

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE BLIDA 1
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER EN GÉNIE DES PROCÉDÉS

Option: GÉNIE DES POLYMÈRES

Thème :

Application de systèmes amphiphiles à l'élimination de contaminants
en milieu aqueux.

Présenté par :

AMRAOUI NIHEL

BOUCHETTA NOUR EL HOUDA

Encadré par :

Mr Fettaka Mohamed

Année : 2024/ 2025

ملخص

تركز هذه الدراسة على تطبيق النظم البرمائية لإزالة الملوثات من الوسائط المائية باستخدام بوليمرات أنيونية وكاثيونية للقضاء على المعادن الثقيلة. توفر النظم البرمائية، بخصائصها المائية والكارهة للماء الفريدة، نهجًا واعدًا لالتقاط وإزالة المعادن الثقيلة من المياه الملوثة. تدرس الدراسة فعالية مختلف البوليمرات الأيونية والكاثيونية في ربط وإزالة المعادن الثقيلة المختلفة، واستكشاف تأثير بنية البوليمر والتركيز ودرجة الحموضة على عملية الإزالة. تساهم نتائج هذه الدراسة في تطوير تقنيات فعالة ومستدامة لتنقية المياه، مما يحمي في النهاية البيئة والصحة البشرية.

Résumé

Cette recherche porte sur l'application de systèmes amphiphiles pour l'élimination des contaminants des milieux aqueux en utilisant des polymères anioniques et cationiques pour éliminer les métaux lourds. Les systèmes amphiphiles, avec leurs propriétés hydrophiles et hydrophobes uniques, offrent une approche prometteuse pour capturer et éliminer les métaux lourds de l'eau contaminée. L'étude examine l'efficacité de divers polymères anioniques et cationiques pour lier et éliminer différents métaux lourds, en explorant l'impact de la structure du polymère, de la concentration et du pH sur le processus d'élimination. Les résultats de cette recherche contribuent au développement de technologies efficaces et durables pour la purification de l'eau, protégeant ainsi l'environnement et la santé humaine.

Abstract

This research focuses on the application of amphiphilic systems for the removal of contaminants from aqueous media using anionic and cationic polymers to eliminate heavy metals. Amphiphilic systems, with their unique hydrophilic and hydrophobic properties, offer a promising approach for capturing and removing heavy metals from contaminated water. The study investigates the effectiveness of various anionic and cationic polymers in binding and removing different heavy metals, exploring the impact of polymer structure, concentration, and pH on the removal process. The findings of this research contribute to the development of efficient and sustainable technologies for water purification, ultimately protecting the environment and human health.

Key words: CPE: Cloud point extraction

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu, le Tout-Puissant, pour sa grâce et sa protection tout au long de ce parcours.

Ensuite, j'exprime ma profonde gratitude à Mr MOHAMMED FETTAKA mon directeur de mémoire, pour son soutien indéfectible, ses précieux conseils et son expertise qui ont été d'une aide précieuse pour la réalisation de ce travail.

Je remercie également les membres du jury, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant d'évaluer mon travail. Leur présence et leurs remarques constructives sont très importantes pour moi.

Sommaire :

Introduction générale :.....	1
Chapitre I : les polymères dans le traitement des eaux contaminées	4
I.1. Introduction :	4
I.2. Principaux polymères et leurs applications :.....	4
I.2.1. Polymères flocculant (PF) :.....	4
I.2.2. Polymères adsorbants (PA) :	5
I.2.3. Polymères échangeurs d'ions :.....	6
I.2.4. Polymères pour la filtration membranaire :.....	6
I.2.5. Polymères biodégradables :.....	7
I.3. Le mécanisme de l'élimination de fixation des contaminants :	8
I.3.1. Mécanisme de Coagulation et Flocculation :	9
<i>CHAPITRE II : Les procédés de traitement des eaux contaminées</i>	<i>11</i>
II. 1. Objectifs du traitement des eaux usées :	12
- Procédés de traitements des eaux usées :.....	12
☐ Dégrillage et tamisage	12
☐ Dessablage.....	13
☐ Dégraissage.....	13
b. Traitement Primaire	14
c. Traitement Secondaire	15
- Dénitrification.....	15
- Déphosphoration.....	16
d. Traitement Tertiaire	16
II.2. Valorisation des eaux usées traitées :.....	17
Chapitre III : Matériel et Méthodes.....	20
III.1. Introduction :.....	20
III.2. Matériels utilisés :.....	20

- Autres matériels	22
III.3. Protocole de préparation des solutions qui élimine les métaux lourds :	22
III.4. Définition de la validation :	29
III.4.1. Intérêt de la validation :	29
III.4.2. But de la validation :	29
III.4.3. Linéarité :	29
Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV	33
IV.1. Validation de la méthode de dosage du Nitrate de plomb $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ par spectroscopie UV	33
IV.1.1. Principe :	33
IV.1.2. Etude de Nitrate de plomb $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$:	33
IV.2. Linéarité :	33
IV.2.1. Etude de la linéarité :	34
IV.2.2. Application numérique :	35
IV.2.3. Le coefficient de corrélation R :	35
- La moyenne des densités optiques $\bar{Y}$	36
IV.2.4. L'écart type δ :	37
IV.2.5. Le coefficient de variation CV :	37
IV.2.6. Identification par UV:	37
IV.2.7. La turbidité de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$:	38
IV.3. Etude de HPC:	38
IV.3.1. Linéarité :	38
IV.3.2. Etude de la linéarité :	39
IV.3.3. Application numérique :	40
IV.3.4. Le coefficient de corrélation R :	41
IV.3.5. La moyenne des absorbances de l'écart type :	41
IV.3.6. Vérification de linéarité :	42
IV.3.7. L'écart type δ :	42
IV.3.8. La coefficient de variation CV :	42

IV.3.9. Identification par UV :.....	42
IV.3.10. La turbidité de HPC :.....	43
Conclusion Générale	46

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A ma mère, mon étoile guide, mon amour infini, merci pour ton dévouement sans faille et ton amour inconditionnel. Tu es la source de ma force et de mon inspiration.

A mon père, mon roc, mon soutien indéfectible, merci pour tes conseils précieux et ton amour infaillible. Ta présence a toujours été une source de réconfort et de fierté.

A mes frères, mes complices de toujours, merci pour votre amour, votre soutien et votre présence dans ma vie. Vous êtes mes meilleurs amis et mes confidents.

A la famille Amraoui et à la famille Drici, merci pour votre amour, votre soutien et votre présence dans ma vie. Vous êtes comme une deuxième famille pour moi, et votre affection me touche profondément.

A tous ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans cette aventure, merci du fond du cœur. Votre confiance et votre soutien m'ont donné la force de poursuivre mes rêves.

Dédicace

Je dédié ce modeste travail :

À ma mère, mon roc, mon phare, mon cœur. Ce mémoire est un témoignage de ton amour inconditionnel, de ton soutien indéfectible et de ta confiance inébranlable. Ta présence constante et ton encouragement précieux ont éclairé mon chemin et nourri mon ambition. Merci d'être la source de mon inspiration et la raison de mon succès.

À mon père, mon mentor, mon guide, mon héros. Ce mémoire est un hommage à ta sagesse, à ton courage et à ta force. Ton soutien indéfectible et tes précieux conseils m'ont permis de surmonter les obstacles et de réaliser mes rêves. Merci d'être le modèle qui m'inspire et la source de ma détermination.

À mon frère, mon confident, mon ami, mon allié. Ce mémoire est un témoignage de notre lien indéfectible et de notre soutien mutuel. Ta présence réconfortante et tes encouragements constants ont été une source de motivation précieuse. Merci d'être le pilier sur lequel je peux toujours compter et la personne qui me comprend comme personne d'autre.

À ma sœur, ma complice, ma confidente, mon ange gardien. Ce mémoire est un hommage à notre lien unique et à notre amour inconditionnel. Ta présence réconfortante et tes encouragements constants m'ont permis de traverser les épreuves et de trouver la force d'avancer. Merci d'être la personne qui me comprend et me soutient dans toutes les situations.

À la famille Bouchetta, merci pour votre accueil chaleureux, votre générosité et votre soutien indéfectible. Votre présence réconfortante et vos encouragements constants ont été une source de motivation précieuse. Je suis reconnaissant de votre amitié et de votre présence dans ma vie.

Merci À tous ceux qui m'encouragent toujours, merci pour votre présence, votre confiance et vos mots précieux. Votre soutien indéfectible et vos encouragements constants ont été une source de motivation précieuse. Je suis reconnaissant de votre amitié et de votre présence dans ma vie.

Nour

Liste des figures

Figure 1: Structure du polyacrylamide.	4
Figure 2: les structures primaires des polymères.....	5
Figure 3: Schéma représentatif de l'adsorption des micropolluants.....	5
Figure 4: Résine échangeuse d'ion.	6
Figure 5: Montages typiques de la filtration membranaire.....	7
Figure 6: Image magnifiée d'une membrane poreuse en acétate de cellulose.	7
Figure 7: Schéma représentatif du mécanisme de fixation des contaminants.	8
Figure 8: schéma représentatif de mécanisme de floculation coagulation.	9
Figure 9: l'opération de dégrillage.	12
Figure 10: l'opération de dessablage.	13
Figure 11: l'opération de dégraissage.....	14
Figure 12: schéma représentatif de processus de traitements des eaux usées.	17
Figure 13: schéma représentatif de la thermoséparation.	23
Figure 14: structure chimique de Hydroxypropylecellulose.	23
Figure 15: Spectre IR de l'Hydroxypropylecellulose.....	24
Figure 16: schéma représentatif de la précipitation de HPC.	24
Figure 17: courbe d'étalonnage du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	34

Figure 18: Identification par UV du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.	37
Figure 19: Histogramme de la turbidité pour $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	38
Figure 20: courbe d'étalonnage du HPC	39
Figure 21: Identification par UV du HPC	43
Figure 22: Histogramme de la turbidité pour HPC.	44

Liste des tableaux :

Table 1: Descriptif des types de pollution, sources et natures.....	11
Table 2: Matériels utilisés.....	20
Table 3: représentatifs des propriétés de HPC.....	25
Table 4: représentatifs des différents grades de HPC.	25
Table 5: représentatifs des propriétés de TCS.	28
Table 6: Résultats de la linéarité pour le $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	33
Table 7: Méthode de moindre carrées $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	35
Table 8: Moyenne des absorbance de l'écart type $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	36
Table 9: Résultats de la linéarité pour HPC.....	39
Table 10: Méthode des moindre carrées.....	40
Table 11: Moyenne des absorbances de l'écart type.....	41

Liste d'abréviations

PF: Poly Flocculant

PAn: Poly anionique

PCat : Poly cationique

CE : Conductivité électrique

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale :

La pollution de l'eau, un fléau mondial, constitue une menace majeure pour la santé humaine, la biodiversité et l'économie. Les milieux aquatiques, essentiels à la vie, sont aujourd'hui contaminés par une multitude de polluants provenant de diverses sources anthropiques. Ces contaminants, tels que les métaux lourds, les pesticides, les produits pharmaceutiques et les matières organiques, s'accumulent dans les eaux de surface et souterraines, impactant négativement les écosystèmes et la chaîne alimentaire. L'utilisation excessive de pesticides et d'engrais chimiques entraîne une contamination des eaux souterraines et de surface, menaçant la santé des cultures et des animaux.

