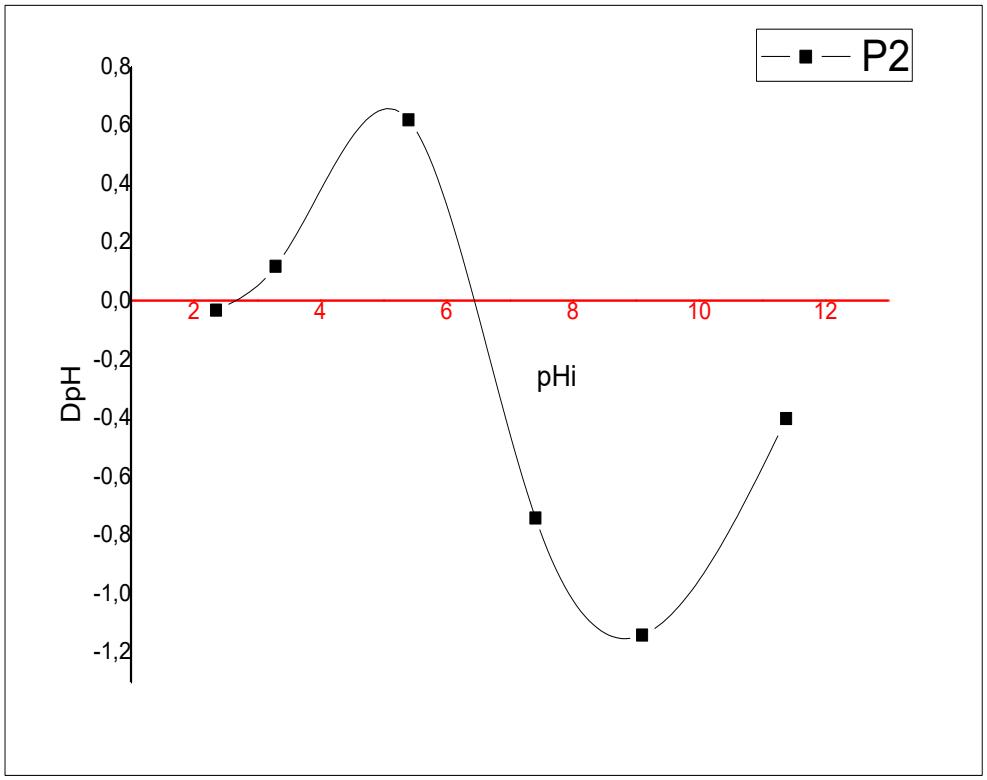
Dans ce travail nous sommes intéressés à l'étude de l'influence des différents paramètres sur la capacité d'adsorption tels que : la détermination du point de pH de charge nulle (pH_{pzc}), le pH initial de la solution de colorant, la masse initiale d'adsorbant, la concentration initiale en colorant …

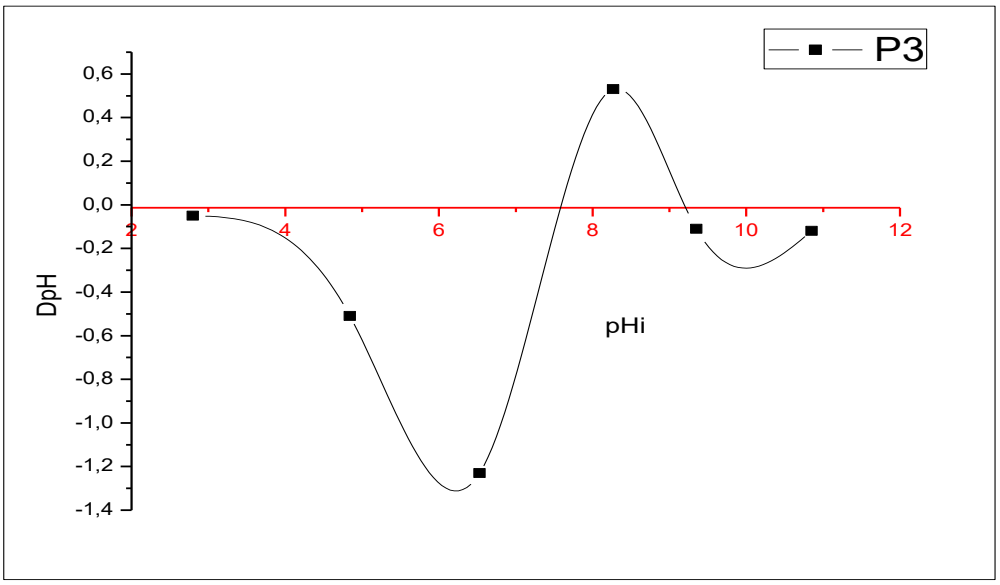
II.2.1. pH de point de charge nulle pH_{pzc} :

