



Faculté des Sciences de la Matière  
كلية علوم المادة  
Département de Chimie  
قسم الكيمياء

## *Mémoire*

### *Présenté par :*

Mlle. Saad Fatima Zohra  
Mlle. Benadda Sarah

*Pour obtenir le diplôme de*

## *Master*

Filière : Chimie  
Spécialité : Chimie Organique

### **Sujet :**

Elaboration d'un matériau organique pour filtration et  
épuration des effluents.

**Soutenu le : 01/07/2019**

**Devant le jury :**

<b>Mr. M.BADAOU</b>	<b>Président (M.C.B)</b>	<b>UNIV -Tiaret</b>
<b>M<sup>me</sup> M.HENNI</b>	<b>Examinatrice (M.C.B)</b>	<b>UNIV -Tiaret</b>
<b>M<sup>me</sup> L.BENNABI</b>	<b>Encadreur (M.C.B)</b>	<b>UNIV -Tiaret</b>
<b>Invitée M<sup>me</sup> H.soufiane</b>	<b>Dérectrice de station de surveillance de Tiaret</b>	

# R *emerciement*

**N**ous remercions Dieu le tout puissant qui nous a aidé à faire ce travail.

**A**u terme de ce travail, il nous 'est agréable de remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce projet.

**M**es remerciements vont particulièrement à : M<sup>me</sup> BENNABI maitre de Conférence B à la faculté des sciences de la matière de TIARET. Nous la remercions d'avoir accepté, d'encadrer ce projet et de nous faire part de son expérience. Qu'elle reçoit ici l'expression de notre gratitude et nos reconnaissances pour sa disponibilité, sa gentillesse et la qualité de ses précieux conseils qui nous ont permis de mener à bien ce mémoire de fin d'étude.

**A** toute l'équipe de laboratoire de chimie, qui nous a toujours aidé à enrichir nos compétences pratiques et théoriques.

*Nos remerciements s'adressent également au président du jury Mr BADAOUI maitre de Conférence B qui nous a fait l'honneur de présider ce jury et à l'examinatrice M<sup>me</sup> HENNI maitre de Conférence B d'avoir bien voulu participer à ce jury afin d'évaluer notre travail.*

*Nos remerciements vont aussi à l'équipe de la station de surveillance de la wilaya de Tiaret ainsi la directrice Mme SOUFIANE .H.de nous a donné l'occasion de travailler au sein de laboratoire de station.*

**E**t puis merci à ma famille et tous mes amis qui m'ont encouragé et beaucoup aidé pendant ces années.





# Dédicace

*Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui. Que dieux vous protège et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je puisse vous combler de bonheur.*

*Je dédie ce travail à mon encadreur M<sup>elle</sup> BENNABI qui ma aider à présenter ce modeste travail.*

*A mes frères : MOUNIR et HAMANI*

*A mes sœurs : KHAIRA, SIHEM, NAWEL, MARAM et HALIMA*

*A mes chers amies ; SARAH, FATIMA.*

*A mes petits : ANIS, RANIA, MALEK, ABD AL RAHMAN*

*A toutes mes collègues de promotion et tous qui ont chers.*

Fatima



# Dédicace

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.*

*Je dédie ce travail à mon encadreur M<sup>elle</sup> BENNABI qui ma aider à présenter ce modeste travail*