On a Les rejets industriels, riches en métaux lourds et en produits chimiques toxiques, polluent les cours d'eau et les océans, affectant la faune et la flore aquatiques.

Les eaux usées non traitées, les déversements d'hydrocarbures et les déchets plastiques contribuent à la pollution des rivières, des lacs et des mers, menaçant la santé publique et l'environnement.

Face à cette situation préoccupante, la purification de l'eau devient une nécessité absolue. De nombreuses techniques de traitement existent, mais la recherche de solutions innovantes et performantes est en constante évolution.

Ce mémoire s'articule autour de l'application de systèmes amphiphiles pour l'élimination des contaminants dans un milieu aqueux. Il se divise en deux parties .la première partie c'est la partie bibliographique Cette partie explorera les différents types d'eaux (eaux de surface, eaux souterraines, eaux usées) et les principales catégories de polluants (métaux lourds, pesticides, produits pharmaceutiques, matières organiques) ainsi que leurs impacts sur l'environnement et la santé.

La deuxième partie c'est la partie expérimentale. Elle présentera les matériaux et produits utilisés dans l'étude, ainsi que le protocole expérimental mis en place. Cette dernière explorera les différents types d'eaux (eaux de surface, eaux souterraines, eaux usées) et les principales catégories de polluants (métaux lourds, pesticides, produits pharmaceutiques, matières organiques) ainsi que leurs impacts sur l'environnement et la santé.

On finit avec la partie résultats et discussion qui analysera les réponses obtenues lors des expériences, en discutant de l'efficacité des systèmes amphiphiles pour l'élimination des contaminants et en comparant ces résultats avec les méthodes conventionnelles.

Introduction générale

L'objectif de ce mémoire est de contribuer à la compréhension et au développement de solutions innovantes et durables pour la purification de l'eau, en mettant en lumière le potentiel des systèmes amphiphiles dans la lutte contre la pollution des milieux aquatiques.

***CHAPITRE I : LES
POLYMERES DANS
LE TRAITEMENT DES
EAUX CONTAMINEES***

Chapitre I : les polymères dans le traitement des eaux contaminées

I.1. Introduction :

Les polymères jouent un rôle essentiel dans le traitement des eaux usées, grâce à leurs propriétés uniques. Ils sont largement utilisés comme flocculants, coagulants et agents de conditionnement des boues, améliorant ainsi l'efficacité des processus de séparation et de clarification afin d'améliorer la qualité de l'eau. Ils sont utilisés pour éliminer divers contaminants, des matières en suspension aux métaux lourds, grâce à différentes techniques.

I.2. Principaux polymères et leurs applications :

I.2.1. Polymères flocculant (PF) :

Les flocculants sont des polymères hydrosolubles de haut poids moléculaire qui ont la capacité d'agglomérer les fines particules et les colloïdes présents dans l'eau, créant ainsi des flocs plus gros et plus faciles à séparer.

Les plus courants sont les POLYACRYLAMIDES, qui combinent l'ACRYLAMIDE avec d'autres monomères. La combinaison avec des monomères CATIONIQUES ou ANIONIQUES, en plus de lui conférer une charge ionique, ils lui confèrent des propriétés spécifiques réservés désormais à une nouvelle classe de polymères appelés POLYÉLECTROLYTES.

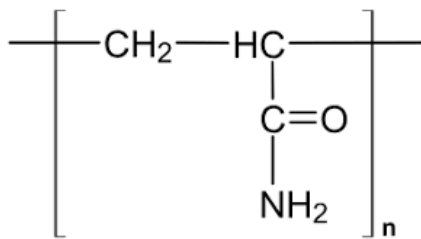


Figure 1: Structure du polyacrylamide.

Notons que la structure du polymère peut être linéaire, ramifiée ou réticulée et généralement avant utilisation ils doivent être dissous dans l'eau pour que la chaîne polymère puisse se développer et agir en solution.

Chapitre I : les polymères dans le traitement des eaux contaminées

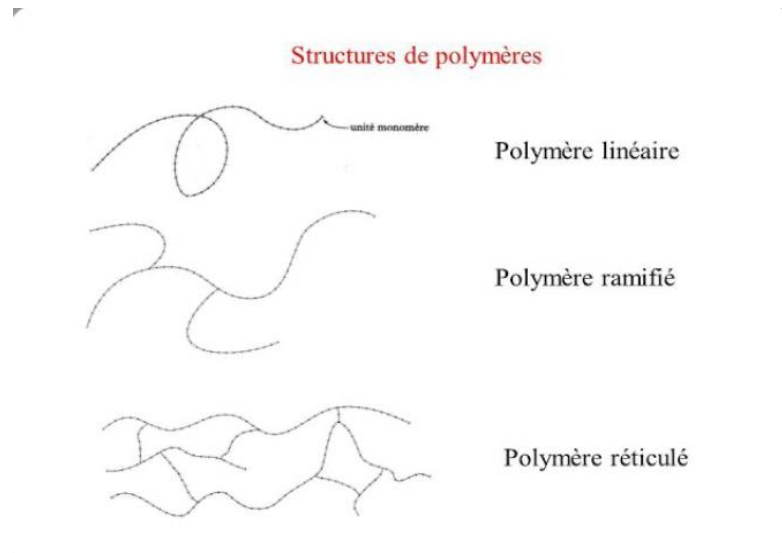


Figure 2: les structures primaires des polymères.

Le processus de floculation est clé dans les traitements physico-chimiques visant à clarifier l'eau, soit par sédimentation soit par flottation. Notons que l'utilisation de floculant est essentielle pour respecter les normes de rejet des eaux et réduire les niveaux de turbidité, de matières en suspension, de matières organiques et même de certains métaux lourds présents dans les effluents.

I.2.2. Polymères adsorbants (PA) :

Ces polymères, souvent sous forme de membranes ou de particules ayant la capacité de piéger les polluants par adsorption, c'est-à-dire qu'ils retiennent les molécules polluantes à leur surface. Les polymères à base de charbon actif, de zéolithes ou de certains polymères synthétiques sont utilisés pour éliminer les matières organiques dissoutes, les pesticides, et autres contaminants organiques ou inorganiques.

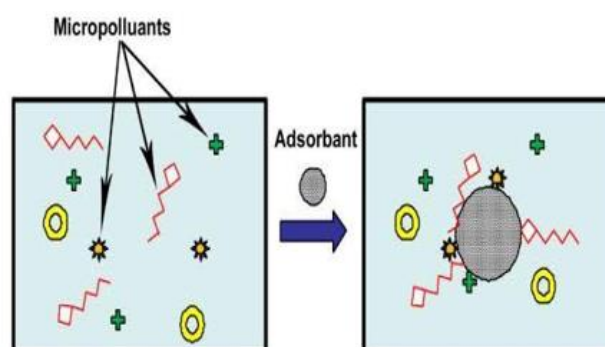


Figure 3: Schéma représentatif de l'adsorption des micropolluants.

Chapitre I : les polymères dans le traitement des eaux contaminées

I.2.3. Polymères échangeurs d'ions :

Le principe de l'échange ionique repose sur l'attraction électrostatique entre les ions dissous dans l'eau et les groupes fonctionnels présents dans les résines. Pendant le processus de traitement, les ions indésirables tels que les métaux lourds, les ions de dureté (calcium, magnésium) et autres contaminants sont piégés par les résines échangeuses d'ions, tandis que les ions souhaités restent dans l'eau traitée [1].

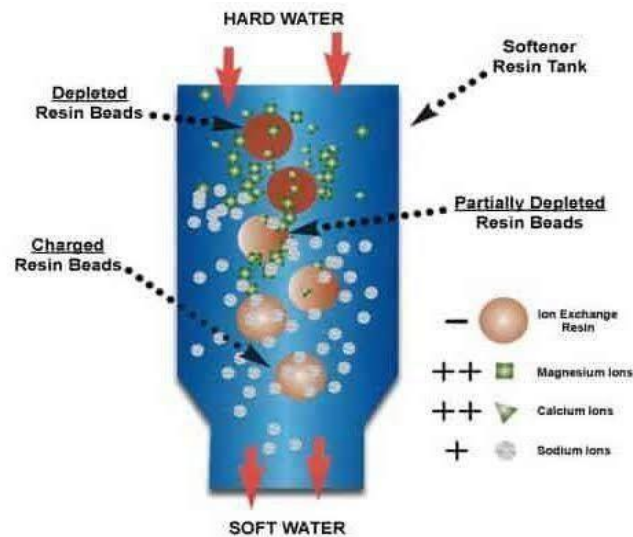


Figure 4: Résine échangeuse d'ion.