Pour déterminer le point de pH de charge nulle (pH_{pzc}), on doit tracer la variation de ΔpH en fonction de pHi c.-à-d. ΔpH = f (pHi). Les courbe de la Figure III.3.3 représentent la variation de ΔpH en fonction de pHi pour les trois copolymères P1, P2 et P3. A partir de la courbe ΔpH = f (pHi), on détermine le pH_{pzc} par l'intersection de la courbe avec l'axe qui passe par la valeur zéro. Cela va nous donner le point isoélectrique ou le point de pH de charge nulle. Les résultats obtenus sont représentés sur la Figure III.3 et regroupés sur le Tableau III.3.1.


P1
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
-0,5
-1,0
DpH
2
4
6
8
10
12
pHi

(a)


P2
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1,0
-1,2
DpH
2
4
6
8
10
12
pHi



(c)

Figure III.3 : Détermination de pH_{PCZ} (C_{KCl} = 0,1N ; V= 100 mL; m_P =30 mg.)

a) pour P1 ; **b)** pour P2 ; **c)** pour P3

Tableau III.3. 1 : Valeurs des points isoélectriques (PZC).

Adsorbant (copolymères)	pH_{PCZ}
P1	8,4
P2	6,44
P3	7,6 et 9,2

Sachant que :

- **à pH = pH_{pzc}** : C'est le point de zéro charge (PZC) la surface est électriquement neutre, Les charges positives et négatives se compensent, il n'y a pas d'interactions électrostatiques entre les particules.
- **à pH< pH_{pzc}**: La charge des surfaces des copolymères est positive (milieu acide) parce que les groupes fonctionnels seront protonés par un excès de protons H^+
- **à pH > pH_{pzc} :** La surface prend une charge globale négative (milieu basique) parce que les groupes fonctionnels seront déprotonés par la présence des ions OH^-

II.2.2. L'effet du pH initial de la solution de colorant

Le pH initial du milieu est un paramètre nécessaire pour connaitre l'état de la charge superficielle aussi bien de l'adsorbant que de l'adsorbat. Les valeurs de pH considérés varient de 2 à 12 sont ajusté par l'acide chlorhydrique (0,1N) ou par l'hydroxyde de sodium (0.1N).