*A mesfrères: KHALED WALID, MOHAMED HABIB, KADIROU*

*Et HASNI OMAR.*

*A mes soeur : LEILA INESS, HOUARIA.*

*A mes cher intimes : FatimaSaad, Fatima Mechraoui, Fedane Zineb*

*A toute la promotion de chimie organique et toute ma famille.*

Sarah

## Sommaire

### Remerciement

### Liste des figures

### Liste des tableaux

### Introduction générale..... 02

## CHAPITRE.I

### SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

#### I.1 Introduction : ..... 07

#### **I.2 LA POLLUTION DE L'EAU : ..... 07**

##### I.2.1 Définition : ..... 08

#### **I.2.2 Les différents types de pollution : ..... 08**

##### I.2.2.1 La pollution chimique : ..... 08

##### I.2.2.2 Pollution organique: ..... 08

##### I.2.2.3 La pollution microbienne ..... 08

##### I.2.2.4 Pollution toxique: ..... 09

##### I.2.2.5 La pollution thermique: ..... 09

##### I.2.2.6 La pollution radioactive..... 09

##### I.2.2.7 La pollution par les hydrocarbures..... 09

#### **I.2.3 Définition des déchets ménagers..... 09**

##### I.2.3.1 Déchets ..... 10

#### I.3 Lixiviats de décharges..... 10

#### I.4 Les boues activées: ..... 10

#### **I.5 LES EAUX USEES ET LEUR TRAITEMENT..... 11**

##### I.5.1 Origine des eaux usées ..... 11

##### I.5.1.1 Origine domestiques ..... 11

##### I.5.1.2 Origine agricole ..... 12

##### I.5.1.3 Origine industrielles ..... 12

##### I.5.1.4 Les eaux de ruissellement..... 12

#### I.6 Constituants et fractionnement d'une eau usée ..... 13

#### **I.7 Traitement Des eaux usées ..... 13**

#### **I.8 Caractérisation générale des effluents ..... 14**

#### I.9 Etapes de traitement des eaux usées ..... 15

#### **I.10 Caractéristiques des eaux usées..... 15**

##### I.10.1 Paramètres Physiques ..... 15

I.10.1.1 La température .....	15
I.10.1.2 La matière en suspension (MES) .....	15
<b>I.10.2 Paramètres Organoleptiques .....</b>	<b>15</b>
I.10.2.1 La Turbidité .....	15
I.10.2.2 La couleur .....	16
I.10.2.3 Odeur .....	16
<b>I.10.3 Paramètres Chimiques.....</b>	<b>16</b>
I.10.3.1 Le potentiel Hydrogène (pH).....	16
I.10.3.2 La Conductivité.....	16
I.10.3.3 La Demande Chimique en Oxygène (DCO) .....	17
I.10.3.4 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) .....	17
<b>I.10.4 Paramètres Bactériologiques .....</b>	<b>17</b>
I.10.4.1 Les bactéries .....	17
I.10.4.2 Les virus .....	18
I.10.4.2.1 Les micropolluants organiques et non organiques .....	18
<b>I.11 Normes de rejets des eaux usées .....</b>	<b>18</b>
I.11.1 Normes internationales.....	18
I.11.2 Normes de rejet appliquées en Algérie .....	19
<b>I.12 LES POLYMERES HYDROSOLUBLES .....</b>	<b>20</b>
I.12.1 L'obtention des polymères hydrosolubles.....	20
I.12.2 Quelques exemples de polymères hydrosolubles non-ioniques .....	21
<b>I.13 LES POLYACRYLAMIDES (PAM).....</b>	<b>21</b>
I.13.1 Rappel sur les Polyacrylamides (PAM) .....	21
<b>I.13.2 Polymérisation de l'acrylamide .....</b>	<b>22</b>
I.13.2.1 Polymérisation anionique .....	22
I.13.2.2 Polymérisation radicalaire .....	23
I.13.2.3 Copolymérisation .....	23
I.14 L'acrylamide.....	23
I.14.1 Identification et généralité.....	23
I.14.2 Propriété physico-chimiques de l'acrylamide .....	25
<b>I.15 COAGULATION – FLOCCULATION .....</b>	<b>25</b>
I.15.1 But de la coagulation – floculation .....	25
I.15.2 Phénomène de la coagulation .....	26
I.15.3 Compression de la double couche.....	26
I.15.4 Coagulants utilisés .....	26

I.15.5 Facteurs influençant la coagulation.....	27
I.15.5.1 Influence du pH.....	27
I.15.5.2 Influence des sels dissous.....	27
I.15.5.3 Influence de la température de l'eau.....	28
I.15.5.4 Influence du coagulant.....	28
I.15.5.5 Influence du mélange.....	29
I.15.5.6 Influence De la turbidité.....	29
I.15.5.7 Coagulation de la couleur.....	30
I.15.6 Phénomène de la floculation.....	30
I.15.6.1 Théorie de la floculation.....	30
I.15.6.2 Nature des flocculants.....	31
I.15.6.3 Processus de la floculation.....	31
<b>I.15.7 Technologie de la coagulation –floculation.....</b>	<b>32</b>
I.15.7.1 Stratégie.....	32
I.15.7.2 Choix du coagulant.....	32