I.2.4. Polymères pour la filtration membranaire :

Les membranes polymères sont utilisées dans des procédés comme l'ultrafiltration, la nanofiltration et l'osmose inverse. Ces membranes ont des pores de tailles spécifiques qui permettent de séparer les polluants en fonction de leur taille et de leur charge. Elles sont efficaces pour éliminer les bactéries, les virus, les matières organiques et les sels dissous [1].

Chapitre I : les polymères dans le traitement des eaux contaminées

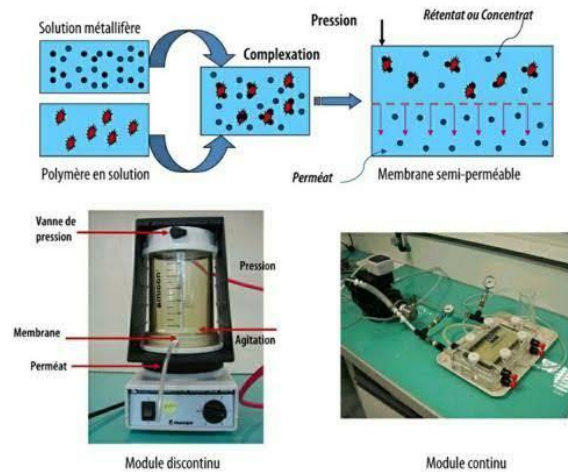


Figure 5: Montages typiques de la filtration membranaire.

Les membranes peuvent être fabriquées à partir de différents polymères, tels que le polysulfone, le polypropylène et l'acétate de cellulose essentiellement.

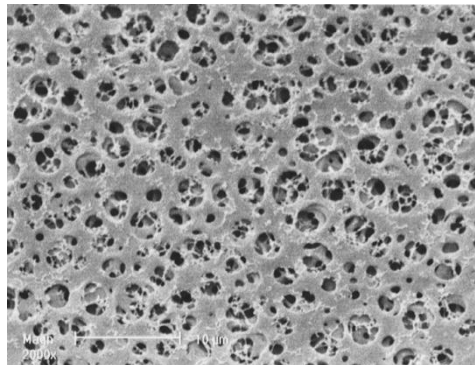


Figure 6: Image magnifiée d'une membrane poreuse en acétate de cellulose.

I.2.5. Polymères biodégradables :

Plus récemment et dans une optique de développement durable, certains polymères biodégradables sont utilisés. Ils peuvent être utilisés comme flocculant ou comme supports pour des microorganismes qui dégradent les polluants. Ces polymères se décomposent naturellement, réduisant ainsi l'impact environnemental.

I.3. Le mécanisme de l'élimination de fixation des contaminants :

La complexation est un processus chimique où des ions métalliques se lient à des ligands (molécules ou ions) pour former des complexes. Dans le contexte de l'élimination des métaux lourds, cela implique souvent des ions métalliques qui se lient à des polymères ou à d'autres agents chimiques.

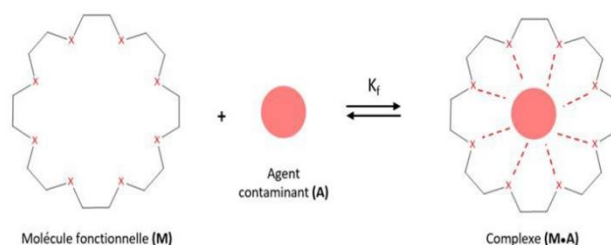


Figure 7: Schéma représentatif du mécanisme de fixation des contaminants.

Notons que l'efficacité de ces polymères dépend de nombreux facteurs, tels que :

- Le type et la concentration des polluants, les polymères cationiques sont souvent utilisés pour flocculer les matières en suspension chargées négativement, tandis que les polymères anioniques peuvent être utilisés pour les particules chargées positivement ou comme aide à la coagulation. La turbidité et la concentration en MES influencent la quantité de polymère nécessaire et la qualité de la flocculation. Des eaux usées plus turbides ou avec une concentration en MES plus élevée nécessitent généralement des doses de polymère plus importantes
- Le pH de l'eau affecte la charge des particules en suspension et l'efficacité du polymère. Les polymères sont souvent plus efficaces dans des plages de pH spécifiques. Il est parfois nécessaire d'ajuster le pH de l'eau usée pour optimiser la performance du polymère.
- La température peut affecter la viscosité de l'eau et la cinétique de la réaction de flocculation. Des températures plus basses peuvent ralentir le processus, tandis que des températures plus élevées peuvent l'accélérer.
- Et la présence d'autres substances comme l'utilisation combinée de plusieurs polymères et techniques est souvent nécessaire pour obtenir une dépollution complète et efficace des eaux usées. Dans un traitement des eaux usées, des coagulants, tels que des sels métalliques (ex : sulfate d'aluminium), sont ajoutés par exemple. Ces coagulants hydrolysent dans l'eau, formant des hydroxydes métalliques qui sont chargés positivement.

Chapitre I : les polymères dans le traitement des eaux contaminées

Après la coagulation, des polymères flocculants sont ajoutés. Ces polymères, grâce à leur caractère amphiphile, peuvent se lier aux hydroxydes métalliques et aux ions métalliques. Les groupes fonctionnels sur les chaînes polymériques interagissent avec les métaux lourds, facilitant leur encapsulation.

I.3.1. Mécanisme de Coagulation et Flocculation :

a. Coagulation :

Dans un premier temps, la coagulation, par un ajout de sels métalliques (généralement de fer ou d'aluminium), permet de supprimer les répulsions intercolloïdales : les cations métalliques (Al^{3+} et Fe^{3+}) se lient aux colloïdes et les neutralisent. Les particules colloïdales peuvent désormais se rencontrer.

b. Flocculation :

Dans un second temps, la flocculation permet de s'attaquer au problème du faible diamètre des colloïdes. Le véritable souci est en fait la masse, qui ne permet pas une sédimentation naturelle et exploitable dans le cadre d'un traitement. La solution exploitée par la flocculation est de provoquer, grâce à l'ajout de flocculant, une agglomération des particules colloïdales. Par la suite, cet agglomérat de colloïdes appelé floc dispose d'une masse suffisante pour pouvoir se décanner. Le flocculant ajouté est généralement un polymère, qu'il soit organique ou naturel, qui va jouer le rôle de colle entre les colloïdes.

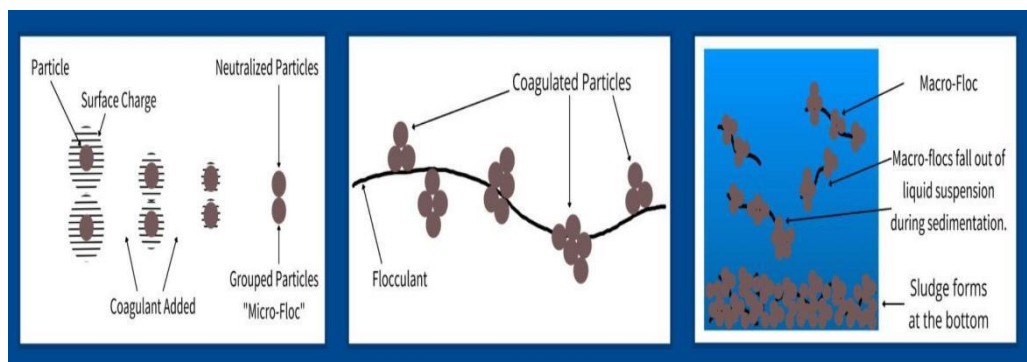


Figure 8: schéma représentatif de mécanisme de flocculation coagulation.

CHAPITRE II Les procédés de traitement des eaux contaminées

CHAPITRE II : Les procédés de traitement des eaux contaminées

CHAPITRE II : Les procédés de traitement des eaux contaminées

A travers ce chapitre, nous essayerons d'offrir un aperçu général sur la provenance, les caractéristiques ainsi que le traitement des eaux usées.

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques ; elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu naturel.

Le tableau 2 regroupe les différents types de pollution

Table 1: Descriptif des types de pollution, sources et natures.

Type de pollution	La nature	La source
Thermique	Rejet d'eau chaude	Centrale électrique
Radioactive	Radio-isotope	Installation nucléaire
Fertilisants	Nitrates, phosphates	Agriculture, lessives
Métaux	Hg, Cd, Al, Ça, As, Pb	Industries, agriculture, Combustion
Pesticides	Insecticides, herbicides	Industrie
Détergifs	Agent tensio-actifs	Effluent domestique
Hydrocarbures	Pétrole brut et dérivés	Industrie pétrolière
Organiques Fermentescibles	Glucides, protides , lipides	Effluent domestique Agricoles

II. 1. Objectifs du traitement des eaux usées :

L'objectif des traitements est de minimiser l'impact des eaux usées sur l'environnement. Lorsque les eaux traitées sont réutilisées, on parle de recyclage des eaux usées.

- Procédés de traitements des eaux usées :

On distingue trois types de traitement des eaux usées on cite :

a. Prétraitement :

Le prétraitement consiste en trois étapes principales qui permettent de supprimer de l'eau les éléments qui gêneraient les phases suivantes du traitement. Toutes les stations d'épuration ne sont pas forcément équipées des trois, seul le dégrillage est généralisé, les autres sont le dessablage et le déshuilage.

▪ Dégrillage et tamisage :

Le dégrillage et le tamisage permettent de retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, serviettes hygiéniques, etc. En effet, ces déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Pour ce faire, l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées. Celles-ci sont en général équipées de systèmes automatiques de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe (dans les cas où il y aurait un système de pompage).



Figure 9: l'opération de dégrillage.

CHAPITRE II : Les procédés de traitement des eaux contaminées

■ Dessablage :

Le dessablage permet, par décantation, de retirer les sables mélangés dans les eaux par ruissellement ou amenés par l'érosion des canalisations. Ce matériau, s'il n'était pas enlevé, se déposerait plus loin, gênant le fonctionnement de la station et provoquant une usure plus rapide des éléments mécaniques comme les pompes. Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mis en décharge, afin de limiter le pourcentage de matières organiques, la dégradation de celles-ci provoquant des odeurs et une instabilité mécanique du matériau.