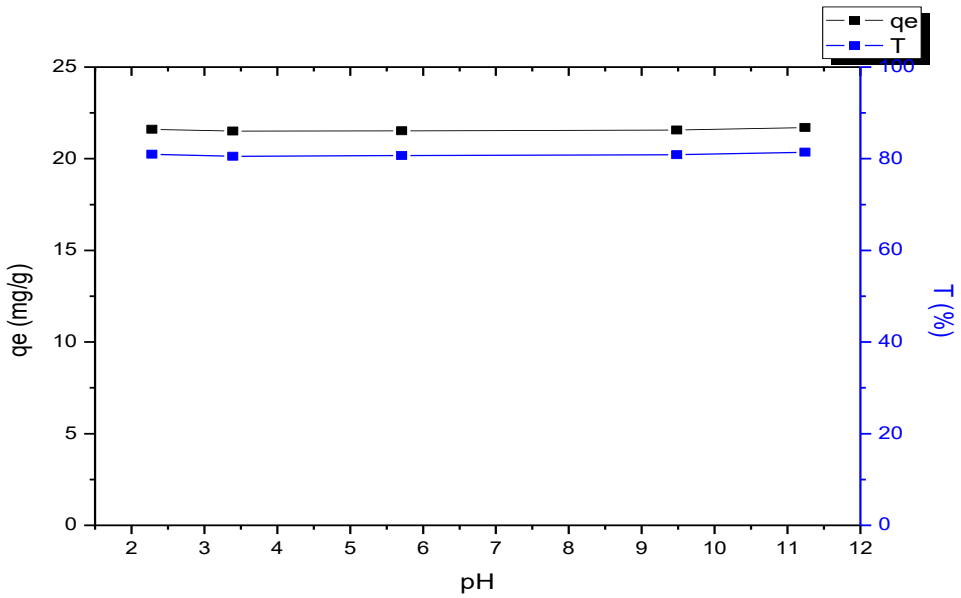


Figure III. 4 : Variation de la quantité retenue q_e et du pourcentage d'adsorption (T) du BM par le copolymère P_3 en fonction du pH.

(■) quantité retenue (q_e),(■)Taux d'adsorption (T).

m $_{P3=}$ 30 mg ; **C** $_{BM}$ = 20 mg. L^{-1} ; **V** $s_{olution}$ = 40 mL ; $\mathbf{V^t}$ $_{d'agitation}$ = 400 tr/min ;

t $_{d'agitation}$ =3h ; **T**=18°C.

On remarque que le taux d'adsorption est très important. Il est presque stable pour toute la gamme du pH [à pH=2.28 (81%) et à pH=11.24 (81.4%)]. Donc on peut dire que le copolymère P_3 est indépendant du pH, il adsorbe le bleu de méthylène dans toute la gamme du pH [2-12] avec des taux d'adsorption très importants. On peut expliquer ces résultats par le nombre important de réticulations qui jouent un rôle très important dans la création des réseaux chargés négatives à l'intérieure et par conséquence favorise l'adsorption du bleu de méthylène (BM) qui est un colorant cationique.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Notre objectif principal dans cette étude était de préparer un nouveau copolymère à base d'un biopolymère nommé (CMC-AM-NVP), le caractériser et l'appliquer à la rétention d'un colorant cationique qui est le bleu de méthylène (BM).

Cette préparation s'articule sur la modification de la carboxyméthylcellulose (CMC) par l'acrylamide (AM) et le N-venylpyrrolidone (NVP) dans une solution aqueuse. Elle a été effectuée par succès selon un mode opératoire bien défini.

La caractérisation de notre copolymère était prévue d'être effectuée par différentes techniques à savoir l'analyse thermogravimétrie (ATG), la diffraction des rayons X (DRX) et l'analyse par infrarouge a transformé de Fourier (FTIR). Malheureusement, nous n'avons pas pu effectuer cette caractérisation à cause de COVID 19.

En effet, l'étude du comportement de ce nouveau copolymère (CMC-AM-NVP) à l'adsorption de Bleu de méthylène (BM), nous a permis de tirer quelques conclusions sur leurs propriétés en fonction de pH de la solution de colorant.

Nous savons que le pH du milieu est un facteur important qui conditionne le choix de l'adsorbant. Nous avons remarqué que le pH n'a aucune influence négative sur l'adsorption du bleu de méthylène par notre copolymère. Il atteint des meilleurs taux d'adsorption qui reste stable dans toute la gamme du pH étudiée [2-12]. C.-à-d. la valeur de l'adsorption atteint un pourcentage de 81% à pH=2,28 et cette valeur reste presque constante jusqu'à et à pH=11,24.