## CHAPITRE II

### SYNTHESES ET CARACTERISATION DE POLYACRYLAMIDE

<b>II.1 L’objectif.....</b>	<b>38</b>
II.2 Lieu de travail.....	38
<b>II.3 La synthèse de polyacrylamide (PAM).....</b>	<b>38</b>
II.3.1 Introduction.....	38
II.3.2 Mode opératoire.....	39
II.4 La solubilité de PAM.....	40
<b>II.5 CARACTERISATION PHYSIQUE DU POLYACRYLAMIDE.....</b>	<b>40</b>
<b>II.5.1 RESONANCE MAGNETIQUE NUCLEAIRE.....</b>	<b>40</b>
II.5.1.1 Principe et méthodes.....	45
<b>II.5.2 LA SPECTROSCOPIE INFRA- ROUGE A LA TRANSFORMEE DE FOURIER.....</b>	<b>45</b>
II.5.2.1.1 Rappels théoriques.....	45
II.5.2.1.2 Définition de (IRTF).....	45
II.5.3 Analyse par diffraction des Rayons X (DRX).....	47
II.5.4 Analyse calorimétrique différentielle DSC.....	48
<b>II.6 Conclusion.....</b>	<b>50</b>

## CHAPITRE - III -

### TRAITEMENT DES EFFUENTS PAR PAM ET POLY X

<b>III.1.INTRODUCTION.....</b>	<b>52</b>
III.2.Lieu de travail.....	52
III.3.Prélèvement et transport.....	52
<b>III.4. Présentation de STEP de Tiaret.....</b>	<b>52</b>
<b>III.4. 1 Localisation.....</b>	<b>52</b>
III.4.2 Fiche Technique de la STEP.....	53
III.4.3.1 Circuit eau.....	54
III.4.3.1.1 Station de Relevage.....	54
III.4.3.2 Le prétraitement.....	54
III.4.3.2.1 Le Dé grilleur Grossier.....	54
III.4.3.2.2 Le dessablage déshuilage.....	55
III.4.3.2.3 Degrilleur fin.....	55
III.4.3.2.4 Dessableur – Déshuileur.....	55
III.4.4 Décantation primaire.....	56
III.4.5 Circuit boues.....	57
III.4.5.1 Compartiment de Distribution des Boues de Retour.....	57
III.4.5.2 Epaisseurs.....	58
III.4.5.3 Digesteur aérobic.....	59
III.4.5.4 Lits de séchage.....	59
III.5 Présentation de station de surveillance de l’environnement de Tiaret.....	59
III.5.1 Rôle de l’ONEDD.....	60
III.5.2 Les missions de l’ONEDD.....	60
<b>III.6. LA COAGULATION-FLOCCULATION.....</b>	<b>60</b>
<b>III.7 Traitements des eaux usées par PAM et polymère X.....</b>	<b>60</b>
III.7.1 le premier prélèvement.....	64
III.8 l’étude comparative (traitement physico-chimie).....	64
III.8.1 Analyse physico- chimique de l’eau .....	65
III.8.1.1 Paramètres physique .....	65
III.8.1.1.1 la température .....	66
<b>III.8.1.2 Paramètres organoleptiques de traitement des eaux usées .....</b>	<b>66</b>
III.8.1.2.1 La couleur .....	66
III.8.1.2.2. L’odeur.....	66
III.8.1.2.3 La Turbidité .....	67



