



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

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCEM

MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN CHIMIE

Spécialité : Chimie Macromoléculaire

Par :

Mlle ABDELLAOUI IMANE

Sur le thème

Application des copolymères hydrosolubles au traitement des eaux par procédé de coagulation/floculation.

Soutenu publiquement le 06 Octobre 2020 à Tlemcen devant le jury composé de :

Mr TENNOUGA Lahcène	Professeur	ESSA-Tlemcen	Président
Mr HOCINE Tayeb	Maître de conférences B	Université de Tlemcen	Encadrant
Mr BENABADJI Kamel Ismet	Maître de conférences A	Université de Tlemcen	Examinateur
Mme BELKAID EP BOUHAJER Soraya	Maître de conférences B	ESSA-Tlemcen	Examinatrice
Mr BOURAS Brahim	Maître de conférences A	Université de Tlemcen	Co-encadrant

Année Universitaire : 2019 ~ 2020

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :

A mon support dans ma vie mon père qui m'a toujours poussé motiver et encouragé durant toute la période de mes études. Rien eu monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour éducation et mon bien-être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation.

A ma plus chère mère de ma vie, aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour moi instruction. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez.

A mes très chère sœurs Lila et Soumia. En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

A mes très cher frères Mehdi et Abdelhadi. Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

A Mme Benyelloul Djamilia pour leur conseils et l'aide merci beaucoup.

A mon neveu Yacine et ma nièce Sirine.

A tout nombre de ma famille et mes amis spécialement à Billami Fatima, Benmedjahed Chahinez, Ould Meziane Zahira, Amara Nour El Houda, Bouchnak Boudalia Naziha, Belarbi Issame, Hocine Samir, Hakim Bechlaghem.

Abdellaoui Imane

Remerciements

Je remercie Dieu pour la volonté et la connaissance qu'il m'a accordées pour accomplir ce travail.

Le présent travail a été réalisé au laboratoire d'application des électrolytes et polyélectrolytes Organiques (LAEPO) de l'Université ABOU BAKR-BELKAID Tlemcen. Je tiens tout d'abord à exprimer ma plus profonde gratitude envers le Directeur Monsieur le professeur Medjahed Kouider.

Je tiens à témoigner ma profonde reconnaissance à l'ensemble des enseignants de l'institut de chimie et plus particulièrement de la filière macromoléculaire « Mr. L. TENNOUGA, Mr. B. BOURAS, Mr. K.I. BENABADJI, Mr. K. MEDJAHED, Mr.T. HOCINE, Mme.S. Belkaid, Mr.H.Ziani Cherif » pour leurs engagements, leurs consciences et leurs soutiens.

J'exprime ma profonde et sincère gratitude à mon directeur de mémoire Mr T. HOCINE, Maître de Conférence B à l'Université de Tlemcen. Pour ses directives, sa patience, sa compétence et ses critiques ont été pour moi un solide appui et un réconfort dans les moments difficiles. Puisse-t-il retrouver ici hommage à ses qualités et ses mérites.

Je témoigne ma gratitude à Mr. B. BOURAS, Maître de Conférence A à l'Université de Tlemcen qui n'a cessé de suivre avec intérêt le déroulement de mes travaux. Ses avis et ses conseils ont été pour moi un précieux encouragement.

C'est un agréable devoir d'exprimer ma plus sincère reconnaissance à Mr. L. TNOUGA, Professeur à ESSA de Tlemcen, d'avoir accepté la présidence du jury de ce mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Je tiens à remercier très sincèrement Mr Benabadji Kamel Ismet, Maître de Conférence A à l'Université de Tlemcen, et Mme Belkaid Soraya Maître de conférences B à l'École Supérieure en Sciences Appliquées de Tlemcen, pour l'honneur qu'il nous a fait d'accepter avec diligence de juger ce travail.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à toute l'équipe au laboratoire d'application des électrolytes et polyélectrolytes Organiques (LAEPO) de l'université de Tlemcen et les doctorants Merad Boudia Sanaa, Belaid Ali, Baouch Zakarya, l'ingénieur de labo Bouayad Souhila, pour m'avoir facilité l'accès aux données la partie théorique de celle-ci.

Enfin, je dis à mes amis et mes collègues merci pour tous ces moments simples qui sont devenus inoubliables grâce à vous, merci pour votre compréhension, votre aide et votre soutien. Un grand merci spécialement à Kazi tani Ghizlen, Benouis Chahinez, Bouazzaoui Soundous, Sefioun Rabah, Zennaqi Amine, Pour votre motivation, votre compassion, votre honnêteté et votre présence dans les moments difficiles.

Abdellaoui Imane

TABLE DES MATIERES

<i>INTRODUCTION GENERALE</i>	1
<i>Références bibliographiques</i>	3
<i>Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	
<i>Partie I : Acrylamide et gélatine</i>	
<i>I.1. Acrylamide (AM)</i>	4
<i>I.2. Gélatine (Gél)</i>	5
<i>PARTIE II : Les argiles</i>	
<i>II.1. Définition</i>	6
<i>II.2. Bentonite</i>	6
<i>II.3. Kaolin</i>	7
<i>II.4. Perlite</i>	7
<i>PARTIE III : Généralités sur la pollution de l'eau</i>	
<i>III.1. Définition de l'eau</i>	8
<i>III.2. La pollution de l'eau</i>	9
<i>III.3. Les colorants</i>	9
<i>PARTIE IV : Coagulation-Floculation</i>	
<i>IV.1. Coagulation-floculation</i>	11
<i>IV.2. Rôle de la coagulation-floculation</i>	11
<i>IV.3. Stabilité des suspensions colloïdales</i>	13
<i>IV.4. Facteurs influençant la coagulation-floculation</i>	13
<i>IV.5. Le floculant organique polymérique</i>	15
<i>IV.6. Comparaison entre la floculation avec les polymères et avec les sels de métaux....</i>	15
<i>PARTIE V : Travaux antérieurs sur les floculants à base de polymères</i>	
<i>Références bibliographiques</i>	18
<i>Chapitre II : TECHNIQUES EXPERIMENTALES</i>	
<i>PAETIE I : Méthodes de caractérisations</i>	
<i>I.1 Le pH (potentiométrie)</i>	20
<i>I.2 Spectroscopie infrarouge (IR)</i>	20
<i>I.3 Spectrophotométrie UV-Visible</i>	21
<i>I.4. Jar-Test</i>	22
<i>I. 5. Turbidité</i>	23

<i>I.6. Fluorescences des rayons X (XRF)</i>	24
<i>I.7. Diffraction des rayons X (DRX)</i>	24

PARTIE II : L'équipement

<i>II.1 Produits chimiques</i>	26
<i>II.2 Verrerie</i>	26

PARTIE III : Synthèse du copolymère (AM-Gél)

<i>I. Préparation du copolymère (AM-Gél)</i>	27
<i>I.1. Mode opératoire</i>	27
<i>II. Préparation de la solution de flocculant</i>	27
<i>III. Mode opératoire de coagulation-floculation sur jar-test</i>	28
<i>IV. Mode opératoire de déterminer pH isoélectrique</i>	28
<i>Références bibliographiques</i>	29

Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

<i>I. Caractérisation des argiles</i>	30
<i>I.1. Caractérisation de bentonite</i>	30
<i>I.2. Caractérisation de kaolin</i>	32
<i>I.3. Caractérisation de perlite</i>	35
<i>II.1. La structure de copoly (AM-Gél)</i>	37
<i>II.2. Calcul le taux de conversion</i>	37
<i>II.3. Test de solubilité</i>	38
<i>III. Détermination de pH isoélectrique de bentonite</i>	39
<i>IV. Etude de la décantation naturelle des argiles</i>	40
<i>V. Etude de coagulation-floculation sur Jar-Test</i>	44
<i>V.1. L'étude cinétique de l'élimination de la turbidité de suspension de la bentonite</i>	44
<i>V.2. L'étude cinétique de l'élimination de la turbidité de suspension de kaolin</i>	46
<i>VI. Efficacité de AM-Gél à l'élimination de la turbidité des suspensions argileuses</i>	48
<i>Références bibliographiques</i>	50
<i>Conclusion générale</i>	51

Liste des abréviations

AM : Acrylamide
Gél : Gélatine
B: Bentonite
K: Kaolin
P: Perlite
APS: Persulfate d'ammonium
pH : Potentiel d'hydrogène
IR : Spectroscopie infrarouge
UV-Visible : Spectrophotométrie
XRF : Fluorescences des rayons
DRX : Diffraction des rayons
TU₀ : Turbidité initiale
TU_f : Turbidité finale

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

<i>Figure I.1 : La structure chimique de l'acrylamide</i>	4
<i>Figure I.2 : La réaction de polymérisation de l'acrylamide</i>	5
<i>Figure I.3 : La structure chimique de la gélatine</i>	5
<i>Figure I.4 : La molécule d'eau</i>	8
<i>Figure I.5 : Nature et taille des particules colloïdales dans l'environnement</i>	12
<i>Figure I.6 : Comparaison entre la floculation par les sels métalliques et les polymères</i> ...	15

Chapitre II : TECHNIQUES EXPERIMENTALES

<i>Figure II.1 : Le potentiel d'hydrogène OHAUS STARTER 2C (LAEPO)</i>	20
<i>Figure II.2 : L'équipement infrarouge "CARY 600 SEIES FTIR" (LAEPO)</i>	21
<i>Figure II.3 : L'appareil spectrophotométrique UV "OPTIZEN 2120 UV-Visible" (LAEPO)</i>	22
<i>Figure II.4 : L'appareil de Jar-Test (LAEPO)</i>	23
<i>Figure II.5 : L'appareil Turbidimètre de Hanna (LAEPO)</i>	23
<i>Figure II.6 : L'appareil XRF de type Thermo scientifique Niton XL3t</i>	24
<i>Figure II.7 : L'appareil de la diffraction des rayons X de type RIGAKU ULTIMA-IV</i>	25

Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

<i>Figure III.1 : Spectre IR de la bentonite</i>	30
--	----

<i>Figure III.2 : Diffractogramme DRX de la bentonite</i>	31
<i>Figure III.3 : Spectre IR de kaolin</i>	33
<i>Figure III.4 : Diffractogramme DRX de kaolin</i>	34
<i>Figure III.5 : Diffractogramme DRX de perlite</i>	36
<i>Figure III.6 : la réaction chimique de copolymère (AM-Gél)</i>	37
<i>Figure III.7 : Détermination du point isoélectrique (pH_{iso}) de la bentonite</i>	40
<i>Figure III.8 : La turbidité résiduelle de la bentonite en fonction du temps à différentes pH...</i>	41
<i>Figure III.9 : La turbidité résiduelle de kaolin en fonction du temps à différents pH.....</i>	42
<i>Figure III.10 : La turbidité résiduelle de perlite en fonction du temps à différents pH.....</i>	44
<i>Figure III.11 : Cinétique de la décantation de la bentonite en présence de différents pH de Co poly (AM-Gél) à C=30 mg/l</i>	46
<i>Figure III.12 : Cinétique de la décantation de kaolin en présence de différents pH de Co-poly (AM-Gél) à C=30 mg/l</i>	48

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

<i>Tableau I.1 : Les propriétés physico-chimiques de l'acrylamide</i>	4
<i>Tableau I.2 : Les propriétés de kaolin</i>	7
<i>Tableau I.3 : Caractéristiques physiques de la perlite</i>	8
<i>Tableau I.4 : Essentiels groupes auxochromes et chromophores</i>	10

Chapitre II : TECHNIQUES EXPERIMENTALES

<i>Tableau II.1 : Conditions opératoires de la copolymérisation (AM-Gél)</i>	27
--	----

Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

<i>Tableau II.1 : Les résultats de caractérisation de spectre IR de la bentonite</i>	31
<i>Tableau III.2 : Les résultats de caractérisation de diffractogramme DRX de la bentonite...</i>	32
<i>Tableau III.3 : Les éléments chimiques présents dans la bentonite</i>	32
<i>Tableau III.4 : Les résultats de caractérisation de spectre IR de kaolin</i>	33
<i>Tableau III.5 : Les résultats de caractérisation de diffractogramme DRX de kaolin</i>	34
<i>Tableau III.6 : Les éléments chimiques présents dans kaolin</i>	35
<i>Tableau III.7 : Les éléments chimiques présents dans perlite</i>	36
<i>Tableau III.8 : Résultats de taux de conversion</i>	37
<i>Tableau II.9 : Résultats de test de la solubilité de copolymère (AM-Gél)</i>	38
<i>Tableau III.10 : les valeurs des pH_i et pH_f de la bentonite</i>	39
<i>Tableau III.11 : les valeurs de la turbidité du Bentonite (C=30mg/l)</i>	40

<i>Tableau III.12 : les valeurs de la turbidité de Kaolin ($C=30\text{mg/l}$)</i>	<i>41</i>
<i>Tableau III.13: les valeurs de la turbidité de perlite ($C=30\text{mg/l}$)</i>	<i>42</i>
<i>Tableau III.15 : Taux d'élimination des suspensions argileuses</i>	<i>44</i>
<i>Tableau III.15 : Cinétique de la décantation de la bentonite en présence de différents temps et pH de Co-poly (AM-Gél) à $C_B=30\text{ mg/l}$</i>	<i>45</i>
<i>Tableau III.16 : Cinétique de la décantation de kaolin en présence de différents pH de Co-poly (AM-Gél) à $C_k=30\text{ mg/l}$</i>	<i>47</i>
<i>Tableau III.17 : Flocculation des suspensions de bentonite et de kaolin à différents pH</i>	<i>49</i>

INTRODUCTION GENERALE

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
« وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ »

L'eau, une ressource essentielle pour chaque création sur terre, mais elle est en outre fondamentale pour le développement des sociétés humaines industrielles et agricoles. Dans la plupart des composantes du monde, l'eau est une ressource précieuse car elle couvre la majeure partie de sa surface ; en ce qui concerne 71%, de plus l'ensemble d'eau sur la terre est estimé à environ 1,4 milliards de km³ [1] pour cela on l'appelle la planète bleue.