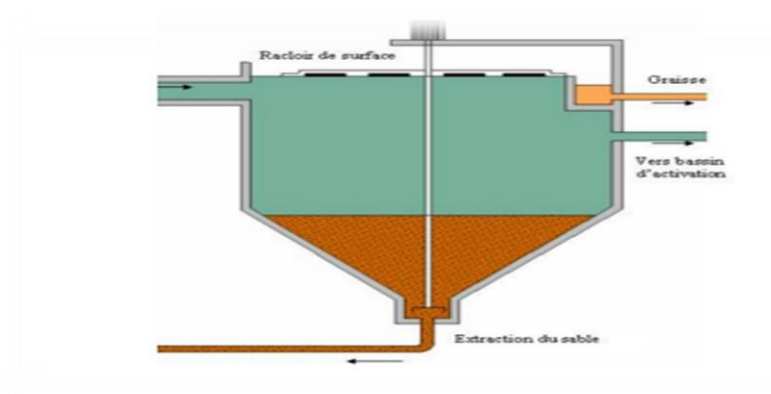


Figure 10: l'opération de dessablage.

■ Dégraissage :

C'est généralement le principe de la « flottation par air dissous » qui est utilisé pour l'élimination des huiles [4]. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations. Leur élimination est essentielle également pour limiter les problèmes de rejets de particules graisseuses, les difficultés de décantation ou les perturbations des échanges gazeux.

Le dessablage et le déshuilage se réalisent le plus souvent dans un même ouvrage : l'eau polluée se déplaçant lentement, pendant que les sables décantent au fond les graisses remontent en surface.

CHAPITRE II : Les procédés de traitement des eaux contaminées



Figure 11: l'opération de dégraissage.

b. Traitement Primaire :

En épuration des eaux usées, le traitement primaire est une simple décantation qui permet de supprimer la majeure partie des matières en suspension. Ce sont ces matières qui sont à l'origine du trouble des eaux usées.

L'opération est réalisée dans des bassins de décantation dont la taille dépend du type d'installation et du volume d'eau à traiter. De la même manière, le temps de séjour des effluents dans ce bassin dépend de la quantité de matière à éliminer et de la capacité de l'installation à les éliminer.

La décantabilité des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de Mohlman. Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système.

À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30 % de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette part de DBO supprimée était induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant.

Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé « boues primaires ».

Le traitement primaire des eaux usées domestiques tend à disparaître en France avec la généralisation du traitement secondaire à boues activées qui comporte déjà une étape de décantation [5]. C'est notamment le cas lorsque les effluents sont régulièrement dilués par des eaux de pluie et donc moins décantables. Il est alors plus économique de se passer de traitement primaire et de surdimensionner le traitement secondaire.

CHAPITRE II : Les procédés de traitement des eaux contaminées

c. Traitement Secondaire :

Le traitement secondaire se fait le plus couramment par voie biologique, mais une voie physico-chimique peut la remplacer ou plus souvent s'y ajouter pour favoriser la floculation et coagulation des boues ou permettre, par exemple, la fixation des phosphates. Les différents traitements sont :

Traitement des composés organiques :

Le traitement biologique le plus simple consiste à éliminer les composés organiques tels que sucres, graisses et protéines qui sont nocifs pour l'environnement, puisque leur dégradation implique la consommation de dioxygène, dissous dans l'eau, alors qu'il est indispensable à la survie des animaux aquatiques. La charge en polluants organiques est mesurée communément par la DBO5 (demande biologique (ou biochimique) en oxygène sur cinq jours) ou la demande chimique en oxygène (DCO). Les bactéries responsables de la dégradation des composés organiques sont hétérotrophes. Pour accélérer la dégradation des composés organiques, il faut apporter artificiellement de l'oxygène dans les eaux usées.

- Nitrification :

Si les réacteurs biologiques permettent un temps de contact suffisant entre les effluents et les bactéries, il est possible d'atteindre un second degré de traitement : la nitrification. Il s'agit de l'oxydation de l'ammoniaque en nitrite, puis en nitrate par des bactéries nitrifiantes [6]. L'ammoniaque est un poison pour la faune piscicole. Les bactéries nitrifiantes sont autotrophes (elles fixent elles-mêmes le carbone nécessaire à leur croissance dans le CO₂ de l'air). Elles croissent donc beaucoup plus lentement que les hétérotrophes. Une station d'épuration doit d'abord éliminer les composés organiques avant de pouvoir nitrifier.

- Dénitrification :

Une troisième étape facultative consiste à dénitrifier (ou dénitrater) les nitrates résultants de la nitrification. Cette transformation peut se faire en pompant une partie de l'eau chargée de nitrates de la fin de traitement biologique et en la mélangeant à l'eau d'entrée, en tête de traitement. La dénitrification se passe dans un réacteur anoxique, en présence de composés organiques et de nitrates. Les nitrates (nutriments à l'origine de l'envahissement d'algues dans certaines mers, en particulier la Mer du Nord) sont réduits en diazote (N₂) qui s'échappe dans l'air. La dénitrification se fait généralement, sur les

CHAPITRE II : Les procédés de traitement des eaux contaminées

petites stations d'épuration, dans le même bassin que la nitrification par syncopage (arrêt de l'aération, phase anoxie). Cette étape tend à se généraliser pour protéger le milieu naturel.

Traitement par voie physico-chimique :

Il regroupe l'aération et le brassage de l'eau mais aussi une décantation secondaire (dite aussi clarification).

À partir de ce dernier élément, l'eau clarifiée est rejetée (sauf traitement tertiaire éventuel) et les boues décantées sont renvoyées en plus grande partie vers le bassin d'aération, la partie excédentaire étant dirigée vers un circuit ou un stockage spécifique.

Le traitement secondaire peut comporter des phases d'anoxie (ou une partie séparée en anoxie) qui permet de dégrader les nitrates.

- Déphosphoration :

Pour limiter l'écotoxicité des rejets d'eaux usées un traitement du phosphore est généralement demandé sur les stations supérieures à 10 000 équivalents habitant. Il peut être demandé sur des plus petites stations d'épuration suivant la sensibilité du milieu récepteur. Les sources géologiques de phosphore ayant été surexploitées sa récupération commence aussi à être un enjeu économique et industriel.

d. Traitement Tertiaire :

Le traitement tertiaire, souvent qualifié de traitement avancé, intervient généralement après un traitement biologique suivi d'une étape de séparation « solide-liquide ». Ce procédé peut prendre diverses formes, telles que la déphosphatation, la désinfection, la réduction de l'azote ammoniacal ou encore la diminution de l'azote total. Il peut intégrer des processus physiques, tels que la filtration ou la décantation, chimiques, comme l'ajout de réactifs, ou biologiques, en mobilisant une biomasse épuratrice. Le choix de ce traitement complémentaire dépend des objectifs spécifiques fixés pour l'installation. Le traitement tertiaire vient en complément des chaînes classiques d'épuration. Dans certains cas, il s'avère indispensable notamment lorsque l'eau traitée est destinée à être rejetée dans un milieu aquatique sensible au phénomène d'eutrophisation ou dans un milieu à usage balnéaire (zones d'activités nautiques ou touristiques...). L'affinage peut être nécessaire lorsque l'eau épurée fait l'objet d'une réutilisation à des fins agricoles, urbaines, domestiques ou industrielles. Une désinfection est indispensable lorsque l'eau traitée est destinée à être rejetée en zone de baignade, de pisciculture ou

CHAPITRE II : Les procédés de traitement des eaux contaminées

d'élevage de coquillage. Cette opération s'avère nécessaire lorsque l'eau épurée est réutilisée à des fins domestiques. La désinfection de l'eau peut être favorisée par différents moyens comme la chloration, l'application du rayonnement ultra-violet et l'ozonation.

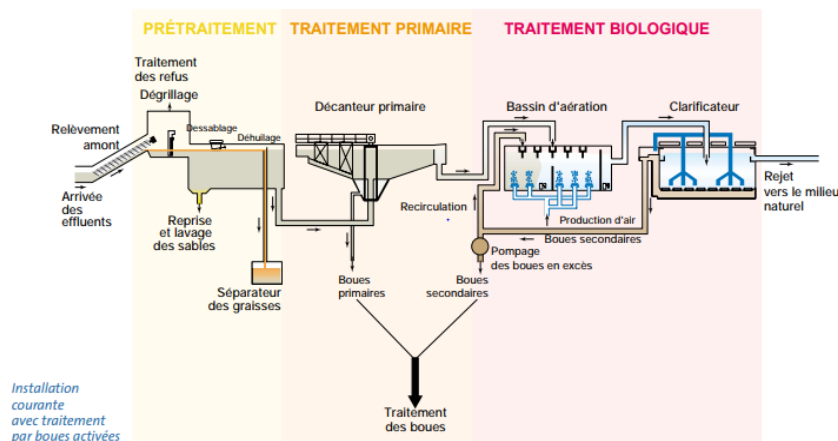


Figure 12: schéma représentatif de processus de traitements des eaux usées.

II.2. Valorisation des eaux usées traitées :

La réutilisation des eaux usées, ou recyclage, consiste à récupérer les eaux usées après plusieurs traitements destinés à en éliminer les impuretés, afin de stocker et d'employer cette eau à nouveau. Le recyclage remplit donc un double objectif d'économie de la ressource : il permet à la fois d'économiser les ressources en amont en les réutilisant, mais aussi de diminuer le volume des rejets pollués. L'intérêt en est cependant limité quand il n'y a pas de tension quantitative sur la ressource en eau dans le secteur concerné.

La réutilisation de l'eau est essentiellement utilisée pour l'irrigation (70 %), mais aussi essentiellement par des utilisations qui ne nécessitent pas de l'eau potable (usages industriels à environ 20 % et usages domestiques pour environ 10 %)

Le recyclage de l'eau est d'abord pratiqué pour les eaux résiduaires internes des industries : certaines industries recyclent leur eau, qui fonctionne ainsi en circuit fermé. Les entreprises peuvent ainsi viser à réduire leur consommation de 40 % à 90 %.