III.8.1.2.1. Principe .....	67
III.8.1.3 Les paramètres chimiques .....	68
III.8.1.3.1 le Ph .....	68
III 8.1.3.2 .La conductivité .....	70
III. 8.1.3.2 1. Rappels théoriques.....	70
III 8.1.4 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) .....	72
III.9.Le traitement de 2eme prélèvement .....	73
III.9.1 . La Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	75
<b>III.10 Mesure du potentiel Zêta.....</b>	<b>76</b>
<b>III.11 La boue activée .....</b>	<b>79</b>
III.11 1.- Définition d'une boue d'épuration.....	79
III.11.2- Les différents types des boues d'épuration.....	79
III.11.3- Formation des boues.....	79
III.11.4- Classification des boues .....	80
III.11.5. Mode opératoire .....	81
<b>III.12.Etude de traitement de lixiviats .....</b>	<b>81</b>
III.12.1 .Définition de lixiviat .....	81
III.12.2 Mode opératoire .....	82
<b>III.12.3 Les paramètres physiques.....</b>	<b>82</b>
III.12.3.1 La température .....	82
III.12.3.2 Mesure des M.E.S (Matières en suspension) .....	82
III.12.3.2.1.Définition de M.E.S.....	82
III.12.3.2.2.Principe de M.E.S.....	82
<b>III.12.4.Les paramètres chimique.....</b>	<b>83</b>
III.12.4.1 Le Ph.....	83
III.12.4.2.conductivité .....	84
III.12.4.3. La DBO5 .....	84
III.12.4.4. la DCO de l'exiviat .....	85
III.13 Rapports DCO/DBO5.....	86
<b>III.14 Spectrométrie d'absorption atomique</b>	
<b>(SAA).....</b>	<b>88</b>
III.14.1 Introduction.....	88
III.14.2 Principe de fonctionnement de la spectroscopie d'absorption atomique.....	90
III.14.3 Appareillage.....	96
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>97</b>

ANNEXE 1

ANNEXE 2

Résumé

## Liste des abréviations

CE	Conductivité Electrique.
CET	Centre d'Enfouissement technique
DBO5	Demande Biologique en Oxygène.
DCO	Demande Chimique en Oxygène.
DRX	Diffraction des rayons X.
IF	Infra-rouge
IRTF	Infra-Rouge à la Transformée de Fourier.
MES	Matière en Suspension.
ONA	Office National d'Assainissement de Tiaret
PAM	Polyacrylamide.
Ph	Potentiel hydrique.
Ppb	Particule par billion
Ppm	Particule par million
RMN	Résonance magnétique nucléaire
SAA	Spectre d'Absorption Atomique
STEP	Station d'épuration.
THF	Tetrahydrofuranne.

## Liste des figures

**Figure I.1 :** Schéma de principe d'une station d'épuration par boues activée

**Figure I.2 :** Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées.

**Figure I.3 :** Schéma générale de différent traitement des eaux.

**Figure I.4 :** représentent quelques groupements polaires ou ionisables présents dans les polymères hydrosolubles

**Figure I.5 :** Structures de polymères hydrosolubles synthétiques.

**Figure I.6 :** Polymérisation de l'acrylamide.

**Figure I.7 :** Structure de l'acrylamide

**Figure II.1 :** le montage expérimental de la synthèse de polyacrylamide

**Figure II.2:** le polyacrylamide synthétisé

**Figure II.3 :** Spectre RMN  $^1\text{H}$  du polyacrylamide

**Figure II.4 :** Spectre RMN  $^{13}\text{C}$  du polyacrylamide

**Figure II.5 :** Spectre RMN  $^{13}\text{C}$  zoomé du polyacrylamide.

**Figure II.6** spectre de IR de polyacrylamide.

**Figure II.7 :** diffractogramme DRX du PAM

**Figure II.8 :** Le thermo gramme DSC d'un PAM

**Figure.III.1 :** Schéma Directeur du système d'Assainissement de la ville de Tiaret.

**Figure III.2 :** Station de relevage des eaux brutes

**Figure III.3 :** Dé grilleur Grossier

**Figure III.4 :** Dé grilleur fin

**Figure III.5 :** Déshuileur- Dessabler.

**Figure III.6 :** Décanteur Primaire

**Figure III.7 :** Bassin combinaison (activation et décantation secondaire)

**Figure III.8 :** Compartiment de distribution

**Figure III.9 :** Epaisseurs I et II.

**Figure III.10 :** Digesteur Aérobie.

**Figure III.11 :** Lits de séchages

**Figure. III.12 :** Évolution des températures de 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usée traité par le polymère X .