L'eau c'est la vie [2] ; elle fait partie intégrante de notre planète, elle est composée d'oxygène et d'hydrogène. Cette dernière est enrichie de gaz, de sels minéraux et des matières organiques [3]. Cette richesse qui fascine subit souvent d'une pollution qui pose un réel problème pour l'environnement.

La pollution de l'eau se produit lorsque des matériaux sont coulés dans l'eau à au point qu'ils en dégradent la qualité [4], que leur utilisation est dangereuse. La pollution de l'eau a trois grandes origines : les rejets industriels, l'agriculture et les rejets domestiques.

Elle est comprise comme une modification nuisible ou préjudiciable des propriétés physico-chimiques mais aussi organiques, évoluant à la fois et de façon détournée en utilisant des activités techniques, en les rendant inadaptées à un usage ordinaire. Etablie, la pollution peut atteindre des milieux entiers certains comme les fossés, les rivières, les canaux, les lacs, la mer, aussi bien que les eaux souterraines.

Pour cela ils existent différentes techniques et méthodes de traitement des eaux primaires, dans notre cas le travail se déroulera avec la méthode de coagulation/floculation.

Les coagulants puis les floculants sont des réactifs chimiques représentatifs de la croissance de la chimie au cours du XXe siècle, caractérisé par le changement d'état d'une chimie de commodités à une chimie de spécialités [5].

Les substances chimiques de spécialité sont en constante évolution, c'est-à-dire que les objectifs de fabrication évoluent rapidement. Dans le domaine du traitement de l'eau, première utilité des coagulants puis des floculants, des efforts de travail novateurs importants sont nécessaires pour satisfaire aux conditions de qualité exceptionnellement gérées, imposées par le soutien constant des limitations naturelles. Les examens effectués dans les laboratoires de recherche nous permettent d'obtenir des informations exactes sur les merveilles de la physique

qui régissent l'utilisation des produits et d'adapter leurs qualités aux changements d'application [5].

Parmi les flocculants utilisés pour minimiser les inconvénients des coagulants : les polyacrylamides sont les flocculants organiques les plus largement utilisés pour faciliter la séparation solide/liquide, grâce à leur efficacité, leur souplesse de fabrication et leur rentabilité économique. Les polyacrylamides (PAM) linéaires sont des polymères de hauts poids moléculaires, solubles dans l'eau, dont le squelette de base est composé d'unités répétitives de monomères d'acrylamides (AMD), qui est principalement utilisé pour le traitement des décharges d'eau usée des procédés industriels [6].

L'objectif de la présente recherche consiste à étudier le traitement de l'eau avec copolymère (AM-Gél) par le processus de coagulation-floculation.

Notre travail est scindé en trois chapitres :

* Le premier chapitre comporte cinq parties :

- La première est dédiée à une brève revue générale de l'acrylamide et gélatine.
- La deuxième aborde quelques définitions sur les argiles (bentonite ; kaolin et Perlite).
- La troisième concerne la pollution d'eau et les colorants.
- La quatrième sera consacrée définition et le rôle de coagulation / floculation ; Stabilité des suspensions colloïdales ; Facteurs influençant la coagulation et le flocculant organique polymérique.
- La cinquième décrit les travaux effectués.

* Le deuxième chapitre représente méthodes de caractérisation et les produits utilisés ainsi que la synthèse du copolymère (AM-Gél) ; mode opératoire .

* Le troisième chapitre donne une présentation des différents résultats et discussions de :

- Caractérisation des argileuses (Bentonite , Kaolin ,Perlite)
- Résultat de la synthèse (rendement et structure) , Solubilité
- pH isoélectrique (bentonite) , Décantation naturelle (bentonite, kaolin, perlite)
- Etude de coagulation-floculation sur Jar-Test , floculation .

Références bibliographiques

- [1] C. Cassardo and J. A. A. Jones, “Managing Water in a Changing World,” *Water*, vol. 3, no. 2, pp. 618–628, 2011, doi: 10.3390/w3020618.
- [2] J. P. S. Cabral, “Water microbiology. Bacterial pathogens and water,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2010, doi: 10.3390/ijerph7103657.
- [3] J. D. Francis, “Water,” in *Rural Society in the U.S.: Issues for the 1980s*, 2019.
- [4] L. Schweitzer and J. Noblet, “Water Contamination and Pollution,” in *Green Chemistry: An Inclusive Approach*, 2018.
- [5] Y. Mottot, “Coagulants et flocculants - Une application majeure : le traitement des eaux,” *Coagulants et flocculants*, pp. 1–10, 2000.
- [6] T. Hocine, K. Benhabib, B. Bouras, and A. Mansri, “Comparative Study Between New Polyacrylamide Based Copolymer Poly(AM-4VP) and a Cationic Commercial Flocculant: Application in Turbidity Removal on Semi-Industrial Pilot,” *J. Polym. Environ.*, vol. 26, no. 4, pp. 1550–1558, 2018, doi: 10.1007/s10924-017-1049-7.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

PARTIE I : Acrylamide et gélatine

I.1.Acrylamide

I.1.1. Définition

L'acrylamide (2-propénamide) est un monomère cancérigène, reprotoxique et neurotoxique à tel point qu'il est encadré dans des aliments riches en amidon et très solubles dans l'eau, sous forme de cristaux blancs inoffensifs.

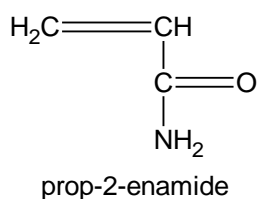


Figure I.1 : La structure chimique de l'acrylamide

II.1.2. Les propriétés physico-chimiques

Tableau I.1 : Les propriétés physico-chimiques de l'acrylamide

Propriétés chimiques	
Formule brute	C ₃ H ₅ NO
Masse molaire	71,0779 g/ mol
Propriétés physiques	
Masse volumique	1,13 g/cm ³
Température de fusion	84,5 °C
Température d'ébullition	192,6 °C
Température d'auto-inflammation	424 °C
Pression de vapeur	1Pa à 20 °C

I.1.3 Polymérisation de l'acrylamide

Le polyacrylamide est un polymère synthétique obtenu par une réaction de polyaddition d'une monomère d'acrylamide. Cette réaction est exothermique et peut être dangereuse [1].

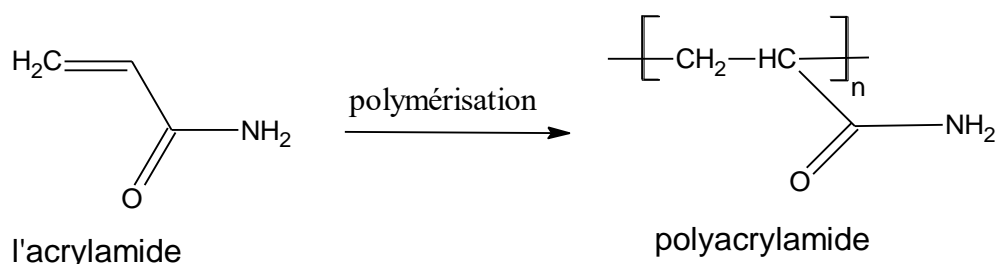


Figure I.2 : La réaction de polymérisation de l'acrylamide

I.2.Gélatine

I.2.1. Définition

La gélatine est une matière protéique abstraite. Elle est généralement obtenue par hydrolyse alcaline partielle (type A) ou par hydrolyse acide partielle (type B) [2]. Elle est souvent un mélange des deux types [2].

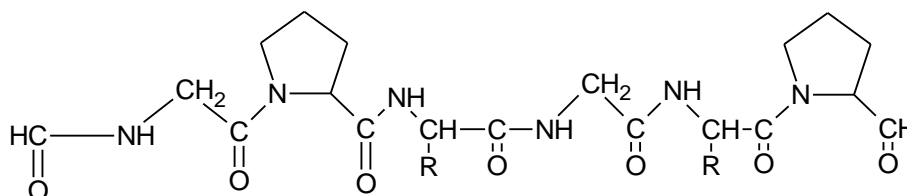


Figure I.3 : La structure chimique de la gélatine

I.2.2. Composition chimique de la gélatine

Les analyses présentent que la gélatine renferme des pourcentages massiques de : 11,1 à 11,7% d'acide glutamique ; 8,6 à 11,3% d'alanine ; 13,3 à 14,5% d'hydroxyproline ; 14,8 à 18% de proline et 26,4 à 30,5% de glycine. Les acides aminés opposés sont en faibles pourcentages comme la tyrosine avec un pourcentage de seulement 0,2% [2].

I.2.3. Propriétés physico-chimiques

La gélatine présente un large éventail de propriétés physico-chimiques qui lui confèrent un nombre énorme de propriétés utiles [3]. Parmi celles-ci :

- Résistance de la gélatine Bloom : Une solution de gélatine se fixe en dessous d'une température donnée en fonction du type de gélatine, de sa viscosité, de sa concentration et de sa force de gel.
- Point isoélectrique : la gélatine présente un comportement amphotère grâce la disponibilité de groupes amino et carboxyles terminaux et les acides aminés.
- Stabilité : La gélatine peut subir une hydrolyse, qui peut survenir en raison de nombreux facteurs tels que les alcalis, les bactéries, les acides, les radiations et les enzymes.
- Solubilité et viscosité : en raison de sa structure et l'existence de charges ioniques le long de la chaîne, la gélatine présenté une grande capacité de liaison à l'eau et une excellente solubilité.
- Compatibilité : La gélatine est conciliable avec la plupart des acides, l'amidon, le sirop, le sucre, les hydrocolloïdes, le glucose, le dextrose et arômes alimentaires courants.

PARTIE II : Les argiles

II.1. Définition

Le nom Argile est tiré le mot Argilos dérivé de Argos qui suggère le blanc, et en latin Argilla, cette appellation des anciens est apparemment due à la couleur du tissu utilisé dans la céramique [4].

II.2. Bentonite

Le terme bentonite désigne le nom commercial d'un minéral composé principalement de smectites, une réputation dérivée du nom d'un gisement de Montmorillon, dont la principale espèce géologique commune est la montmorillonite [5].

La bentonite est une pierre ignée qui s'est constitué de poussière volcanique dans l'eau salée ou douce il y a de nombreuses années. La bentonite de sodium est réalisée à partir de la poussière mise dans l'eau de mer, tandis que la bentonite de calcium est réalisée à partir de la poussière mise dans l'eau. Ces poussières deviennent chimiquement de la bentonite [6].

II.3. Kaolin

Le nom Kaolin découle son origine dans du nom d'une ville chinoise, Kao-Ling, en rapprochement avec les matières premières de cette région utilisées pour la fabrication de la porcelaine. Le kaolin peut être une roche composée essentiellement de kaolinite, résultant de la décomposition de granites et de feldspaths par hydrolyse sous un climat chaud et humide, ou par action hydrothermale [7].

Les propriétés de kaolin

Tableau I.2 : Les propriétés de kaolin [7]

Propriété	Valeur
Masse volumique (g/cm ³)	2.60 - 2.63
Dureté (mohs)	2 - 2.5
Coefficient de dilatation linéaire (20-700°)	5 - 7.10 ⁻³
Conductivité thermique (cal/cm.s.°C)	4 - 5.10 ⁻³
Température d'utilisation (°C)	1400
Résistance de flexion (kg/cm ²)	50 - 210

II.4. Perlite

La perlite est une roche ignée amorphe qui sort d'un volcan sur de nombreuses années et qui présente une teneur en eau proportionnellement élevée, généralement formée par l'hydratation de l'obsidienne. Elle est naturelle et a l'étrange propriété de se développer considérablement lorsqu'on en fait assez, c'est un minéral industriel et un produit commercial utile pour sa rareté.

II.4.1. Caractéristiques physiques de la perlite

La perlite est habituellement de couleur gris clair, mais des fois elle est ordinairement verte, jaune ou noir, mais la perlite expansée est généralement blanche [8].

En général, les caractéristiques physiques de la perlite sont les suivantes

Tableau I.3 : Caractéristiques physiques de la perlite [8]

Propriété	Valeur
Rétention d'eau	35 à 50 %
PH	6,5 à 8,0
Densité	2,2 à 2,4
Densité apparente	32-400 kg/m ³
Point de ramollissement	871-1093 °C
Point de fusion	1260-1343 °C
Chaleur spécifique	387 J/kg K
Conductivité thermique (à 24 °C)	0,04 à 0,06 W/m. K

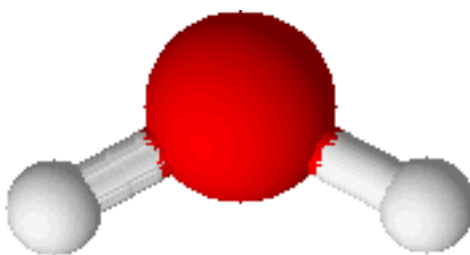
PARTIE III : Généralités sur la pollution de l'eau

Introduction

L'eau couvre 71,1% de la surface. Elle est fondamentale pour la vie et est utilisée dans plusieurs domaines, par exemple, l'utilisation humaine, les services publics (usines, lavage, etc.) et l'irrigation ...