Mais le procédé est aussi utilisé pour les eaux usées municipales secondaires : l'eau récupérée après traitement en station d'épuration reçoit un traitement supplémentaire afin d'être utilisée, essentiellement pour des usages qui ne nécessitent pas une eau potable : irrigation, réalimentation des nappes phréatiques, utilisations industrielles, etc.

Chapitre III : Matériels et Méthodes

Chapitre III : Matériel et Méthodes.

III.1. Introduction :

Le traitement des eaux contaminées par des métaux lourds est un défi environnemental majeur, nécessitant des solutions efficaces et durables. Les polymères, grâce à leurs propriétés uniques, offrent des approches prometteuses pour l'élimination de ces contaminants. Ce chapitre explore les matériaux et les méthodes employées dans le traitement des eaux par des polymères.

III.2. Matériels utilisés :

Table 2: Matériels utilisés.

Appareil	Photo
● Conductimètre INOLAB	
● Bain thermostat	

Chapitre III : Matériel et Méthodes

- PH mètre HANNA



- Turbidimètre LOVIDOND



- UV – visible



Chapitre III : Matériel et Méthodes

- Autres matériels :

- Balance
- Agitateur
- Verrerie (béchers, fioles, tube à essais)

III.3. Protocole de préparation des solutions qui élimine les métaux lourds :

- Préparer les solutions de 35, 40, 45, 50, ppm **Pb(NO₃)₂** /TCS/ NaCl
- Agitation de 1h
- Mesure de conductivité /turbidité
- Les solutions préparées seront destinées à l'UV-visible à $\lambda = 224$ nm préparation des solutions de 0.5 à 0.9% (PF / TCS/ **Pb(NO₃)₂**/NaCl) .
- Agitation de 24H.
- Mesure de conductivité / turbidité avant et après la thermoséparation .
- Le choix de PF est porté sur le tube de concentration qui avant plus de précipitation et on extrait le surnageant qui est destiné à l'UV-VISIBLE.



Solution transparente



solution trouble



Thermoséparation

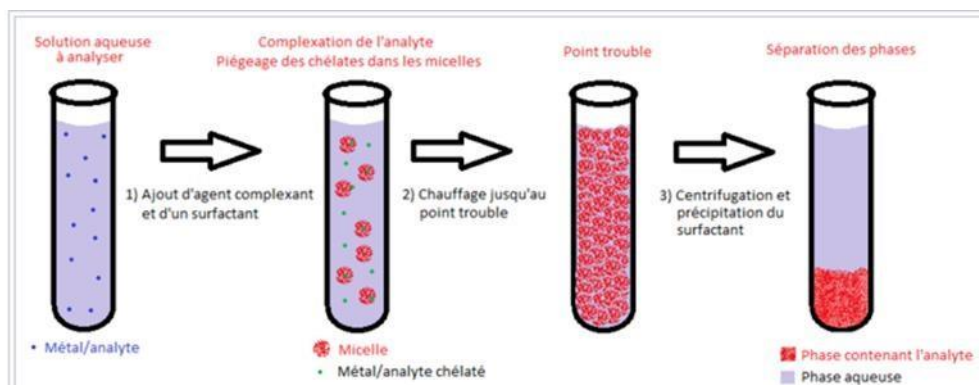


Figure 13: schéma représentatif de la thermoséparation.

1. Polymère Hydroxypropylcellulose HPC :

Le HPC est un polymère parmi le dérivé cellulosique hydrosoluble semi-flexible non ionique. Ses Caractéristiques étaient rapportées principalement par les chercheurs d'Hercule vers 1970 ; il est largement utilisé comme un excipient en dosage solide oral, dans lequel il agit comme un désintégrant, et comme un liant en granulation. Il est essentiellement un polysaccharide non toxique et non irritant, le HPC est reconnu pour ses propriétés bios adhésives et il a été démontré qu'il favorise absorption des médicaments. Comme la plupart des éthers de cellulose, le HPC précipite dans l'eau lors du chauffage.

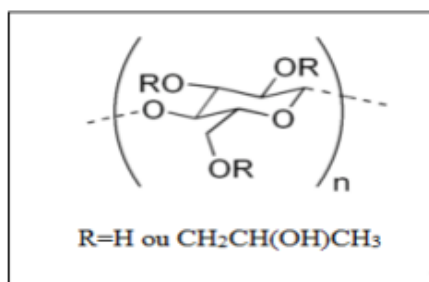


Figure 14: structure chimique de Hydroxypropylcellulose.

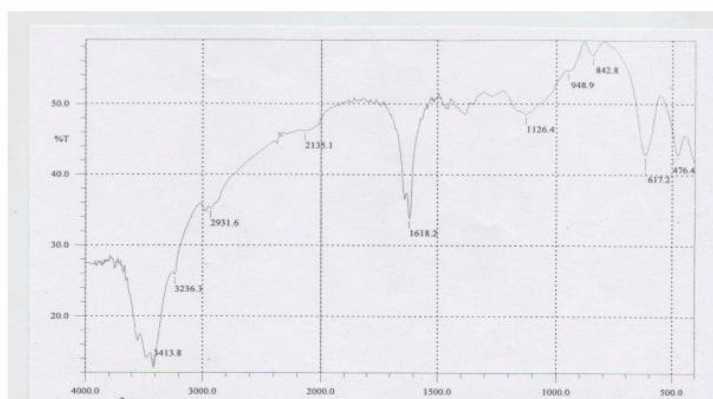


Figure 15: Spectre IR de l'Hydroxypropylecellulose.

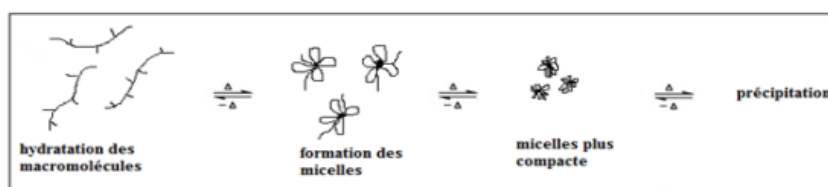


Figure 16: schéma représentatif de la précipitation de HPC.

2. Solubilité et viscosité de l'Hydroxypropylecellulose :

Pour l'hydroxypropyl cellulose pur, la solubilité dans l'eau est limitée à la plage de basse température de 0~38°C. Lorsque la solution aqueuse de HPC est encore chauffée, une précipitation se produit. D'autre part, la viscosité de la solution aqueuse de HPC diminue à mesure que la température du solvant augmente. Pour les polymères en solution, cet effet est connu et considéré comme normal. Des températures supérieures à 40-45°C provoqueront la précipitation du HPC à partir de la solution aqueuse, et la précipitation est complètement réversible (inversion par refroidissement).

Chapitre III : Matériel et Méthodes

Table 3: représentatifs des propriétés de HPC.

Propriété	Effet / Utilité
Solubilité dans l'eau	Grâce aux groupes hydroxypropyles hydrophiles
Thermoplastique	Se ramollit à chaud, utile pour les films
Gélification thermique	Forme un gel en chauffant (réversible)
Viscosité variable	Dépend du degré de polymérisation et de substitution
Biocompatibilité	Non toxique, utilisable en médecine et pharma
Filmogène	Forme des couches protectrices ou contrôlées

Table 4: représentatifs des différents grades de HPC.

grade (X = Fine)	weight average molecular weight	typical brookfield viscosity (mPa·s)	solution concentration (%)
HF Pharm, HXF Pharm Xtend HXF Pharm	1,150,000	1,500–3,000	1
MF Pharm, MXF Pharm	850,000	4,000–6,500	2
GF Pharm, GXF Pharm	370,000	150–400	2
JF Pharm, JXF Pharm	140,000	150–400	5
LF Pharm, LXF Pharm	95,000	75–150	5
EF Pharm, EXF Pharm, EXF Ultra Pharm	80,000	300–600	10
ELF Pharm	40,000	150–300	10

3. Les applications de HPC :

✓ Secteur pharmaceutique :

1. Épaississants et liants :

Le HPC, en tant qu'épaississant et liant, favorise la liaison et la formation des particules lors de la granulation humide des comprimés.

Chapitre III : Matériel et Méthodes

2. Agents de libération contrôlée :

L'effet de libération contrôlée du HPC dans les comprimés est l'une de ses applications les plus importantes. Grâce à ses propriétés de gonflement et de viscosité dans l'eau, le HPC peut former un film d'hydratation à la surface des comprimés, limitant ainsi la vitesse de libération des médicaments et permettant ainsi de retarder leur libération.

3. Agent filmogène :

Les propriétés filmogènes du HPC le rendent largement utilisé dans l'enrobage des comprimés, notamment pour les matériaux d'enrobage hydrosolubles.

✓ Secteur cosmétique :

1. Agent fixant :

Permet la cohésion de différents ingrédients cosmétiques.

2. Agent émulsifiant :

Favorise la formation de mélanges intimes entre des liquides non miscibles en modifiant la tension interfaciale (eau et huile).

3. Stabilisateur d'émulsion :

Favorise le processus d'émulsification et améliore la stabilité et la durée de conservation de l'émulsion.

4. Agent filmogène :

Produit un film continu sur la peau, les cheveux ou les ongles.

5. Agent de contrôle de la viscosité :

Augmente ou diminue la viscosité des cosmétiques.

✓ Secteur de l'environnement :

1. Surveillance de la Qualité de l'Eau :

Les tests HPC permettent de déterminer la charge microbienne globale dans les sources d'eau, fournissant des informations sur la présence potentielle de pathogènes nocifs. Des valeurs HPC élevées indiquent une mauvaise qualité de l'eau et la nécessité de mesures correctives immédiates.

2. Évaluation de l'Efficacité du Traitement :

En surveillant les niveaux de HPC avant et après les processus de traitement, l'efficacité des systèmes de désinfection peut être évaluée. Cela garantit que les méthodes de traitement éliminent efficacement les bactéries nocives.

3. Prédiction de la Bio-encrassement Potentielle :

Des niveaux de HPC élevés dans les systèmes d'eau peuvent entraîner un bio-encrassement, où les micro-organismes s'accumulent sur les surfaces, obstruant l'écoulement de l'eau et pouvant causer de la corrosion.