**Figure.III.13 :** Évolution des températures de 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usée traité par le PAM

**Figure III.14 :** Évolution de pH de 1<sup>er</sup>prélèvement d'eau usée traité par le polymère X

**Figure III.15:** Évolution de la conductivité de 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usée traité par le PAM.

**Figure III.16 :** Évolution de conductivité de 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usée traité par le polymère X.

**Figure III.17 :** les paramètres de pollution le DBO5 de 2eme prélèvement d'eau usées traité par le polymère PAM (avec dilution et sans dilution)

**Figure III.18 :** Schéma de présentation du diagramme du potentiel zéta.

**Figure III.19:** analyse du potentiel zéta de l'eau usée entrée brute (échantillon 1)

**Figure III.20 :** analyse du potentiel zéta de l'eau usée entrée traité par PAM

**Figure III.21 :** analyse du potentiel Zeta de l'eau usée entrée traité par polymère X

**Figure III.22 :** Evolution de pH de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret avant filtration

**Figure III.23 :** Evolution de la conductivité électrique (CE) de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret avant filtration

**Figure III.24 :** paramètres de pollution (DBO5) de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret après filtration

**Figure III.25 :** Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique.

**Figure III.26 :** échantillons de lixiviat analysée par le SAA.

**Figure III.27 :** Taux de fixation des métaux lourds par le PAM et POLYM.X

## Liste des Tableaux

**Tableau I.1 :** Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées.

**Tableau I.1 :** Normes de rejets internationales.

**Tableau I.3 :** Valeurs limites des paramètres de rejet dans Un milieu récepteur

**Tableau I.4 :** Propriété physico-chimiques de l'acrylamide.

**Tableau I.5 :** Caractéristique d'un coagulant.

**Tableau III.1 :** Test de solubilité de polyacrylamide.

**Tableau II.2 :** Bandes d'absorption caractéristiques obtenus à partir du spectre FTIR du PAM).

**Tableau II.3:** Propriétés thermiques du polyacrylamide.

**Tableau III.1:** Evolution des paramètres pour physicochimiques :  $m_{Al_2(SO_4)_3}=0,08$  g.

**Tableau III.2:** Evolution des paramètres pour physicochimiques :  $m_{Al_2(SO_4)_3} =0,16$ g.

**Tableau III.3:** Evolution des paramètres pour physicochimiques :  $m_{Al_2(SO_4)_3} =1$ g.

**Tableau III.4:** Evolution des paramètres physico chimiques du traitement de l'eau usée en fonction de la masse d flocculant X (F.X).

**Tableau III.5 :** Paramètres organoleptiques des échantillons Testés

**Tableau III.6 :** les valeurs de turbidité de 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usées.

**Tableau III.7:** les valeurs de turbidité de 2<sup>er</sup> prélèvement d'eau usées.

**Tableau III.8 :**Évolution de pH de 1<sup>er</sup>prélèvement d'eau usée traité par le polymère X

**Tableau III.9 :** pH de 1<sup>ER</sup> prélèvement d'eau usée brute.

**Tableau III.10 :** Relation entre la conductivité et la minéralisation.

**Tableau III.11 :** la conductivité de 1<sup>er</sup>prélèvement d'eau usée brute.

**Tableau III.12 :** les paramètres de pollution le DBO5 du 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usée traité par le polymère X.

**Tableau III.13 :** les paramètres de pollution le DBO5 de 1<sup>er</sup>prélèvement d'eau usée traité par le PAM.

**Tableau III.14 :** les paramètres physico-chimiques de 2eme prélèvement d'eau usée traité par le polymère X et le PAM.

**Tableau III.15 :** les paramètres de pollution le DBO5 de 2eme prélèvement d'eau usée traité par le polymère X et le PAM (avec dilution et sans dilution).

**Tableau III.16 :** les paramètres de pollution le DCO de 1<sup>er</sup>prélèvement d'eau usées traité par le polymère X et le PAM.

**Tableau III.17 :** les paramètres de pollution le DCO de 2eme prélèvement d'eau usées traité par le polymère X et le PAM.

**Tableau III.18 :** Classification des boues.

**Tableau III.19 :** Evolution de La température de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret avant filtration.