III.1. Définition de l'eau

L'eau est un liquide naturel, inodore, incolore et un corps composé insipide, dont se compose de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H₂O). L'eau se solidifie à 0°C et bout à 100°C à la pression atmosphérique. Sur terre, l'eau est la seule substance qui se trouve dans ces trois phases à l'état naturel : liquide (eau liquide), gazeuse (vapeur d'eau) et solide (glace, neige) [9].

**Figure I.4** : La molécule d'eau

III.1.1. Différents types d'eau

Il existe quatre sources principales d'eau brute : l'eau de surface, l'eau de mer, l'eau de pluie et les eaux souterraines. Les caractéristiques de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau avec l'environnement qui l'entoure [9].

III.2. La pollution de l'eau

La pollution ou la contamination sont souvent définies comme la dégradation de l'eau par l'altération de ses propriétés physiques, biologiques et chimiques ; par des déversements, des rejets, des dépôts de corps étrangers ou de matières indésirables comme les micro-organismes, les produits toxiques et les déchets industriels, directs ou indirects [10].

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines, à savoir :

- * Urbaines (activités domestiques ; eaux usées, eaux de cuisine...)
- * Agricoles (engrais, pesticides)
- * Industriel (chimie - pharmacie, pétrochimie, raffinage...etc.).

La pollution est immédiatement liée aux activités agricoles et industrielles. On s'intéresse aux rejets liquides véhiculés par l'eau, communément appelés eaux usées industrielles, qui véhiculent généralement une dispersion de produits hautement toxiques [10].

III.3. Les colorants

Les colorants sont largement utilisés dans l'industrie : papier, encre, plastique, textile céramique, cuir et transformation alimentaire ... En effet, leur présence dans les rejets industriels (eaux usées) pose des problèmes partout sur la planète. Les polluants organiques, comme les colorants, sont très toxiques et difficiles à biodégrader [5].

III.3.1. Généralité sur les colorants

Par définition, un colorant est une substance fortement colorée qui interagit avec le milieu dans lequel elle est introduite, et qui le colore en se dissolvant et en se dispersant dans celui-ci. Un colorant se caractérise généralement par une très grande capacité à se réparer par teinture ou impression sur la plupart des textiles, il s'agit le plus souvent d'un composé. Ces composés chimiques colorés contiennent généralement certains groupes appelés chromophores habituellement fixés aux cycles aromatiques (tableau III. 3.1). La coloration de ces composés est souvent intensifiée ou modifiée par d'autres groupes appelés auxochromes [11].

Tableau I.4 : Essentiels groupes auxochromes et chromophores

<i>Groupes auxochromes</i>	<i>Groupes chromophores</i>
Amine tertiaire (-NR ₂)	Azo (-N=N-)
Amine secondaire (-NHR)	Azométhine (-CH=N-)
Amine primaire (-NH ₂)	Azoxy (-N=N=O)
Hydroxyl (-OH)	Nitro (-NO ₂)
Métoxy (-OCH ₃)	Nitroso (-N=O)
Iode (-I)	Carbonyl (C=O)
Brome (-Br)	Thio (C=S)
Chlore (-Cl)	Ethényle (C=C)

PARTIE IV : Coagulation-Floculation

Introduction

La turbidité et l'ombrage d'une eau sont surtout dus à des particules extrêmement petites, appelées particules colloïdales. Ces particules peuvent subsister en suspension dans l'eau pendant de longues périodes de temps, peuvent même outrepasser un fin chenal. De plus, en raison de leur grande fiabilité, elles ne se collent généralement pas les unes aux autres.

Dans le traitement de l'eau, la coagulation et la floculation sont des traitements visant à optimiser l'excrétion des particules en suspension par des processus de décantation et de filtration. Ces traitements favorisent l'agrégation des particules colloïdales en agrégats denses et de grande taille. Ils sont administrés en deux étapes principales, à savoir la déstabilisation des particules et donc la collision des particules déstabilisées pour former de gros agrégats. La déstabilisation et l'agrégation sont des phénomènes physico-chimiques. La séparation par décantation et filtration implique essentiellement des phénomènes physiques [12].

IV.1. Coagulation-floculation

La première motivation de la coagulation est de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. Ce système se caractérise par l'injection puis la dispersion de produits chimiques.

La motivation de la floculation est de faire progresser le contact entre les particules déstabilisées par des méthodes de mélange modérées. Ces particules s'agglomèrent pour former un floc qui sera efficacement éliminé par décantation.

IV.2. Rôle de la coagulation-floculation

Procédures de coagulation et de floculation facilite l'élimination des matières solides en suspension et des colloïdes en les accumulant à partir de la forme du floc, qui est ensuite séparée par des systèmes de décantation, de flottation et/ou de filtration.

Ces traitements de basent ont pour but la correction des défauts de l'eau, liés aux différents types de polluants, organique (micro- invertébrés, microalgues planctoniques ou certains kystes des protozoaires) ou certaine fractions particulières inertes (argiles, colloïdes)



Figure I.5 : Nature et taille des particules colloïdales dans l'environnement [13]

IV.3. Stabilité des suspensions colloïdales

IV.3.1. Théorie de la double couche

Les particules colloïdales en suspension dans un milieu polaire contenant des ions attirent électro-statiquement les ions de charge opposée. Par conséquent, à la surface de ces particules chargées, les charges électriques transportées par les ions sont réparties en deux couches. Différentes théories expliquent ce phénomène [14].

- théorie de Helmholtz

- théorie de Gouy-Chapman

- théorie de Stern

IV.3.2. Forces d'attraction- répulsion

Les suspensions colloïdales sont couramment cinétiquement stables à la faveur des charges aux charges positives ou négatives de leurs particules, elles se repoussent par des forces de répulsion électrostatiques. Il y a aussi des forces d'attraction moléculaires qui favorisent le rassemblement de la phase dispersée (force d'interaction de van der Waals). Lorsque deux particules entrent en contact, elles s'agglomèrent en un flocon stable qui se fonctionnent comme une seule particule [15].

IV.4. Facteurs influençant la coagulation-floculation :

Afin d'optimiser la coagulation-floculation, plusieurs variables interdépendantes telles que le pH, les sels dissous, la température de l'eau, le coagulant-floculant utilisé, les conditions de mélange, la turbidité, la couleur, la taille et la concentration des particules colloïdales et l'hydratation doivent être prises en considération. Ces interrelations complexes excluent actuellement toute accès théorique permettant de prévoir les concentrations optimales de coagulant [15].

IV.4.1. Influence du pH :

Le pH est la variable la plus vitale à prendre en compte au moment de la coagulation. Pour chaque eau, il existe une plage de pH dans lequel la coagulation se produit rapidement, qui dépend du coagulant utilisé, de sa concentration et donc de la composition de l'eau à traiter. Lorsque la coagulation se produit en dehors de cette plage optimale, soit la quantité de coagulant doit être augmentée, soit la qualité de l'eau doit être réduite [15].

IV.4.2. Influence de la température de l'eau :

L'augmentation de la viscosité de l'eau entraîne une diminution de sa température, ce qui explique les difficultés de sédimentation du floc. De plus, pour une vitesse de filtration équivalente, les forces de cisaillement agissant sur le floc sont plus importantes, ce qui favorise sa rupture et son entraînement dans le filtre. Les difficultés dues à la baisse de la température de l'eau sont souvent surmontées de différentes manières [15] :

- 1) La coagulation est administrée dans la plage de pH optimale pour cette eau à cette température.
- 2) la quantité de coagulant est augmentée, ce qui accroît la probabilité de collision des particules et élargit la plage de pH optimale.
- 3) La turbidité de l'eau est augmentée (par l'ajout d'argile) pour former un floc plus lourd, ou un adjuvant de coagulation (silice activée ou polyélectrolyte) est ajouté pour former un floc plus lourd et plus fort.

IV.4.3. Influence de la turbidité :

La turbidité des eaux de surface est essentiellement due à l'existence de particules d'argile dont le diamètre est compris entre 0,2 et 0,5 μ m. Il s'agit donc de immenses particules colloïdales qui vont se déposer naturellement. La coagulation de ces particules est très réalisable lorsque le pH est maintenu dans sa plage optimale. De plus, les observations générales suivantes sont souvent faites [15] :

- 1) Une concentration minimale de coagulant doit être ajoutée pour obtenir une quantité particulière de floc.
- 2) Quand la turbidité augmente, la concentration de coagulant doit être augmentée.
- 3) Lors de la turbidité est extrêmement élevée, la quantité de coagulant nécessaire est comparativement faible, car la probabilité de collision entre les particules est extrêmement élevée. En revanche, lorsque la turbidité est faible, la coagulation est difficile.
- 4) La matière organique adsorbée sur les particules d'argile n'a aucune influence sur le nombre de coagulant nécessaire.

IV.5. Le flocculant organique polymérique

Cette innovation permet l'utilisation de presque tout flocculant organique polymère soluble ou dispersible dans l'eau ayant le pouvoir de présenter des particules insolubles dans l'eau et de former des flocons ; toutefois, ledit flocculant organique polymère devrait plutôt être choisi dans le groupe constitué par les (Co)polymères cationiques, anioniques ou non ioniques solubles ou dispersibles dans l'eau et leurs mélanges. Le terme " (Co)polymère " tel qu'il est employé ici à la fois les homopolymères (obtenus par la polymérisation d'un monomère polymérisable) et les hétéropolymères ou copolymères (obtenus par la polymérisation de deux ou plusieurs monomères polymérisables). La masse moléculaire relative desdits (Co)polymères peut varier à l'intérieur d'un large intervalle en fonction, entre autres, de l'application spécifique à laquelle la composition de l'invention est destinée [16].

IV.6. Comparaison entre la floculation avec les polymères et avec les sels de métaux

Murcott et Harleman (1993) ont démontré que les flocculants à base de polymères sont efficaces dans une plage de pH restreinte. Une surdose de polymère aura un effet négatif sur le rendement de la floculation. Quand un sel métallique est employé comme coagulant flocculant primaire, son rendement augmente généralement jusqu'à ce qu'un niveau de stabilité soit atteint. D'autre part, la concentration optimale est la concentration la plus faible qui permettra d'atteindre l'efficacité appropriée. Alors qu'avec l'utilisation d'un polymère cationique, il y a une concentration optimale ou l'efficacité de ce dernier est maximale [17] comme le représente la figure I.6.

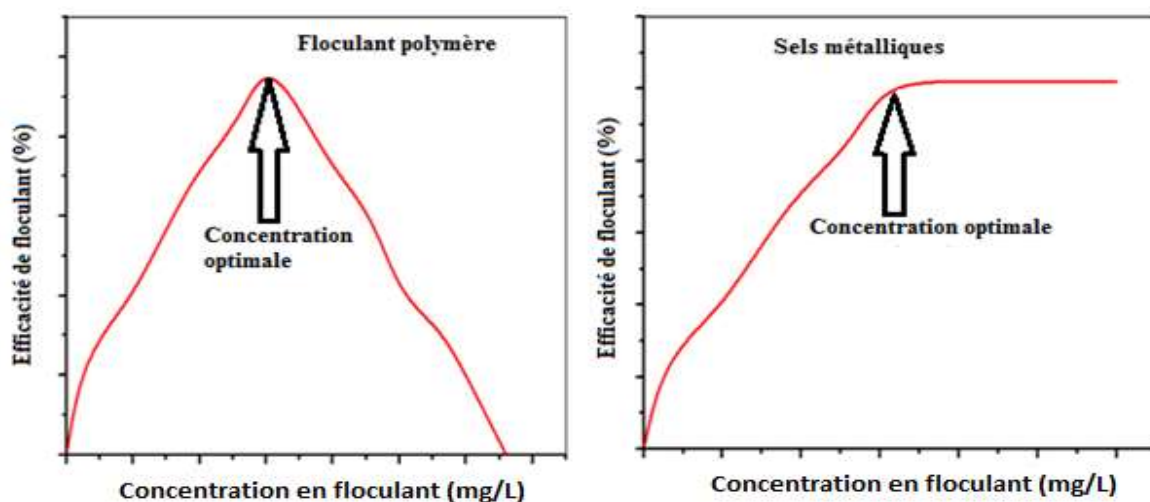


Figure I.6 : Comparaison entre la floculation par les sels métalliques et les polymères[5]

Parties VI : Travaux antérieurs sur les flocculants à base de polymères

Les études effectuées sur le traitement des eaux par le procédé de coagulation/floculation ont déterminé les résultats suivants :

T. Hocine et al.[18]. Ils ont travaillé sur la copolymérisation adiabatique qui a permis de synthétiser des copolymères à haut poids moléculaire avec différentes quantités de monomères AM et 4VP. Cette méthode a été utilisée comme application dans le traitement des eaux usées définie par la mesure de la viscosité. Ils ont étudié la floculation des eaux turbides sur un test de jar est ensuite sur un pilote semi-industriel de floculation.

Les copolymères synthétisés ont été testés dans le but d'éliminer la turbidité de la suspension de bentonite. L'efficacité de la floculation des copolymères synthétisés a été comparée à celle d'un flocculant cationique FO4910 commercialisé par DOW chemical.

Les résultats des expériences de floculation ont montré qu'une bonne élimination de la turbidité supérieure à 80% a été enregistrée en utilisant de faibles concentrations de copolymères de < 5 mg/l.

B. BOURAS et al.[19]. Ils ont étudié la caractérisation de copolymère poly acrylamide-Co-AM7/VP10/0.1%/CTs] par la spectroscopie RMN¹H et UV-Vis, Dans le but d'éliminer la turbidité par coagulation-floculation des suspensions de bentonite.