4. Identification des Sources de Contamination :

La comparaison des niveaux de HPC à différents points d'un système d'eau peut aider à identifier les sources potentielles de contamination, permettant des solutions ciblées pour améliorer la qualité de l'eau.

4 .Tri citrate de sodium TCS :

Le citrate de sodium, appelé aussi citrate trisodique, peut être obtenu par la neutralisation complète de l'acide citrique avec de l'hydroxyde de sodium ou du carbonate de haute pureté, puis par cristallisation et déshydratation. C'est un additif alimentaire, qui peut être utilisé comme régulateur de l'acidité ,séquestrant, émulsifiant ou stabilisant. .il est soluble dans l'eau et le glycérol, mais insoluble dans l'alcool et certains autres solvants. Le citrate trisodique a pour formule $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$. Très souvent on l'appelle simplement citrate de sodium, cependant citrate de sodium peut aussi se référer aux deux autres sels de sodium de l'acide citrique, à savoir le citrate mono sodique et le citrate di sodique. Il possède une saveur légèrement acide.

Chapitre III : Matériel et Méthodes

Table 5: représentatifs des propriétés de TCS.

Sel	Tri citrate de sodium
Solubilité	Eau
Nom IUPAC	Tri sodium citrate Tri sodium 2-hydroxypropane-1, 2,3-tricarboxylate
Masse volumique	1,7 g/cm ³
Point d'ébullition	309,6 °C
Point de fusion	300°C

5. Les applications de tri citrate de sodium :

➤ Secteurs alimentaires :

Dans l'industrie alimentaire, le citrate de tri sodium est principalement utilisé comme régulateur d'acidité et agent émulsifiant, en particulier dans des produits tels que les fromages fondus, les boissons gazeuses, les confitures, les gelées, les glaces et les desserts laitiers.

➤ Secteurs médicaux :

Le citrate trisodique continue d'être utilisé dans les tubes de prélèvement sanguin et pour la conservation du sang dans les banques de sang. L'ion citrate chélate les ions calcium dans le sang en formant des complexes de citrate de calcium, perturbant ainsi le mécanisme de coagulation du sang.

➤ Secteurs de l'environnement :

Le citrate de sodium est utilisé dans les systèmes de traitement de l'eau, où il aide à réduire l'entartrage et l'accumulation de minéraux, améliorant ainsi l'efficacité des chaudières et des systèmes de refroidissement.

III.4. Définition de la validation :

La validation est une opération destinée à démontrer que toute procédure utilisée pour l'analyse d'un produit conduise effectivement au bon résultat, ceci fait clairement apparaître le lien très étroit qu'existe entre la qualité d'une analyse et la validation de la méthode qui permet de la faire.

La validation d'une méthode analytique peut être définie comme démarche critique visant à s'assurer de sa qualité ou validité.

III.4.1. Intérêt de la validation :

La validation des procédés est un concept préventif ; la vérification des conditions opératoires conduit à réduire la probabilité d'une production hors norme. Elle contribue à l'assurance de la qualité du produit et à l'amélioration de la productivité.

III.4.2. But de la validation :

L'objet de la validation d'une procédure analytique est de démontrer qu'elle est fiable à l'usage auquel elle est destinée.

III.4.3. Linéarité :

1. Définition :

La linéarité d'une méthode de dosage est sa capacité à obtenir des résultats directement ou par l'intermédiaire d'une transformation mathématique définie, proportionnels à la concentration en substance à doser, dans l'échantillon à analyser et dans l'intervalle de mesure considérée.

2. Principe :

La gamme d'étalonnage est réalisée à partir de cinq points correspondant à des concentrations de 80% à 120% de la concentration théorique de la substance à doser dans la spécialité à analyser. Chaque point de gamme est injecté trois fois dans les conditions décrites par la technique.

3. Expression des résultats :

Détermination de l'équation de la droite d'étalonnage.

L'équation de la droite est de la forme $Y=AX+B$

En utilisant la méthode de moindres carrés on calcule les coefficients a et b .

$$a = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{\sum y_i - a \sum x_i}{N}$$

Posons : N: nombre d'essai

Xi : concentration en (%)

Yi : densité optique (pour UV /vis)

Le calcul de l'équation de la droite peut être par le calcul du coefficient de corrélation selon la formule suivante :

$$R = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{[(N \times \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2) (N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2)]}}$$

4. Vérification de linéarité :

La linéarité est vérifiée par le calcul des paramètres suivants :

> la moyenne des densités optiques

$$\bar{y} = \frac{\sum \bar{Y}_i}{N}$$

> l'écart type δ :

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (\sum (Y_i - \bar{Y}_i)^2)_{123}}{N-1}}$$

N': le nombre totale de lectures.

> coefficient de variation CV :

Chapitre III : Matériel et Méthodes

$$\mathbf{CV} = \left[\frac{\delta}{r} \right] \times 100$$

5. Acceptation des paramètres de linéarité :

> le coefficient de corrélation R :

Il doit être voisin de l'unité, cependant il ne peut pas lui seul, être utilisé pour vérifier que la courbe d'étalonnage est effectivement une droite. Sa détermination doit obligatoirement s'accompagner d'une étape de vérification de linéarité.

> coefficient de variation de facteurs de la linéarité CV

Il doit être inférieur à 10%

Chapitre IV :

Validation de la méthode de dosage spectroscopie

UV

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

IV.1. Validation de la méthode de dosage du Nitrate de plomb $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ par spectroscopie UV

IV.1.1. Principe :

La méthode de dosage par UV est reconnue comme une méthode simple, sensible, rapide, qui peut être utilisée pour le dosage du principe actif, mais avant de l'utiliser comme une méthode de routine, il faut procéder à la validation.

IV.1.2. Etude de Nitrate de plomb $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$:

IV.2. Linéarité :

-Afin de vérifier la linéarité de la méthode on prépare une gamme d'étalonnage de 35 à 55 ppm du Nitrate de plomb $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

-La préparation de la gamme d'étalonnage.

-on prépare quatre solutions contenant des concentrations différentes de ppm

-Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Table 6: Résultats de la linéarité pour le $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Ppm	35	40	45	50
Abs ₁	0.0332	0.2552	0.465	0.6076
Abs ₂	0.0220	0.289	0.460	0.652
Abs ₃	0.0222	0.333	0.465	0.715
Abs moyenne	0.0918	0.2924	0.463	0.6582

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

- A partir des valeurs expérimentales, on trace la courbe de régression représentant l'absorbance en fonction de la concentration de ppm du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

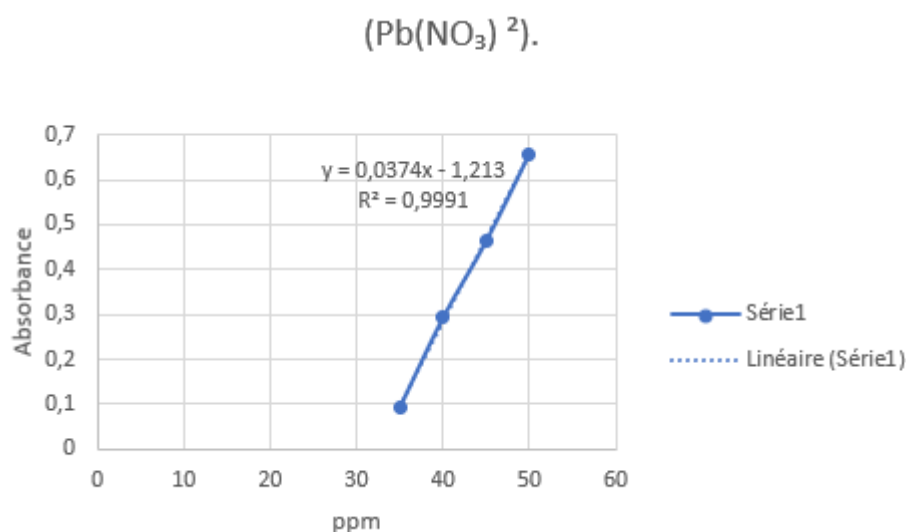


Figure 17: courbe d'étalonnage du $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

IV.2.1. Etude de la linéarité :

-l'équation de la droite est de la forme : $Y = aX + b$

-On utilise la méthode des moindres carrées pour calculer les coefficients a et b.

$$a = \frac{N\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N\sum x_i^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{\sum y_i - a\sum x_i}{N}$$

N : 4essais.

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

Table 7: Méthode de moindre carrées Pb(NO₃)₂.