Les résultats obtenus ont montré que ce copolymère en tant qu'adsorbant à faible coût, écologique, non toxique et de grande capacité vis-à-vis d'autres adsorbants, peut être utilisé comme une option efficace pour l'adsorption du colorant Bleu de méthylène à partir de milieux aqueux.

En fin, ce travail prévoie plusieurs perspectives, mais malheureusement nous avons été satisfaits de ce minimum de résultats à cause de COVID 19.

ملخص

تستخدم الأصباغ على نطاق واسع في الحياة اليومية وخاصة في الصناعات النسيجية لاستقرارها الكيميائي وسهولة التركيب وتنوع ألوانها. ومع ذلك، فإن هذه الأصباغ هي مصدر التلوث عند إطلاقها في البيئة. نظرا للتركيب غير المتجانس لهذه الأخيرة، غالبا ما يؤدي تحللها إلى تصميم سلسلة معالجة فيزيائية وكيميائية وبيولوجية تضمن التخلص من الملوثات المختلفة في مراحل متتالية. تظل طرق العلاج التقليدية غير فعالة ويمكن أن تسبب سمّيتها مشاكل صحية. يعتمد هذا العمل على تحضير البوليميرات المشتركة على أساس كربوكسي ميثيل سلولوز وأكريلاميد و ن- فينيلبيروليدون لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق (BM). تم تحديد ال pH المتساوي الكهربي للبوليميرات المشتركة المركبة. في الواقع، تمت أيضا دراسة تأثير الpH على امتزاز صبغة الميثيلين الأزرق (BM) على البوليمر المشترك P3. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها ان ال pH لا يؤثر على امتزاز البوليمر المشترك لدينا. وتصل إلى 81%

الكلمات المفتاحية: البوليميرات المشتركة،CMC ،AM ،NVP ، صبغ أزرق الميثيلين (BM)

Abstract

Dyes are widely used in everyday life especially in the textile industries for their chemical stability and ease of synthesis and their variety of colors. However, these dyes are the source of pollution once released into the environment. Given the very heterogeneous composition of the latter, their degradation often leads to the design of a physical chemical and biological treatment chain ensuring the elimination of the various pollutants in successive stages. Conventional treatment processes remain inefficient and their toxicity can lead to health problems. This work is based on the preparation of copolymers based on carboxymethylcellulose, acrylamide and N-vinylpyrrolidone for the adsorption of methylene blue (BM) dye. The isoelectric pH values of the synthesized copolymers were determined. The influence of pH on the adsorption of BM on the P_3 copolymer was also investigated. The results obtained show that pH does not influence the adsorption of our copolymer. It reaches a value of 81%.

Keywords: Copolymers, CMC, AM, NVP, Adsorption, Dye (BM).

Résumé

Les colorants sont largement utilisés dans la vie quotidienne en particulier dans les industries textiles pour leur stabilité chimique et la facilité de leur synthèse et leur variété de couleurs. Cependant, ces colorants sont à l'origine de la pollution une fois évacués dans l'environnement. Compte tenu de la composition très hétérogène de ces derniers, leur dégradation conduit souvent à la conception d'une chaîne de traitement physique chimique et biologique assurant l'élimination des différents polluants par étapes successives. Les procédés classiques de traitement restent inefficaces et leur toxicité peut engendrer des problèmes de santé. Ce travail repose sur la préparation des copolymères à base de carboxyméthylcellulose, d'acrylamide et N-venylpyrrolidone pour l'adsorption de colorant bleu de méthylène (BM). On a déterminé les pH isoélectriques des copolymères synthétisés. En effet, l'influence de pH sur l'adsorption de BM sur le copolymère P3 a été aussi étudiée. Les résultats obtenus montrent que le pH n'influe pas sur l'adsorption de notre copolymère. Elle atteint une valeur de 81%

Mots clés : Copolymères, CMC, AM, NVP, Adsorption, Colorant (BM).