Le copolymère préparé a été utilisé comme flocculant, ce dernier a été préparé par copolymérisation adiabatique. Son poids moléculaire, déterminé par la méthode de chromatographie d'exclusion de taille, était égal à $MW = 2,3 \times 10^5$ g/mol. La quaternisation du copolymère par CH₃TS a donné à une charge cationique de 14% des unités 4VP sans affecter l'équilibre hydrophobe des chaînes du copolymère. Plusieurs paramètres importants qui peuvent influencer l'efficacité du processus de floculation. Tels que le pH de l'eau. La turbidité initiale et la concentration en flocculant ont été utilisées pour optimiser le traitement des eaux usées.

Cette étude a déterminé que le copolymère est très efficace pour la coagulation-floculation des suspensions de bentonite. La solution de copolymère peut être appliquée comme flocculant dans une large gamme de pH entre 3 et 9. Le meilleur rendement d'élimination de la turbidité d'environ 90% a été enregistré à pH 3. L'eau traitée avec le copolymère comme flocculant est claire et propre.

A. Mansri et al.[20]. Dans le but de l'adsorption et de la floculation cette étude a déterminé l'interactions entre le poly acrylamide-Co- Le poly électrolyte cationique et les particules d'argile dans des suspensions aqueuses diluées.

Le dosage et le pH du copolymère sont des paramètres expérimentaux les plus importants dans les opérations de coagulation/floculation utilisée pour l'étude et l'optimisation des opérations de traitement des eaux usées. Dans des conditions optimisées, une efficacité de 97% de l'élimination de la turbidité, avec une très faible concentration de floculant de 3 ppm, a été obtenue afin de produire de l'eau potable avec des limites standard dans le monde entier. La conclusion tirée sur la base de ces résultats est que le traitement des eaux usées à l'aide de ce nouveau copolymère s'est révélé être un bon floculant pour résoudre les problèmes de turbidité des eaux usées.

L'étude Jar-test sur l'élimination de la turbidité a été réalisée sur des eaux de faible, moyenne et forte turbidité. Les considérait comme étant affectée par la turbidité initiale de l'eau, le pH du milieu et la concentration du copolymère.

Références bibliographiques

- [1] G. Muller, J. P. Laine, and J. C. Fenyo, "HIGH-MOLECULAR-WEIGHT HYDROLYZED POLYACRYLAMIDES - 1. CHARACTERIZATION. EFFECT OF SALTS ON THE CONFORMATIONAL PROPERTIES.," *J Polym Sci Polym Chem Ed*, 1979.
- [2] H. Gareis, Reinhard Schrieber and Herbert Gareis. 2007.
- [3] P. Stevens, "Gelatine," no. 1952, 2010.
- [4] J. Momot, "Historique et évolution du terme même d' argile," pp. 174–176, 2018.
- [5] H. Tayeb, "Thèse de doctora" Etude sur un pilote de la floculation de nouveaux floculants Acrylamide-4-Vinylpyridine pour la fixation des métaux lourds et des micropolluants Soutenue", 2018.
- [6] Elias ASSAAD, "Étude Du Processus De Coagulation-Floculation Du Système Montmorillonite-Chitosane Dans L'Élimination De Métaux De Transition," p. 182, 2006.
- [7] A. M. Rashad, "Metakaolin as cementitious material : History , scours , production and composition – A comprehensive overview," *Constr. Build. Mater.*, vol. 41, pp. 303–318, 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.12.001.
- [8] A. M. Rashad, "A synopsis about perlite as building material - A best practice guide for Civil Engineer," *Constr. Build. Mater.*, vol. 121, pp. 338–353, 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.06.001.
- [9] ZUMDAHL, S.STEVEN ; Chemistry; designing clinical research;p378;1997
- [10] E.KOLLER, « Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues», Dunod, Paris, Avril ,2004.
- [11] Turner, G. P. A. Introduction to Paint Chemistry and Principles of Paint Technology: Colour, Chapman and Hall, USA; 3ème Edition, 1988
- [12] D. W. Treatment, "Coagulation and flocculation," pp. 61–83.
- [13] J. Buffle, R. S. Altmann, M. Filella, and A. Tessier, "Complexation by natural heterogeneous compounds: Site occupation distribution functions, a normalized description of metal complexation," *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 54, no. 6, pp. 1535–1553, 1990, doi: 10.1016/0016-7037(90)90389-3.

- [14] T. Hamieh, “Théorie de la double couche électrique et stabilité colloïdale Cours destiné aux étudiants de Master M2R,” no. January, 2018.
- [15] Raymond Desjardins, *Le traitement des eaux*, Édition de l'École Polytechnique de Montréal, 317 pages, 1997.
- [16] I. national de la propriété industrielle PARIS, “composition stabilisée de coagulation et floculation méthode d'obtention et application.” .
- [17] Murcott, S. ; Harleman, DKF. *MIT Jar Tests of Wachusett Reservoir Water Using the Natural Polymer Chitosan with Bentonite*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge (USA), Rapport Technique, 1993, 47 p.
- [18] T. Hocine, K. Benhabib, B. Bouras, and A. Mansri, “Comparative Study Between New Polyacrylamide Based Copolymer Poly(AM-4VP) and a Cationic Commercial Flocculant: Application in Turbidity Removal on Semi-Industrial Pilot,” *J. Polym. Environ.*, vol. 26, no. 4, pp. 1550–1558, 2018, doi: 10.1007/s10924-017-1049-7.
- [19] B. Bouras, T. Hocine, K. I. Benabadji, K. Benhabib, and A. Mansri, “Optimizing the coagulation/flocculation process for bentonite suspension with poly(acrylamide-co-(N-methyl-4-vinylpyridinium tosylate)) [AM7/VP10/0.1%/CTs],” *Turkish J. Chem.*, vol. 42, no. 3, pp. 748–758, 2018, doi: 10.3906/kim-1711-11.
- [20] A. Mansri, T. Hocine, B. Bouras, and K. Benhabib, “Synthesis of a new flocculant based on poly(acrylamide-co-(N-octyl-4-vinylpyridinium bromide)) [AM5/VP5C8Br]- application for the turbidity removal from clay suspension,” *J. Macromol. Sci. Part A Pure Appl. Chem.*, vol. 56, no. 1, pp. 96–103, 2019, doi: 10.1080/10601325.2018.1549947.

***TECHNIQUES
EXPERIMENTALES***

Partie I : Méthodes de caractérisations

I.1 Le pH (potentiométrie)

I.1.1. Définition

Le pH est un paramètre de base qui indique la clarté ou l'alcalinité d'une solution en chimie, dans la manipulation des aliments et aide dans le domaine médical.

I.1.2. Appareillage

Dans notre travail, nous avons utilisé le pH-mètre "OHAUS STARTER 2C" pour les mesures.



Figure II.1 : Le potentiel d'hydrogène OHAUS STARTER 2C (LAEPO)

I.2 Spectroscopie infrarouge (IR)

I.2.1. Principe et méthodes

La spectroscopie IR est une technique d'analyse des liquides, des gaz ou des solides. Les molécules sont souvent assimilées à un groupe de masses : les liaisons, les atomes reliés par des ressorts de rigidité variable. En fournissant de l'énergie (effet des rayons IR), le système de liaison atomique peut vibrer. Chaque type de liaison a sa propre fréquence de vibration.

I.2.2. Appareillage

Les spectres infrarouges ont été enregistrés en utilisant un spectromètre FTIR CARY 600 SERIES à double pilier couplé à un PC informatisé qui permet de tracer les spectres.



Figure II.2 : L'équipement infrarouge "CARY 600 SEIES FTIR" (LAEPO)

I.3 Spectrophotométrie UV-Visible

I.3.1. Définition

La spectrophotométrie UV-Visible est une spectroscopie d'absorption, elle permet le phénomène d'excitation des électrons. Ainsi, lorsque le rayonnement UV traverse l'échantillon d'atomes ou de molécules, il absorbe de l'énergie et passe de l'état excité inférieur à l'état excité inférieur.

I.3.2. Appareillage

Le "OPTIZEN 2120 UV" UV-Visible est utilisé pour les mesures spectrophotométriques.



Figure II.3 : L'appareil spectrophotométrique UV "OPTIZEN 2120 UV-Visible" (LAEPO)

I.4. Jar-Test

I.4.1. Définition

Le Jar-test est un appareil permettant l'étude de l'efficacité des coagulation-floculation par le processus de coagulation-floculation dans le traitement des eaux.

I.4.2. Principe et méthodes

Cette méthode permet, conformément à l'évaluation des paramètres uniques de ce système, comme [1] :

- La vitesse d'agitation du milieu.
- Le temps utile à la floculation et à la coagulation.
- Le dosage concernant les composés chimiques ajoutés.



Figure II.4 : L'appareil de Jar-Test (LAEPO)

I. 5. Turbidité

I. 5.1. Principe et méthodes

La mesure de la turbidité est utilisée pour clarifier les informations visuelles sur l'eau. La turbidité indique la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argile, organismes) [2].



Figure II. 5 : L'appareil Turbidimètre de Hanna (LAEPO).

I.6. Fluorescences des rayons X (XRF) :

I.6.1. Principe :

La fluorescence des rayons X (XRF) est une technique non destructrice qui sert à quantifier la composition élémentaire des échantillons solides et liquides [3].

I.6.2. Appareillage :

Dans notre travail, nous avons utilisé le XRF « Thermo scientifique Niton XL3t » pour déterminer la composition des matériaux utilisés comme agents de turbidité.



Figure II. 6 : L'appareil XRF de type Thermo scientifique Niton XL3t

I.7. Diffraction des rayons X (DRX) :

I.7.1. Principe :

La DRX consiste à faire diffracter les rayons X sur un échantillon solide ou une poudre. La diffraction se fait suivant la loi de Bragg ($n\lambda = 2d \sin \theta$) lorsqu'il existe une organisation des atomes dans le solide suivant des plans cristallins.

Avec

θ : l'angle entre le faisceau incident et les plans diffractants.

d : la distance réticulaire entre les plans diffractants.

λ : la longueur d'onde du faisceau incident.

I.7.2. Appareillage :

Nous avons utilisé un appareil de DRX de type « RIGAKU ULTIMA-IV » avec un CBO de cuivre de radiation $K\alpha$ ($\lambda=1.54 \text{ \AA}$) sous 40 kV et 30 mA à une température de 20 °C. les diffractogrammes sont enregistrés entre 2° et 80° (2Θ). La vitesse de scan 5 °/min pour déterminer les caractérisations des matériaux cristallins (poudres ou massifs).



Figure II. 7 : L'appareil de la diffraction des rayons X de type RIGAKU ULTIMA-IV.

Partie II : L'équipement

II.1 Produits chimiques

Dans notre travail actuel, nous avons utilisé les produits suivants :

- l'eau distillée
- Bentonite
- Kaolin
- Perlite
- Hydroxyde de sodium (NaOH)
- Hydroxyde de sodium (HCl)
- Chlorure de potassium (KCl)
- Copolymère (polyacrylamide + gélatine)

II.2 Verrerie

Au cours de ce travail, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Bécher
- fiole a jaugée
- spatule
- agitateur magnétique

PARTIE III : Synthèse du copolymère (AM-Gél)

I. Préparation du copolymère (AM-Gél)

La préparation du copolymère l'acrylamide-gélatine est effectuée au sein de laboratoire de l'université ABOU-BAKR BELKAID-TLEMCEN Département de chimie (macromoléculaire) ; selon le Protocole suivant

I.1. Mode opératoire

Dans un ballon de 100 ml, dissoudre X g de monomère d'acrylamide purifié et séché dans 25 ml d'eau distillée. Ajouter ensuite Y g de gélatine et agiter le mélange pendant 30 minutes sachant que la température (T) de mélange doit être fixée à 40 °C. Dans un tube à hémolyse dissoudre Z g (1% de X) 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.

Tableau II.1 : Conditions opératoires de la copolymérisation (AM-Gél)

Gél Y (g)	3	2.5	2	1.5	1	0.5
AM X (g)	1	1.5	2	2.5	3	3.5
APS Z 1%(g)	0.01	0.015	0.02	0.025	0.03	0.035

L'étape de purification :

Nécessité à l'étape de purification pour éliminer les impuretés résiduelles.

On dissout à chaud le produit dans un minimum de solvant et puis on le laisse se refroidir lentement. Les impuretés sont souvent solubles à froid dans le solvant, on peut réaliser cette étape plusieurs fois avant que le produit soit séché dans une étuve.

II. Préparation de la solution de flocculant :

Dans une fiole de 25 ml introduisait 0.025g de copolymère et ajuster avec de l'eau distillée 1^{ère} polymère et insoluble dans l'eau (a introduit la solution dans une fiole de 25 ml et on ajoute quelques gouttes d'éthanol)

2^{ème} et 3^{ème} polymères solubles dans l'eau.

III. Mode opératoire de coagulation-floculation sur jar-test :

- Remplir les béchers de 500ml avec une suspension de bentonite de concentration 30 mg/L
- Mesurer le pH initial et la turbidité initiale (TU₀)
- Ajustement du pH de la suspension à la valeur désirée en utilisant du HCl ou du NaOH (1M).
- Suivi de l'ajout d'un volume de 2.5 ml de la solution du copolymère
- Placer les béchers sur le flocculateur et immerger les hélices dans l'eau, mettre en marche le moteur et régler le à la vitesse d'agitation de 200 rpm pendant 2 minutes suffit à répartir le copolymère dans tout le volume d'essai (étape de la coagulation) puis réduire la vitesse à 50 rpm pendant 10 minutes (étape de la floculation).
- Arrêt de l'agitation et début de la décantation. Des prélèvements du surnageant sont faits à des temps de décantation de (10 -30 - 45 et 60 minutes) et déterminer leurs turbidités [4].