N	Xi	Yi	Xi ²	Yi ²	Xi Yi
1	35	0.0918	1225	0.00842724	3.213
2	40	0.2924	1600	0.08549776	11.696
3	45	0.463	2025	0.214369	20.835
4	50	0.6582	2500	0.43322724	32.91
Σ	42,5	0,37635	1837,5	0,18538031	17,1635

IV.2.2. Application numérique :

$$a = \frac{4 \times 17.1635 - (42.5 \times 0.37635)}{4 \times 1837.5 - (42.5)^2} \Longrightarrow \boxed{a=0.009498}$$

$$b = \frac{0.37635 - 0.009498 \times 42.5}{4} \Longrightarrow \boxed{b=-0.0068287}$$

Donc :

$$\boxed{Y=0.009498X-0.0068287}$$

IV.2.3. Le coefficient de corrélation R :

$$R = \frac{N \sum Xi Yi - \sum Xi \sum Yi}{\sqrt{[(N \times \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)(N \sum Yi^2 - (\sum Yi)^2)]}}$$

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

$$R = \frac{4 \times 17.1635 - (42.5 \times 0.37635)}{\sqrt{(4 \times 1837.5 - (42.5)^2) \times (4 \times 0.18538031 - (0.37635)^2)}} \longrightarrow \boxed{R=0.9131}$$

- La moyenne des densités optiques de l'écart type :

Table 8: Moyenne des absorbance de l'écart type $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Y_{i1}	0.0332	0.2552	0.465	0.6076
Y_{i2}	0.220	0.289	0.460	0.652
Y_{i3}	0.222	0.333	0.465	0.715
Y_i	0.0918	0.2924	0.463	0.6582
$(Y_i - \bar{Y}_i)^2_1$	0.00343396	0.00138384	4×10^{-6}	0.00256036
$(Y_i - \bar{Y}_i)^2_2$	0.01643524	1.156×10^{-5}	9×10^{-6}	3.84×10^{-5}
$(Y_i - \bar{Y}_i)^2_3$	0.01695204	0.0016486	4×10^{-6}	0.00322624
$\Sigma(Y_i - \bar{Y}_i)^2_{123}$	0.01227375	0.00101459	5.667×10^{-6}	0.00194168

- La moyenne des densités optiques $\bar{Y}$:

$$\Sigma Y_i = 1.5054$$

$$N = 4 \text{ essais}$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma \bar{Y}_i}{N} = \frac{1.5054}{4} \longrightarrow \boxed{\bar{Y} = 0.37635}$$

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

IV.2.4. L'écart type δ :

$$N'=12$$

$$\Sigma(\Sigma(Y_i - \bar{Y}_i)^2)_{123} = 0.00380892$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\Sigma(\Sigma(Y_i - \bar{Y}_i)^2)_{123}}{N-1}} = \sqrt{\frac{0.00380892}{12-1}} \implies \boxed{\delta = 0.0186}$$

IV.2.5. Le coefficient de variation CV :

$$CV = \left[\frac{\delta}{\bar{Y}} \right] \times 100 = \frac{0.0186}{0.37635} \times 100 \implies \boxed{CV = 4.94\%}$$

Donc la valeur de coefficient de variation CV elle inférieure a 10% cela indique une faible variabilité.

IV.2.6. Identification par UV:

- D'après le tracé obtenu, on constate que la courbe montre :

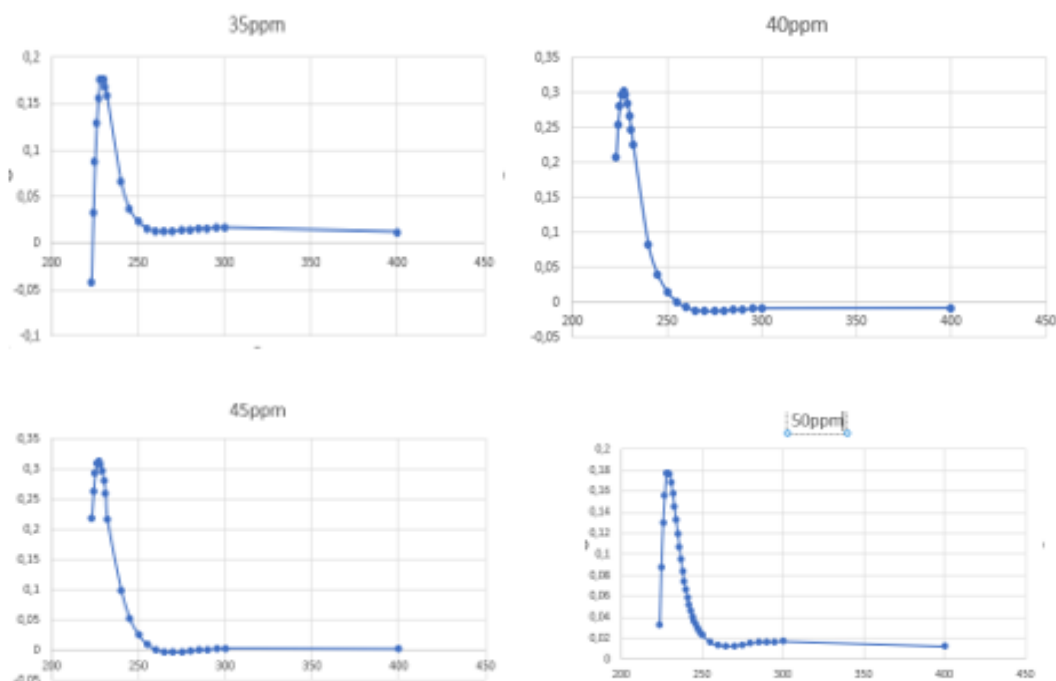


Figure 18: Identification par UV du $Pb(NO_3)_2$.

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

IV.2.7. La turbidité de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$:

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

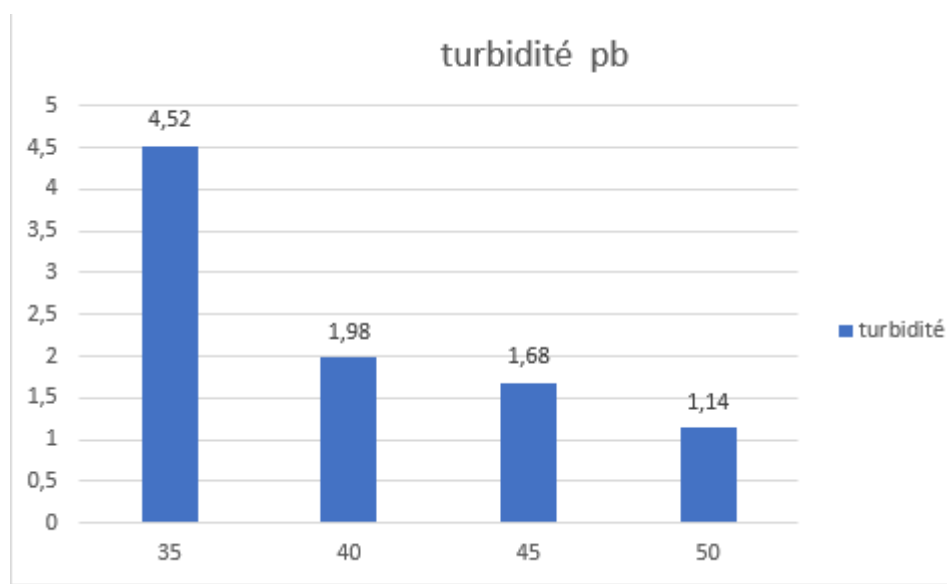


Figure 19: Histogramme de la turbidité pour $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

IV.3. Etude de HPC:

IV.3.1. Linéarité :

-pour vérifier la linéarité de la méthode on prépare une gamme d'étalonnage de 0.5% à 1%

-La préparation de la gamme d'étalonnage :

On prépare cinq solutions contenant des concentrations différentes de 0.5 à 1% du HPC, pour cela on prépare des solutions.

-Fixer la longueur d'onde $\lambda = 224$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

Table 9: Résultats de la linéarité pour HPC.

La concentration en %	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
Abs ₁	0.256	0.325	0.332	0.437	0.666
Abs ₂	0.080	0.351	0.456	0.598	0.790
Abs ₃	0.111	0.393	0.486	0.643	0.832
Abs moyenne	0.149	0.3122	0.4446	0.5893	0.7626

A partir des valeurs expérimentales, on trace la courbe de régression représentant l'absorbance en fonction de la concentration en % du HPC.

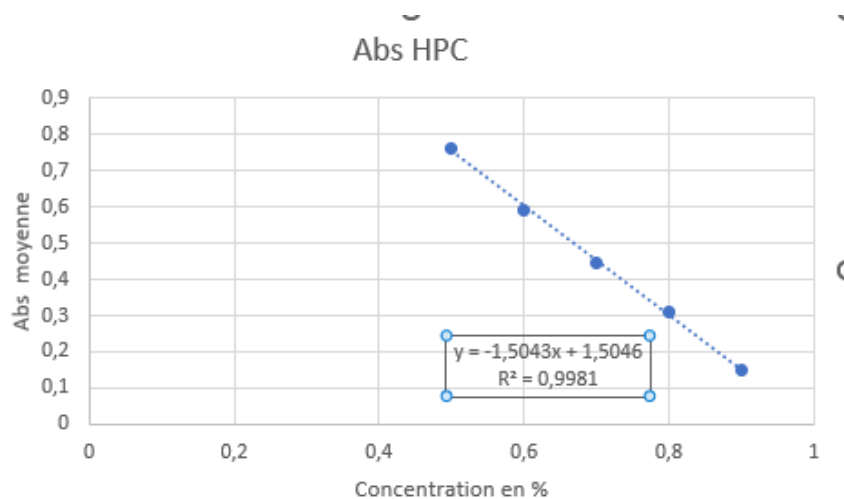


Figure 20: courbe d'étalonnage du HPC

IV.3.2. Etude de la linéarité :

Détermination de l'équation de la droite d'étalonnage.

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

L'équation de la droite est de la forme $Y = ax + b$

On utilise la méthode des moindres carrées pour calculer les coefficients a et b

$$a = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{\sum y_i - a \sum x_i}{N}$$

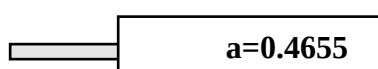
N : 5 essais

Table 10: Méthode des moindres carrées.

N	X _i	Y _i	X _i ²	Y _i ²	X _i Y _i
1	0.9	0.149	0.81	0.022201	0.1341
2	0.8	0.3122	0.64	0.09746884	0.24976
3	0.7	0.4445	0.49	0.19758025	0.31115
4	0.5	0.7626	0.25	0.58155876	0.38130
Σ	0.725	0.4171	0.547	0.22470	0.2690

IV.3.3. Application numérique :

$$a = \frac{4 \times 0.2690 - (0.725 \times 0.4171)}{4 \times 0.547 - (0.725)^2}$$



$$b = \frac{0.4171 - 0.4655 \times 0.725}{4}$$



Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

Donc :

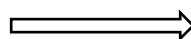
$$Y=0.4655X+0.01990$$

IV.3.4. Le coefficient de corrélation R :

Le calcul de l'équation de la droite peut être par le calcul du coefficient de corrélation selon la formule suivante :

$$R = \frac{N \sum XiYi - \sum Xi \sum Yi}{\sqrt{[(N \times \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)(N \sum Yi^2 - (\sum Yi)^2)]}}$$

$$R = \frac{4 \times 0.2690 - (0.725 \times 0.4171)}{\sqrt{(4 \times 0.547 - (0.725)^2) \times (4 \times 0.22470 - (0.4171)^2)}}$$



$$R=0.7047$$

IV.3.5. La moyenne des absorbances de l'écart type :

Table 11: Moyenne des absorbances de l'écart type.