IV. Mode opératoire de déterminer pH isoélectrique :

- Dans une fiole de 500ml, on a introduit 3.73g de KCl ajuster le volume avec de l'eau distillé.
- Mesurer le pH_i de (2 à 12)
- Ajouter quelques gouttes de NaOH ou HCl
- Ajouter 0.02g de bentonite
- Laisser pendent 24h pour s'équilibrer
- Mesurer le pH_f

Références bibliographiques

- [1] M. Mujawamariya, “Optimisation de la décantation primaire par ajout de produits chimiques – Jar-Tests,” p. 90, 2012.
- [2] J. U. Grobbelaar, “Encyclopedia of Inland Waters,” *Encycl. Inl. Waters*, pp. 699–704, 2009, doi: 10.1016/B978-012370626-3.00075-2.
- [3] H. Tayeb, “Thèse de doctora" Etude sur un pilote de la floculation de nouveaux floculants Acrylamide-4-Vinylpyridine pour la fixation des métaux lourds et des micropolluants Soutenu",” 2018.
- [4] T. Hocine, K. Benhabib, B. Bouras, and A. Mansri, “Comparative Study Between New Polyacrylamide Based Copolymer Poly(AM-4VP) and a Cationic Commercial Flocculant: Application in Turbidity Removal on Semi-Industrial Pilot,” *J. Polym. Environ.*, vol. 26, no. 4, pp. 1550–1558, 2018, doi: 10.1007/s10924-017-1049-7.

RESULTATS ET DISCUSSION

I. Caractérisation des argiles :

I.1. Caractérisation de bentonite :

I.1.1. Spectroscopie Infra-Rouge (IR) :

Pour une bonne interprétation chimique du composé bentonite on a utilisé un spectromètre de type Agilent CARRY 600 qui à aboutit à la figure III.1.

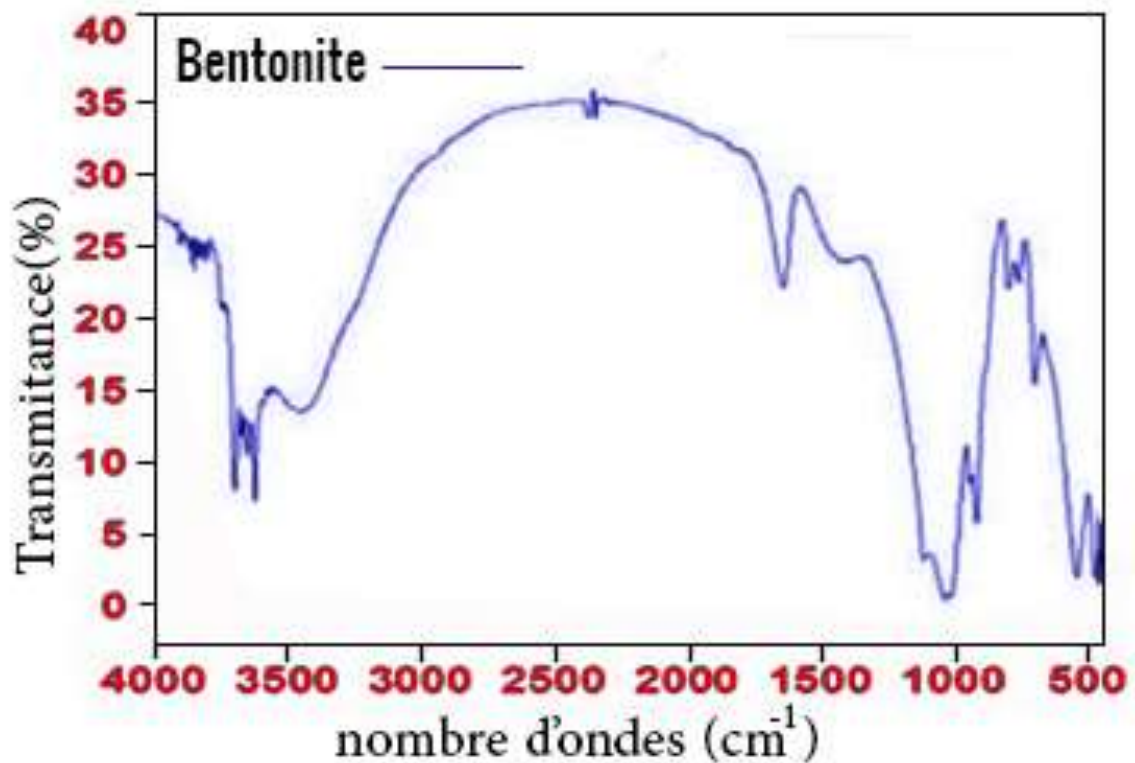


Figure III.1 : Spectre IR de la bentonite [1]

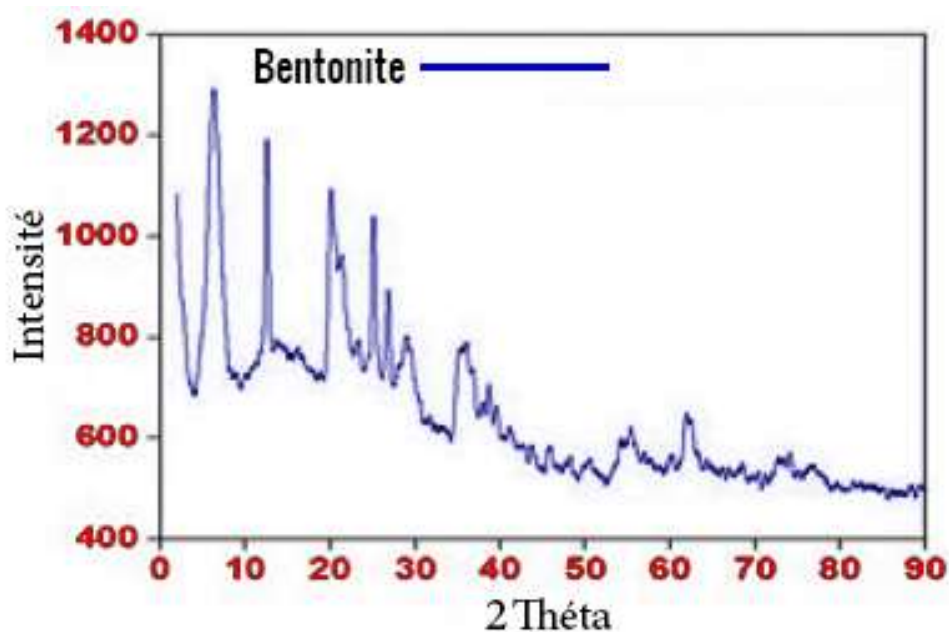
Le but de cette interprétation est de déterminer les différentes fonctions chimiques présentes à la surface de cette bentonite. On remarque la présence de plusieurs pics qui se regroupent dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : Les résultats de caractérisation de spectre IR de la bentonite

Fréquence	Liaison	Nature	Intensité	Composée
539.26	Si-O	Elongation	Fort	Les halogénures
	Al-O-Si		Large	d'alkyle
755.70	Si-O-Al	Elongation	Faible	Alcynes, Quartz
913.47	Al-Al-OH	Elongation	Fort	Aromatique, Octahedral
1421.46	C-H	Déformation	Fort	Alcane
2380.24	O=C=O	Elongation	Faible	CO ₂
3445.87	H-O-H	Elongation	Large	Absorption de
	Si-O-H (solide)			H ₂ O
3695.17	O-H	Elongation	Fine	Alcools, Phénols
	Si-OH			

I.1.2. Diffraction des rayons X (DRX) :

L'analyse DRX nous a permis de caractériser la différente composition minéralogique présente dans la bentonite par un diffractomètre de type RIGAKU ULTIMA-IV. La figure III.2 représente le diffractogramme DRX de la bentonite.

**Figure III.2** : Diffractogramme DRX de la bentonite[1]

D'après les diagrammes DRX le résultat obtenu détermine des phases minéralogiques qui montrent que la bentonite est nettement cristallisée. Parmi eux on a entre 65%,70% de montmorillonite ce qui confirme que la bentonite est clairement cristalline. Les résultats sont regroupés dans le tableau III.2.

Tableau III.2 : Les résultats de caractérisation de diffractogramme DRX de la bentonite [2].

Phase	2-theta (deg)	d(A)	% w/w
Montmorillonite	5,9	14,9	65-70
Quartz	20,8	4,26	15-20
Feldspar	27,3	3,25	5-10
Illite	26,7	3,33	2
Calcite	36,2	3,06	2

I.1.3. Fluorescences des rayons X (XRF) :

L'analyse par XRF nous a permis de déterminer les différents éléments chimiques présents dans la bentonite par un appareil thermo scientifique Niton XL3t.

Le tableau III.3 suivants représentent ces éléments chimiques :

* la quantité la plus élevée c'est 65.19 % ce pourcentage est justifié par la présence de SiO₂

*Al₂O₃ est présent avec une quantité importante de 17.26%.

* TiO₂ présent une faible quantité 0.19%.

Tableau III.3 : Les éléments chimiques présents dans la bentonite [3]

Composé	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	LOI
% (w/w)	65,19	17,26	2,11	1,21	3,08	2,13	0,58	0,19	8,23

I.2. Caractérisation de kaolin :

I.2.1. Spectroscopie Infra-Rouge (IR) :

Pour une bonne interprétation chimique du composé kaolin on a utilisé un spectromètre de type Agilent CARRY 600 qui à aboutit à la figure III.3.

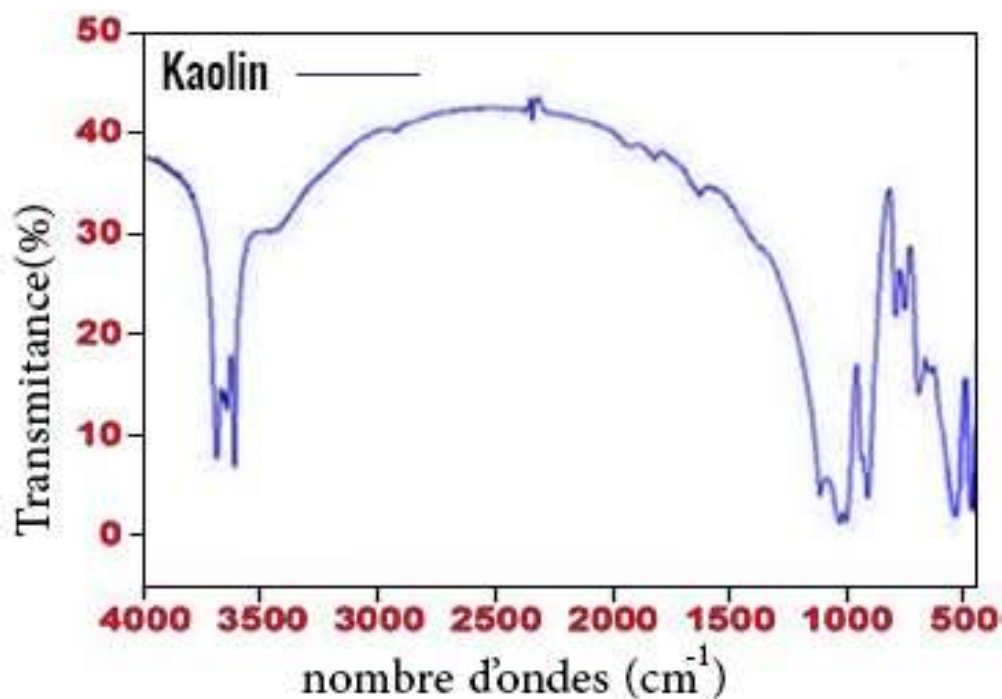


Figure III.3 : Spectre IR de kaolin [1]

Le but de cette interprétation est de déterminer les différentes fonctions chimiques présentes à la surface de ce kaolin. On remarque la présence de plusieurs pics qui se regroupent dans le tableau III.4.

Tableau III.4 : Les résultats de caractérisation de spectre IR de kaolin

Fréquence	Liaison	Nature	Intensité	Composée
538.97	Si-O	Elongation	Fort	Les halogénures
	Si-O-Al		Large	d'alkyle
794.83	Al-Mg-OH	Elongation	Faible, Large	1,2 ,3-trisubstitué
1006.84	Si-OH	Elongation	Fort	Monosubstitué
1628.77	H-O-H	Déformation	Moyen	Physisorbé
1937.32	C-H	Elongation	Trop faible	Composé aromatique
3458.93	H-o-H	Elongation	Large	Absorption H ₂ O
3696.54	O-H	Elongation	Fine	Alcools, Phénols

I.2.2. Diffraction des rayons X (DRX) :

L'analyse DRX nous a permis de caractériser les différents minéraux constituants présents dans le kaolin par un diffractomètre de type RIGAKU ULTIMA-IV. La figure III.4 représente le diffractogramme DRX de kaolin.

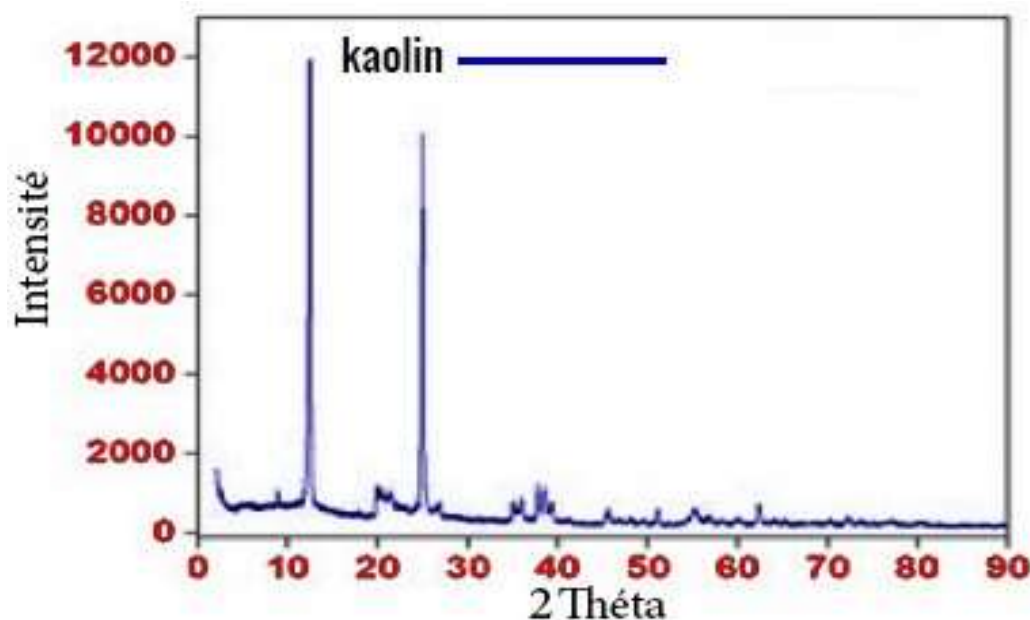


Figure III.4 : Diffractogramme DRX de kaolin [1]

D'après les diagrammes DRX obtenus trois phases minéralogiques. Ont été détectées le 1^{er} pic de diffraction intense à la valeur 2θ de $12,34^\circ$, 2^{ème} moins intenses que le 1^{er} à 2θ de $21,27^\circ$ et 3^{ème} faible intenses 2θ de $38,46^\circ$. Les résultats sont regroupés dans le tableau III.5.

Tableau III.5 : Les résultats de caractérisation de diffractogramme DRX de kaolin

Phase	2-theta (deg)	d(A)	% w/w
Le quartz	12.34	7.14	9
La kaolinite	21.27	4,17	76
L'illite	38.46	2.53	5

I.3.3. Fluorescences des rayons X (XRF) :

L'analyse par XRF nous a permis de déterminer les différents éléments chimiques présents dans kaolin par un appareil thermo scientifique Niton XL3t.

Le tableau III.6 suivants représentent ces éléments chimiques :

*la quantité la plus élevée c'est 45.22 % ce pourcentage est justifié par la présence de SiO₂.

* Al₂O₃ est présent avec une quantité importante de 38.43%.

*MgO présent une faible quantité 0.05%.

Tableau III.6[4] : Les éléments chimiques présents dans kaolin

Composé	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	LOI
% (w/w)	45,22	38,43	1,52	0,08	0,05	2.13	0.58	0.19	11.8

I.3.Caractérisation de perlite :

I.3.1. Diffraction des rayons X (DRX) :

L'analyse quantitative a été réalisée par un diffractomètre de type RIGAKU ULTIMA-IV. Pour détermine les différents minéraux constituants de la perlite. La figure III.5 représente le diffractogramme DRX de perlite.

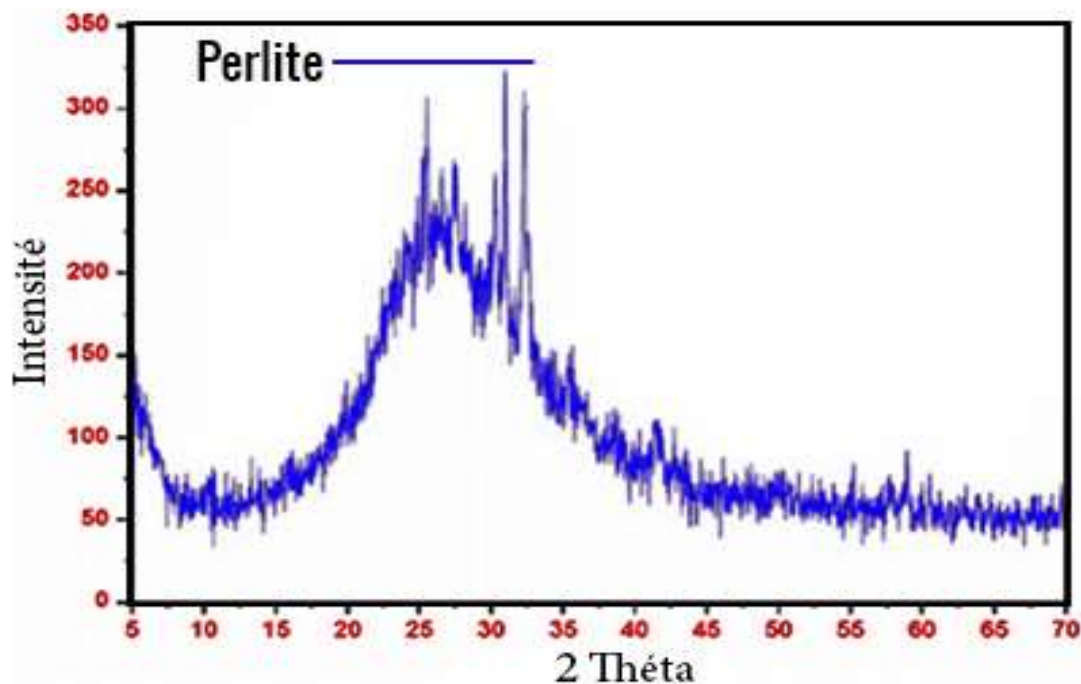


Figure III.5 : Diffractogramme DRX de perlite [5]

D'après les diagrammes DRX obtenus on remarque la présence :

- *d'une bosse qui déterminé la nature siliceuse de la phase amorphe de la perlite
- * des pics qui caractérisent la phase cristalline tel que la biotite le quartz et anorthite.

I.3.2. Fluorescences des rayons X (XRF) :

L'analyse par XRF nous a permis de déterminer les différents éléments chimiques présents dans la perlite par un appareil thermo scientifique Niton XL3t.

Le tableau III.7 suivants représentent ces éléments chimiques :

*la quantité la plus élevée c'est 72.80 % ce pourcentage est justifié par la présence de SiO₂.

*Al₂O₃ est présent avec une quantité importante de 13.68%.

*SO₃ présent une faible quantité 0.01%.

Tableau III.7 [4] : Les éléments chimiques présents dans perlite

Composé	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	LOI
% (w/w)	72,80	13,68	2.17	2,38	0,06	0,96	3,62	0,01	4,22

II. Résultat de synthèse de copolymère (AM-Gél) :

D'après la préparation des copolymères obtenus par différents paramètres de synthèse tels que : la quantité de masse de chaque monomère. Ces copolymères sont utilisés comme coagulant-floculant dans le traitement des eaux.

II.1. La structure de copoly (AM-Gél) :

La figure suivante représente le schéma de la réaction de copolymère (AM-Gél)

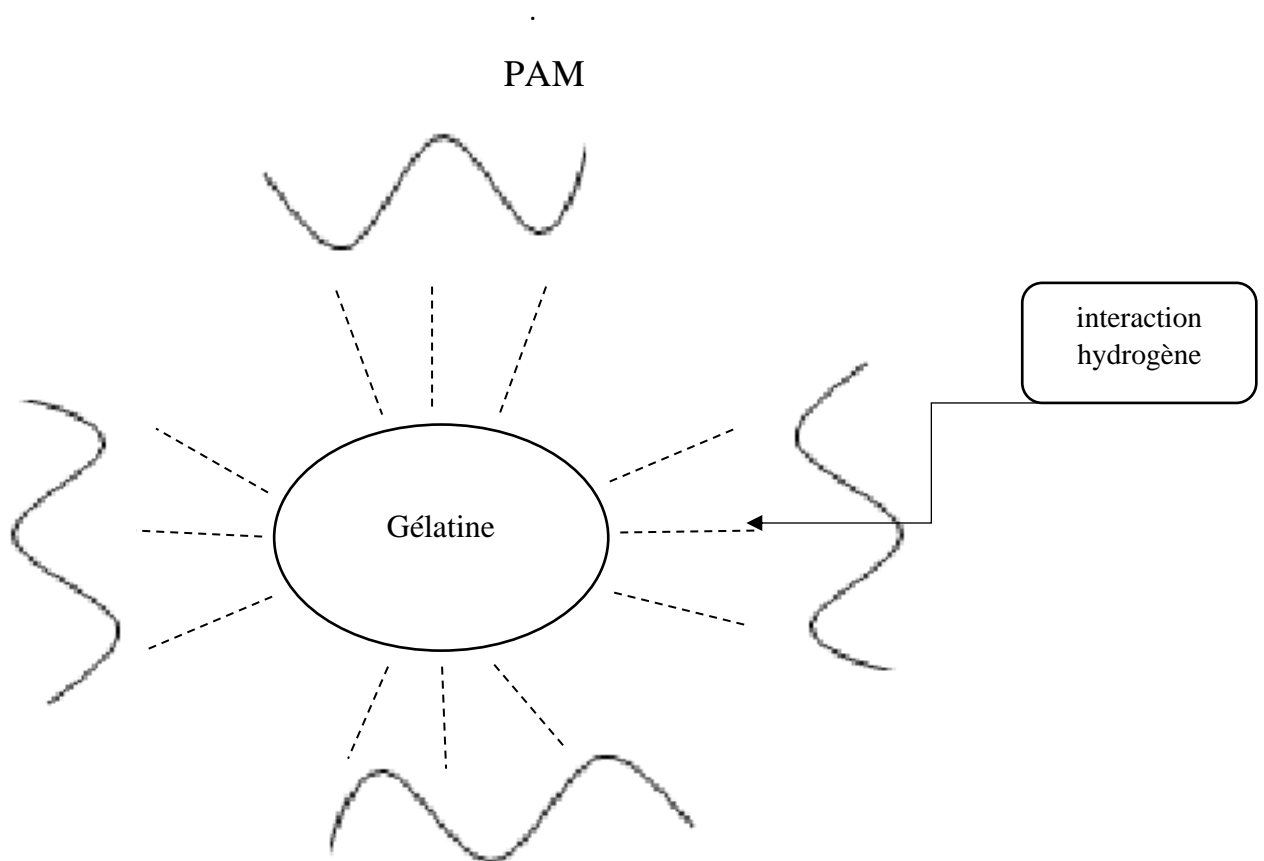


Figure III.6 : la réaction chimique de copolymère (AM-Gél)

II.2. Calcul le taux de conversion :

Le taux de conversion de chaque copolymère utilisé

- 1^{ère} copolymère (Y=1g ; X=3g ; Z=0.03)

$$\% = \frac{m_i}{m_f} * 100$$

AN:

$$m_i = 3.62\text{g}; m_f = 3.97\text{g}$$

$$\% = \frac{3.62}{3.97} * 100 \longrightarrow \% = 91$$

La même méthode de calcul est utilisée pour les autres copolymères, les résultats obtenus sont résumés sans le Tableau III.8.

Tableau III.8 : Résultats de taux de conversion

Copolymère	Le taux de conversion
Copoly (AM-Gél) (Y=1g; X=3g; Z=0.03)	91
Copoly (AM-Gél) (Y=1.5g; X=2.5g; Z=0.025)	88
Copoly (AM-Gél) (Y=0.5g; X=3.5g; Z=0.035)	93

On conclut qu'un bon rendement est obtenu par l'augmentation de la quantité de AM et diminué la quantité de Gél.

II.3. Test de solubilité

* Le copolymère obtenu est testé dans différents solvant

Tableau II.9 : Résultats de test de la solubilité de copolymère (AM-Gél)

Solvants	Résultats	
	Solubles	Insoluble
H ₂ O	×	
Ethanol		×
Acétone		×
Chloroforme		×
Acide acétique	Peu soluble	

Le produit final est un tensioactif soluble dans l'eau et insoluble dans l'éthanol et l'acétone

III. Détermination de pH isoélectrique de bentonite :

Le suivi de la cinétique de pH_{iso} de la bentonite en fonction de pH_{initial}.

Tableau III.10 : les valeurs des pH_i et pH_f de la bentonite.

pH _i	ΔpH
0,652	-0,005
2,025	1,685
3,304	2,237
4,553	0,886
5,793	0,376
7,039	-0,158
8,242	-1,293
9,514	-1,376
10,786	-1,162

Les résultats de tableau sont revus sur la figure III.7. Ces résultats montrent que :

- ✓ pH_{iso}=6.57 : les charges à la surface sont neutralisées. La surface est électriquement nulle.
- ✓ pH > pH_{iso} : le milieu est basique, les ions OH⁻ causent une déprotonation des groupes hydroxydes. La surface de bentonite est chargée négativement.
- ✓ pH < pH_{iso} : l'excès de protons H⁺ provoque les groupes fonctionnels de la surface de la bentonite, cette dernière présente alors des charges positives [4].