Y _{i1}	0.256	0.325	0.332	0.666
Y _{i2}	0.080	0.351	0.456	0.790
Y _{i3}	0.111	0.393	0.486	0.832
$\bar{Y}_i$	0.149	0.312	0.445	0.763
$(Y_i - \bar{Y}_i)_1^2$	0.011449	0.00016384	0.01267876	0.00933156
$(Y_i - \bar{Y}_i)_2^2$	0.004761	0.00150544	0.00012996	0.00075076
$(Y_i - \bar{Y}_i)_3^2$	0.001444	0.00652864	0.00171396	0.00481636
$\Sigma(Y_i - \bar{Y}_i)_{123}^2$	0.00588467	0.00273264	0.00484089	0.00496623

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

IV.3.6. Vérification de linéarité :

La linéarité est vérifiée par le calcul des paramètres suivant :

- La moyenne des absorbances $\bar{Y}$:

$$\Sigma Y_i = 1.669$$

$$N = 4 \text{ essais}$$

- la moyenne des densités optiques :

$$\bar{Y} = \frac{\Sigma Y_i}{N} = \frac{1.669}{4} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{Y = 0.41725}$$

IV.3.7. L'écart type δ :

$N' =$ (le nombre totale de lectures) 12 Lecteurs.

$$\Sigma(\Sigma(Y_i - \bar{Y}_i)^2)_{123} = 4.606 \times 10^{-3}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\Sigma(\Sigma(Y_i - \bar{Y}_i)^2)_{123}}{N' - 1}} = \sqrt{\frac{4.606 \times 10^{-3}}{12 - 1}} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{\delta = 0.02046}$$

IV.3.8. La coefficient de variation CV :

$$CV = \left[\frac{\delta}{\bar{Y}} \right] \times 100 = \left[\frac{0.02046}{0.41725} \right] \times 100 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{CV = 4.90\%}$$

Donc la valeur de coefficient de variation CV elle inférieure a 10% cela indique une faible variabilité.

IV.3.9. Identification par UV :

D'après la trace obtenue optique des solutions préparées à partir des collodions ont été déterminées en mesurant l'absorbance de la lumière dans le domaine de 200 à 400 nm.

Les propriétés optiques de la solution HPC sont déterminées en mesurant le facteur d'absorbance de la lumière entre la longueur d'onde 200 à 400nm.

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

Les résultats spectraux de l'absorbance UV des solutions de HPC à différentes concentrations 0,5% à 1% .et toutes les courbes présentent la longueur d'onde de 224nm et indique que cette molécule absorbe fortement dans UV à cette longueur d'onde 200 à 400nm.

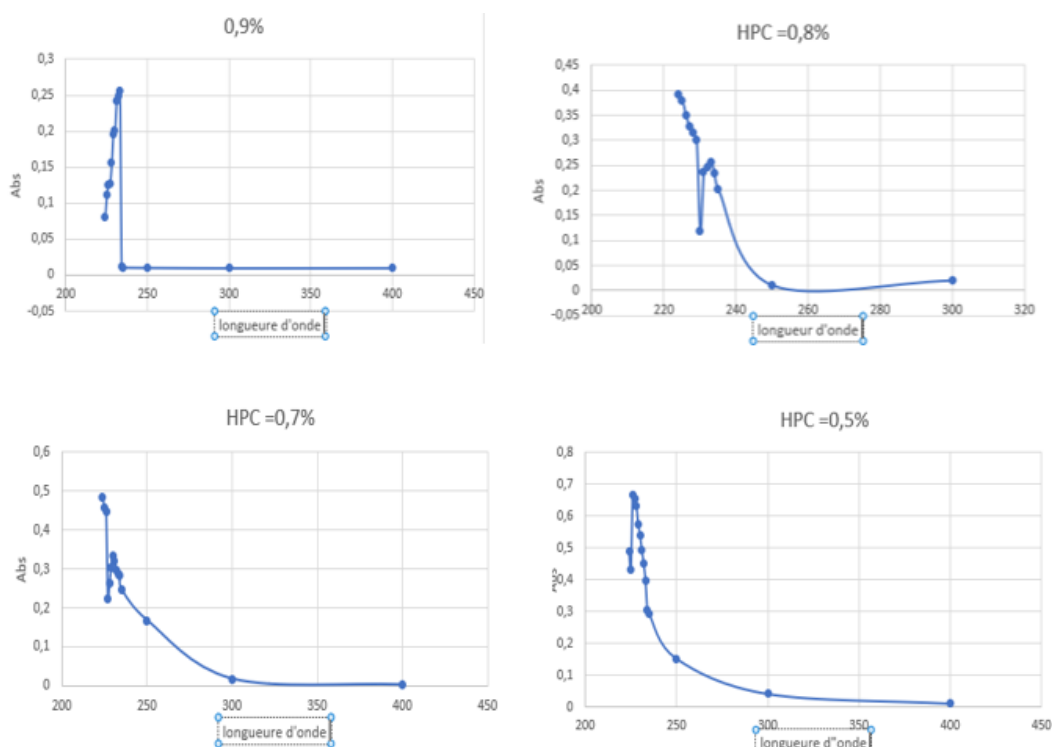


Figure 21: Identification par UV du HPC

IV.3.10. La turbidité de HPC :

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Chapitre IV : validation de la méthode de dosage spectroscopie UV

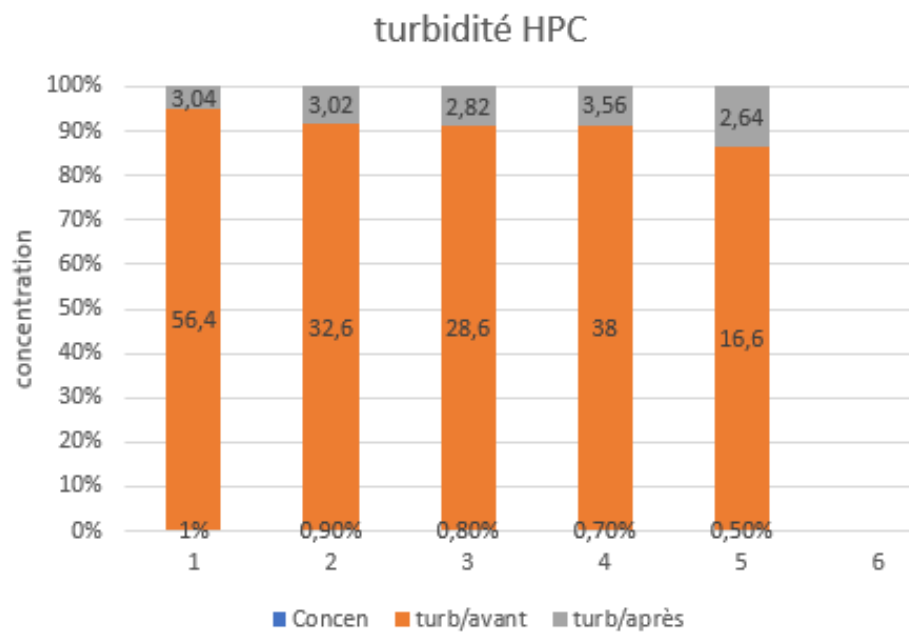


Figure 22: Histogramme de la turbidité pour HPC.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La validation de la technique d'analyse UV pour la quantification des métaux lourds dans un milieu aqueux repose sur une série de tests rigoureux visant à évaluer sa performance et sa fiabilité. Les résultats de ces tests, notamment la linéarité, le coefficient de variation l'écart type....., sont essentiels pour déterminer si la méthode est appropriée pour l'application visée.

Suite aux résultats obtenus, nous pouvons conclure que la technique d'analyse UV-Vis est validée pour l'étude des systèmes amphiphiles dans le contexte de l'élimination des métaux lourds. Les données recueillies confirment l'efficacité de cette méthode pour suivre et évaluer les processus d'interaction et de séquestration des métaux par les systèmes amphiphiles. L'approche a démontré une capacité à fournir des informations quantitatives et qualitatives essentielles pour comprendre et optimiser l'efficacité de ces systèmes dans le traitement des contaminants métalliques.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Référence bibliographique :

<https://www.derypol.com/fr/floculants-pour-le-traitement-des-eaux-usees/>

<https://www.aide.be/epuration/pollution-des-eaux>

<https://wikimemoires.net/2019/11/les-eaux-usees-definition-origine-et-composition/?amp=1>

[https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Eaux_us%C3%A9es#:~:text=Les%20eaux%20us%C3%A9es%20\(ou%20eaux,polluants%20physiques%2C%20chimiques%20ou%20biologiques](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Eaux_us%C3%A9es#:~:text=Les%20eaux%20us%C3%A9es%20(ou%20eaux,polluants%20physiques%2C%20chimiques%20ou%20biologiques)

https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Traitement_des_eaux_us%C3%A9es

<https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Coagulation-floculation>

<https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/4138/1/m%C3%A9moire%20BOUDRAA.pdf>

<https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/12443/1/M%C3%A9moire%20final.pdf>

[. Mahusieu et M. Hamon; « Abrégé chimie analytique » Tome 2 ; Méthode séparative; Edition Masson ; 1978.](#)

https://www.atamanchemicals.com/e-331-tri-sodium-citrate_u33315/?lang=FR

https://www.atamanchemicals.com/e-331-tri-sodium-citrate_u33315/?lang=FR

<https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/12443/1/M%C3%A9moire%20final.pdf>

Références Bibliographiques

<https://di.univ->

[blida.dz/jspui/bitstream/123456789/4138/1/m%C3%A9moire%20BOUDRAA.pdf](https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/4138/1/m%C3%A9moire%20BOUDRAA.pdf)

<https://aquasan.ca/fr/polymeres-dans-le-traitement-des-eaux-usees/>