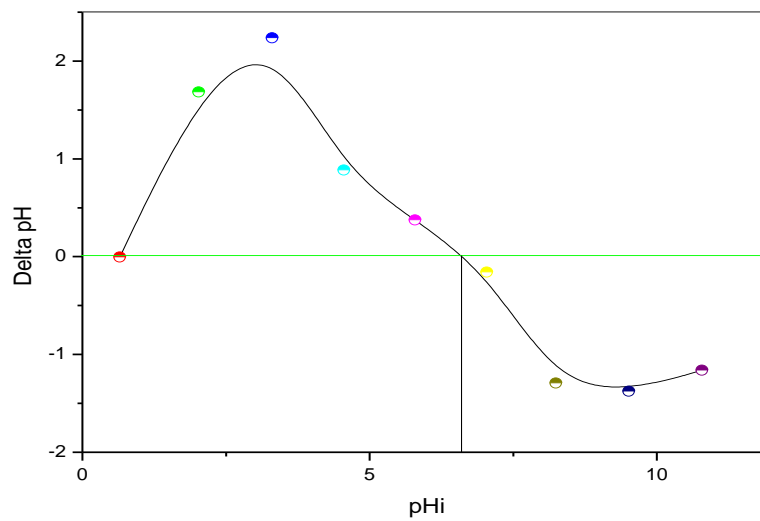


Figure III.7 : Détermination du point isoélectrique (pHiso) de la bentonite

IV. Etude de la décantation naturelle des argiles :

IV.1. Suspensions de bentonite :

Le suivi de la cinétique de décantation de la bentonite de concentration $C = 30 \text{ mg/L}$ en fonction du temps a été étudié à différents pH en bentonite (7.21, 3.93 et 9.12).

Le tableau III.11 ci-dessous nous donnent les résultats de la turbidité résiduel en fonction du temps à différents pH en bentonite.

Tableau III.11 : les valeurs de la turbidité du Bentonite ($C=30\text{mg/L}$)

Temps (h)	TU1(NTU) pH=7.21	TU2(NTU) pH=3.93	TU3(NTU) pH=9.12
0	8,13	6,62	7,5
1	7,34	5,15	6,17
3	6,36	3,9	5,02
8	5,6	3,4	4,4
18	4,5	2,78	3,45
24	3,94	2,42	3,16
36	3,48	2,1	2,8
48	3,19	1,84	2,66
73	2,7	1,5	2,55
120	2,3	1,25	2,4
168	2,08	1,06	2,2

La figure III.8 représente la cinétique de la décantation naturelle des suspensions de la bentonite à différents pH.

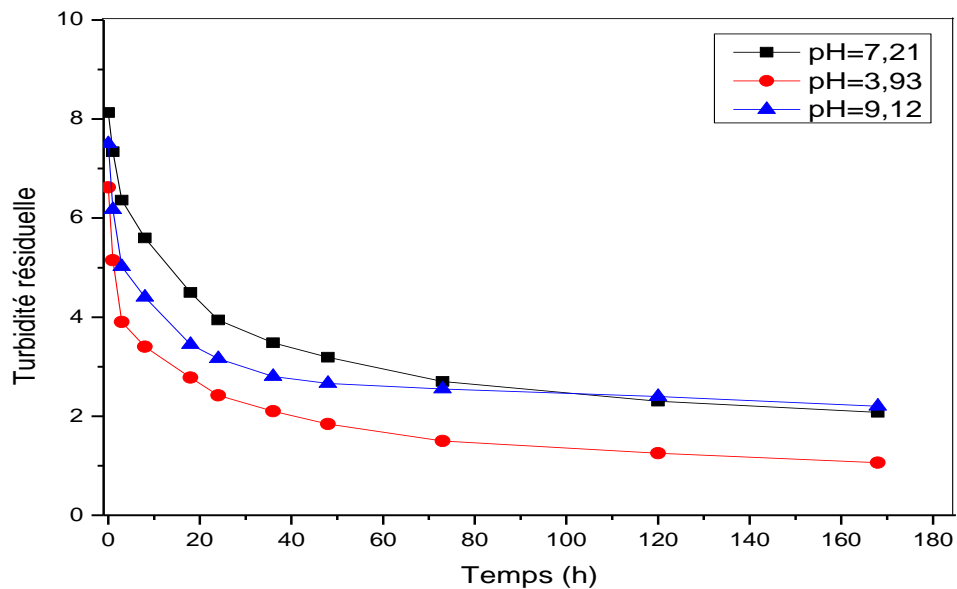


Figure III.8 : La turbidité résiduelle de la bentonite en fonction du temps à différents pH.

D'après les résultats obtenus nous remarquons que la décantation naturelle des suspensions de bentonite a un maximum d'élimination à pH=3.93 et de faibles éliminations à pH=9.12. On peut noter que dans le milieu acide (pH=3.93) on a un bon pourcentage d'élimination de la turbidité.

On conclut que la décantation naturelle des suspensions de bentonite pour une concentration de 30 mg/L est un processus très lent.

IV.2. Suspensions de kaolin :

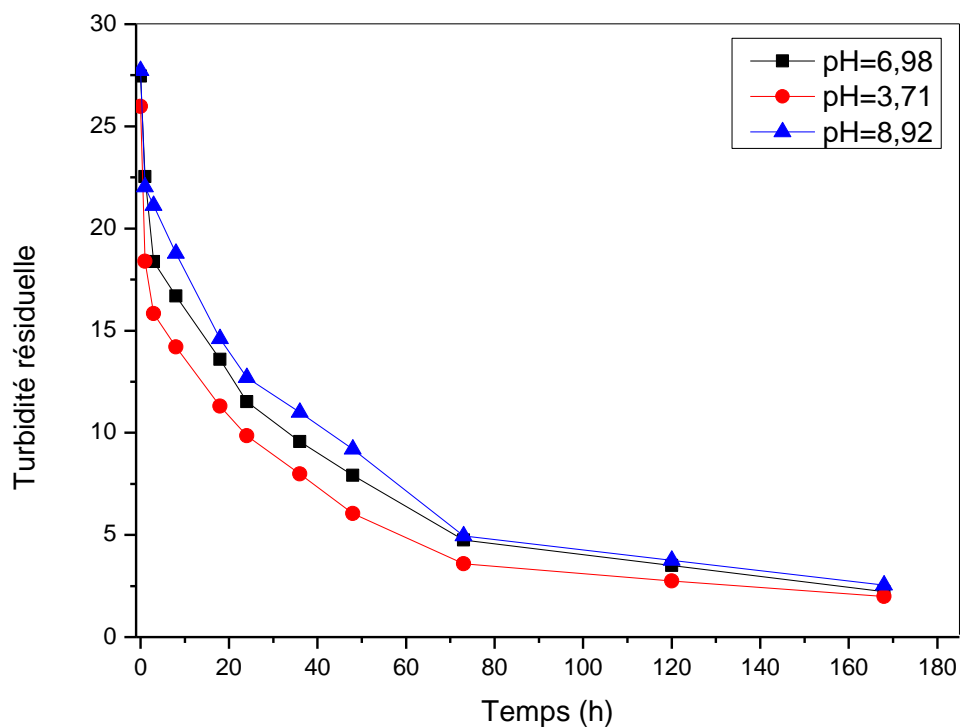
Le suivi de la cinétique de décantation de kaolin de concentration $C = 30$ mg/L en fonction du temps a été étudié à différents pH en kaolin (6.98, 3.71 et 8.92).

Le tableau III.12 ci-dessous nous donne les résultats de la turbidité résiduelle lors de l'étude de la décantation naturelle de la suspension de kaolin.

Tableau III.12 : les valeurs de la turbidité de Kaolin (C=30mg/L)

Temps (h)	TU1(NTU) pH=6.98	TU2(NTU) pH=3.71	TU3(NTU) pH=8.92
0	27,46	25,97	27,73
1	22,54	18,39	22,03
3	18,37	15,84	21,13
8	16,7	14,2	18,79
18	13,6	11,3	14,6
24	11,52	9,86	12,7
36	9,56	7,98	11
48	7,92	6,05	9,2
73	4,75	3,58	4,96
120	3,5	2,74	3,75
168	2,23	1,98	2,55

La figure III.9 représente la cinétique de la décantation naturelle des suspensions de kaolin à différents pH de C=30mg/L.

**Figure III.9** : La turbidité résiduelle de kaolin en fonction du temps à différents pH.

D'après les résultats obtenus nous remarquons que la décantation naturelle des suspensions de kaolin de concentration de 30 mg/L est un phénomène très lent, Après une semaine dont un maximum d'élimination est enregistré à pH=3.71, le taux d'élimination diminue avec l'augmentation de pH.

IV.3. Suspensions de perlite :

Le suivi de la cinétique de décantation de perlite de concentration $C=30$ mg/L. en fonction du temps a été étudié à différents pH en perlite (7.28, 9 et 3.66).

Le tableau III.13 suivants nous donnent les résultats de la turbidité résiduel en fonction du temps à différents pH en perlite.

Tableau III.13: les valeurs de la turbidité de perlite ($C=30$ mg/l)

Temps (h)	TU1(NTU)	TU2(NTU)	TU3(NTU)
	pH=7.28	pH=9	pH=3.66
0	2,47	2,59	2,33
1	1,74	1,7	1,38
3	1,15	1,6	1,24
8	0,99	1,45	1,09
18	0,78	1,18	0,87
24	0,69	1,08	0,74
36	0,59	0,99	0,67
48	0,5	0,9	0,6
73	0,45	0,78	0,55
120	0,35	0,66	0,43
168	0,23	0,54	0,31

La figure III.10 représente la cinétique de la décantation naturelle des suspensions de perlite à différents pH.

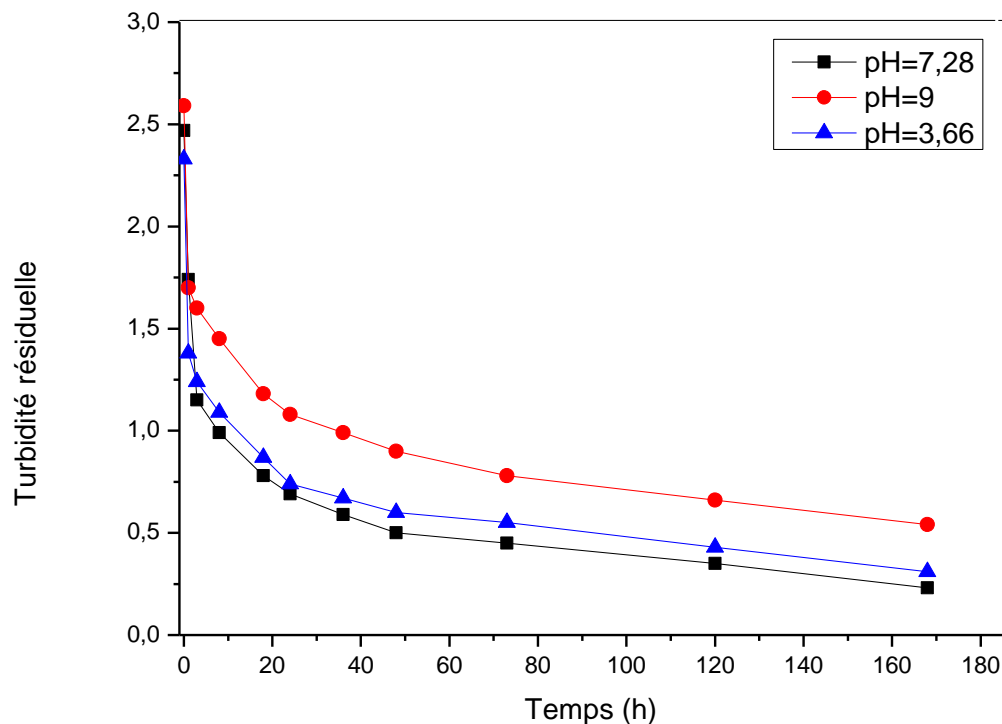


Figure III.10 : La turbidité résiduelle de perlite en fonction du temps à différents pH.

D'après les résultats obtenus nous pouvons dire que le taux d'élimination de perlite 86.69% a pH = 3.66 est faible par rapport au taux d'élimination de kaolin.

Tableau III.15 : Taux d'élimination des suspensions argileuses

Suspensions	pH	Taux d'élimination
Kaolin	3.71	92.37%
Perlite	3.66	86.93%
Bentonite	3.93	83.98%

V. Etude de coagulation-floculation sur Jar-Test :

V.1. L'étude cinétique de l'élimination de la turbidité de suspension de la bentonite :

Le tableau suivant représente les valeurs de l'étude de l'évolution de procédé coagulation/floculation dans l'élimination de la turbidité à différent pH et temps. Pour cela le mode opératoire de JAR-TEST décrit précédemment est respecté durant toute la partie expérimentale. On a réalisé la coagulation /floculation d'une suspension de bentonite à une

concentration de 30 mg/L. On ajoutant concentration de copoly (AM-Gél) (4.97mg/L) pour différentes valeurs de pH (9.33 ; 7.3 ;2.73). La turbidité initiale est prélevée à l'aide de turbidimètre TU₀(37,63 ; 90 ;44,86) NTU. A la fin de l'opération les solutions sont laissées décanter et la turbidité du surnageant est mesurée après chaque 10 min. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau III.14.

Tableau III.15 : Cinétique de la décantation de la bentonite en présence de différents temps et pH de Co-poly (AM-Gél) à $C_B=30$ mg/L

Temps (min)	pH=9.33	pH=7.3	pH=2.73
	Turbidité éliminé (%)		
0	0	0	0
10	59.58	88.765	44.111
20	60.829	87.784	52.322
30	61.52	88.453	58.8
40	62.051	89.122	53.666
50	63.38	89.434	53.833
60	63.805	89.612	53.1

Les résultats de tableau III.14 sont revues sur la figure III.11 qui représente la cinétique de la décantation de la bentonite en présence de différents temps et pH de Co-poly (AM-Gél) à $C_{bentonite}=30$ mg/L.

Ces résultats montrent une bonne amélioration dans le milieu acide (pH=2.73) de copoly (AM-Gél) en fonction du temps et de concentration = 30 mg/L, mais dans le milieu basique (pH=7.3) représente une faible efficacité d'élimination de la turbidité.

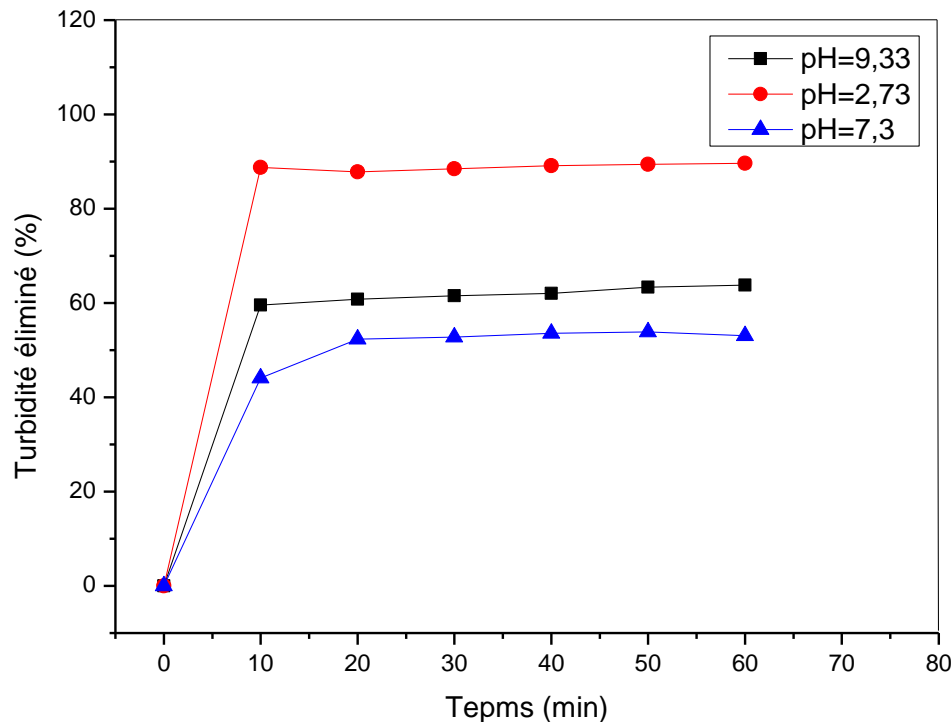


Figure III.11 : Cinétique de la décantation de la bentonite en présence de différents pH de Co poly (AM-Gél) à $C_B=30$ mg/L

V.2. L'étude cinétique de l'élimination de la turbidité de suspension de kaolin :

Le tableau suivant représente les valeurs de l'étude de l'évolution de procédé coagulation/floculation dans l'élimination de la turbidité à différent pH et temps. Pour cela le mode opératoire de JAR-TEST décrit précédemment est respecté durant toute la partie expérimentale. On a réalisé la coagulation /floculation d'une suspension de kaolin à une concentration de 30 mg/L, On ajoutant concentration de copoly (AM-Gél) (4.97 mg/L) pour différentes valeurs de pH (7 ; 5.76 ; 2.68). La turbidité initiale est prélevée à l'aide de turbidimètre TU₀(326 ;60 ;138) NTU. A la fin de l'opération les solutions sont laissées décanter et la turbidité du surnageant est mesurée après chaque 10 min. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau III.15.

Tableau III.16 : Cinétique de la décantation de kaolin en présence de différents pH de Co-poly (AM-Gél) à $C_k=30$ mg/L

Temps (min)	pH=5.76	pH=2.68	pH=7
	Turbidité éliminé (%)		
0	0	0	0
10	10	72.645	29.447
20	14.666	76.087	34.355
30	15.666	76.123	35.582
40	16.666	76.341	37.73
50	16.666	75.86	37.73
60	15	77.57	38.036

Les résultats de tableau III.15 sont revues sur la figure III.12 qui représente la cinétique de la décantation de kaolin en présence de différents temps et pH de Co-poly (AM-Gél) à $C=30$ mg/L.

Ces résultats montrent une bonne amélioration dans le milieu acide (pH=2.68) de copoly (AM-Gél) en fonction du temps et de concentration = 30 mg/L, mais dans le milieu basique (pH=5.76) représente une faible efficacité d'élimination de la turbidité.

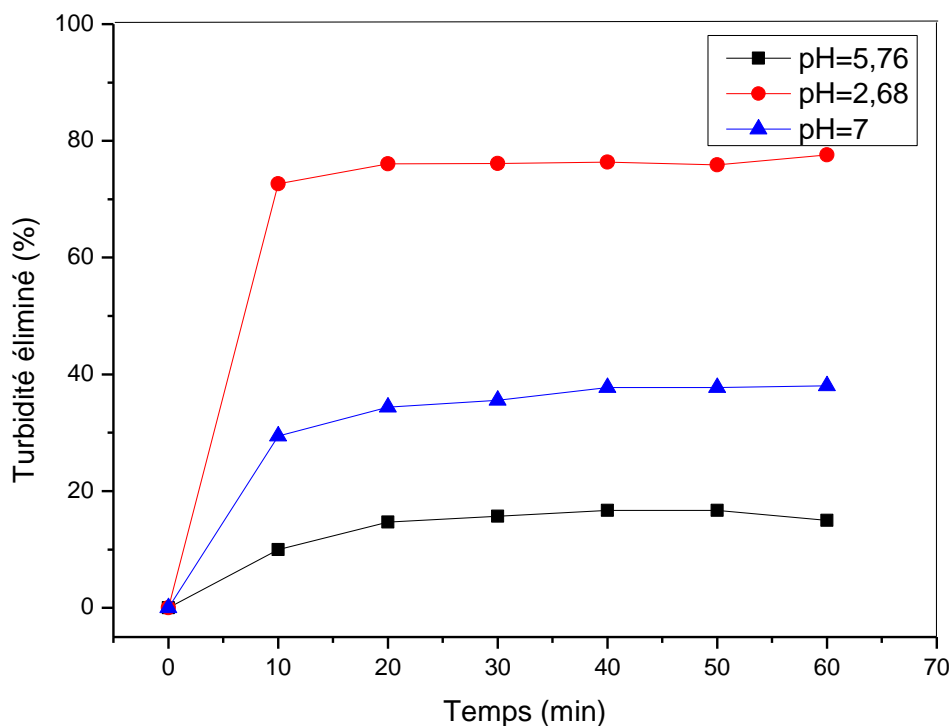


Figure III.12 : Cinétique de la décantation de kaolin en présence de différents pH de Co-poly (AM-Gél) à $C_k=30$ mg/L

VI. Efficacité de AM-Gél à l'élimination de la turbidité des suspensions argileuses :

L'expérience précédente montre l'eau obtenue après le traitement par floculation est claire avec une suspension de bentonite de concentration 30mg/L, concentration de copoly (AM-Gél) = 4.97 mg/L dont la turbidité éliminée à 60s et 53.1 NTU à pH=2.73 et avec une suspension de kaolin de concentration 30mg/L, concentration de copoly (AM-Gél) = 4.97 mg/L dont a turbidité éliminée à 60s et 77.57 NTU à pH=2.68, concentration de copoly (AM-Gél) = 4.97 mg/L. (Tableau III.16).

Tableau III.17 : Flocculation des suspensions de bentonite et de kaolin à différents pH

Floculant	pH	TU Initiale (NTU)	TU Finale (NTU)	Elimination (%)
(AM-Gél) avec Bentonite	9.33	37.63	13.62	63.80
	7.3	90	42.21	53.83
	2.73	44.86	4.66	89.61
(AM-Gél) avec Kaolin	7	326	202	38.03
	5.76	60	68	16.66
	2.68	138	30.94	77.57

On conclut que le copoly (AM-Gél) à donner très bons résultats avec les deux suspension bentonite et kaolin.

Références bibliographiques

- [1] A. Kumar and P. Lingfa, “Sodium bentonite and kaolin clays: Comparative study on their FT-IR, XRF, and XRD,” *Mater. Today Proc.*, vol. 22, no. December 2019, pp. 737–742, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2019.10.037.
- [2] F. Arbaoui and M. Nadir, “Applied Clay Science Comparison of two Algerian bentonites : Physico-chemical and retention capacity study,” *Appl. Clay Sci.*, vol. 91–92, pp. 6–11, 2014, doi: 10.1016/j.clay.2014.02.001.
- [3] A. Mansri and N. Ramdani, “composites and their application for toluene removal,” 2013, doi: 10.1007/s11164-013-1310-1.
- [4] H. Tayeb, “Thèse de doctora" Etude sur un pilote de la floculation de nouveaux floculants Acrylamide-4-Vinylpyridine pour la fixation des métaux lourds et des micropolluants Soutenue",” 2018.
- [5] R. Chihaoui, H. Khelafi, Y. Senhadji, and M. Mouli, “Potential use of natural perlite powder as a pozzolanic mineral admixture in Portland cement,” *J. Adhes. Sci. Technol.*, vol. 30, no. 17, pp. 1930–1944, 2016, doi: 10.1080/01694243.2016.1171568.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif initial de ce travail était d'élaborer une relation entre les copolymères hydrosolubles et traitement des eaux

La question posée est :

Est-ce que les copolymères hydrosolubles comme le copoly (AM-Gél) donnent de bons résultats en traitement des eaux ?

Cette étude a été réalisée en trois étapes :

- ❖ 1^{ère} étape : Préparation des copolymères hydrosolubles à partir de l'acrylamide et de gélatine.
- ❖ 2^{ème} étape : La caractérisation des argiles utilisées (Bentonite, Kaolin) par plusieurs techniques, à savoir : FTIR, DRX, XRF.
- ❖ 3^{ème} étape : Tester l'efficacité du copoly (AM-Gél) dans le traitement des eaux par la technique coagulation/floculation.

A partir des résultats expérimentaux nous avons abouti aux conclusions suivantes :

Le procédé de la coagulation/floculation qui s'effectue par l'ajout des composés chimiques (copoly (AM-Gél)) pour l'élimination des suspensions bentonite et kaolin :

- ❖ Les résultats montrent que 89% de l'efficacité de l'élimination de la bentonite dans le traitement de l'eau a été obtenue dans les conditions optimales suivantes : concentration de copolymère (AM-Gél) de 4.97 mg/l, à pH variable, concentration de bentonite de 30 mg/L, vitesse d'agitation de 50 rpm, et temps d'agitation de 10 min (étape de la floculation). En outre, une efficacité d'élimination de la bentonite de 53.1 % a été obtenue dans le milieu acide et 63,81% en le milieu basique.
- ❖ Les résultats montrent que 77.57% de l'efficacité de l'élimination du kaolin dans le traitement de l'eau en milieu acide a été obtenue dans les conditions optimales suivantes : concentration de copolymère (AM-Gél) de 4.97 mg/l, à pH variable, concentration de bentonite de 30 mg/L, vitesse d'agitation de 50 rpm, et temps d'agitation de 10 min (étape de la floculation). En outre, une efficacité d'élimination du kaolin 38,03% en le milieu neutre.
- ❖ On conclut que le copoly (AM-Gél) a donné des résultats fiables en élimination avec les deux suspensions.

Cette étude nous a permis d'établir une base d'informations et de dégager des questions de fond qu'il faudra développer dans une recherche sur le traitement de l'eau.

المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو القضاء على المواد المعلقة من خلال عملية التخرنر/التلبد، وذلك باستخدام copoly (AM-Gél) من أجل اختبارات العلاج التي تسمح بتقليل المواد العالقة (البنتونيت، الكاولين، البيرلايت)، لقد تم معايرة هذا الطين بواسطة (FTIR, DRX, XRF). أولا قمنا بتحضير البوليمر المشترك، يعتمد على مادة الأكريلاميد والجيلاتين، ويستخدم كمنظف لتنقية المياه. النتائج التي تم الحصول عليها تبين أن copoly (AM-Gél) المستخدم يعطي أفضل نتيجة في ترسيب البنتوليت 89.61% عند pH=2.73 وكما استعمل كذلك في ترسيب الكاولين 77.57% عند pH=2.68.

الكلمات المفتاحية: copoly (AM-Gél)، التخرنر/التلبد، التعكر، البنتونيت، الكاولين، البيرلايت.

Abstract

The objective of the present study is to eliminate suspended matter by the coagulation/flocculation process, using copoly (AM-Gel) for treatment tests which make it conceivable to diminish suspended matter (Bentonite, Kaolin, perlite), These clays were characterized by FTIR, DRX, XRF. First, we synthesized a copolymer based on acrylamide and gelatin which is used as a flocculant for water purification. The results obtained show that the copoly (AM-Gel) used gives a better elimination 89.61% at pH=2.73 in bentonite suspension and 77.57% at pH=2.68 the presence of kaolin.

Keywords: Copoly (AM-Gel), Coagulation/Flocculation, Turbidity, Bentonite, Kaolin, Perlite

Résumé

La présente étude a pour l'objectif l'élimination des matières en suspensions par le procédé de coagulation /floculation, en utilisant le copoly (AM-Gél) pour les essais de traitement permettent de réduire les matières en suspensions (Bentonite, Kaolin, perlite), Ces argiles ont été caractérisées par FTIR, DRX, XRF. Premièrement nous avons synthétisé un copolymère à base de l'acrylamide et gélatine qui est utilisé comme floculant pour la purification des eaux. Les résultats obtenus montrent que le copoly (AM-Gél) utilisé donne une meilleure élimination 89.61% à pH=2.73 en suspension bentonite et 77.57% à pH=2.68 en présence de kaolin.

Mots clés: Copoly (AM-Gél), Coagulation/Flocculation, Turbidité, Bentonite, Kaolin, Perlite.