**Tableau III.20 :** Les valeurs de M.E.S du lixiviat de CET de wilaya de Tiaret après filtration...

**Tableau III.21 :** Evolution de pH du lixiviat du CET de la wilaya de Tiaret avant filtration .....

**Tableau III. 22 :** Evolution de la conductivité électrique (CE) de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret avant filtration.

**Tableau III.23 :** Paramètres de pollution (DBO5) de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret après filtration

**Tableau III.24 :** Rapport de biodégradabilité des effluents d'eau usée traité par PAM et polymère X de 1<sup>er</sup> échantillon

**Tableau III. 25 :** Rapport de biodégradabilité des effluents d'eau usée brute de 1<sup>er</sup> échantillon.

**Tableau III.26 :** Rapport de biodégradabilité des effluents d'eau usée traité par PAM et polymère X de 2eme échantillon.

**Tableau III.27 :** Concentration d'absorption des métaux lourds dans lixiviat avant et après traitement

# Introduction générale



## **Introduction générale**

L'eau est une ressource vitale pour l'homme, sa survie et son alimentation. Elle est également indispensable pour ses activités agricoles, industrielles, touristiques et la qualité de son environnement [1]. Lorsque l'homme utilise l'eau il ne fait pas que la consommer, mais en rejeter une partie dans l'environnement [2]. Les rejets des eaux usées augmentent annuellement du fait de l'industrialisation et de l'élévation de niveau de vie de la population [3]. Ces rejets sont à l'origine de la pollution des eaux de surface et souterraines [4].

Au cours de ces dernières décennies, l'Algérie a connu un développement exponentiel touchant tous les secteurs: démographique, économique et touristique, ce qui a causé plusieurs problèmes socio-économiques et surtout environnementaux liés à la rareté des précipitations, aux risques sanitaires, à la carence du pouvoir réglementaire et d'assainissement. Parmi les villes les plus affectées par ces problèmes, la ville de Willaya de Tiaret, Pour palier ces problèmes, les autorités de ces villes ont pensé à la réalisation d'une station de traitement des eaux polluées (STEP) pour les réutiliser surtout en arrosage des espaces verts [5].

La pollution est devenue l'un des problèmes primordiaux qui fait alerte aux organismes sanitaires et environnement dans le globe.

Elle est définie comme étant une altération ou une dégradation d'un ou plusieurs écosystèmes..

La Ville de Wilaya de Tiaret est touchée par la pollution de l'air, du sols, et de l'eau. Elle est due essentiellement aux émissions de trafic routier et les rejets industriels et **les eaux usée** dans les différents barrages de la Wilaya [6].

**Les eaux usées** se caractérisent par une grande variabilité de débits, mais aussi de composition. Elles peuvent contenir en concentrations variables :

des matières en suspension plus ou moins facilement décantables ou coagulables, – des matières colloïdales ou émulsionnées : argiles, microorganismes, macromolécules hydrophobes (organiques huiles, graisses, hydrocarbures, etc.), ...

- Des matières en solution de nature organique ou minérale, ou sous forme de gaz dissous,
- Des microorganismes végétaux (algues, plancton, ...) ou animaux (protozoaires, bactéries...).

Ces différents constituants des eaux usées présenteront des comportements spécifiques vis-à-vis des modes de traitement auxquels ils seront soumis avant leur rejet dans le milieu naturel. Ces comportements sont liés d'une part à la taille des particules présentes et à leur état physique (soluble, coagulable ou décantable) mais ils dépendent également pour une large part de leur aptitude à la biodégradation, à l'oxydation ou encore à l'adsorption. Mais la

concentration des divers éléments dans les eaux brutes, de même que leur éventuelle toxicité doivent compléter ces informations de base.(RODIER)

Le traitement ou l'épuration des eaux usées a donc pour objectif de réduire la charge polluant qu'elles véhiculent par conséquent elles devraient être dirigées vers des stations d'épuration dont le rôle est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous la forme d'un petit volume de résidu, les boues et de rejeter un 'eau épurée' répondant à des normes bien précises [7].

Nous sommes tous des pollueurs... chacun à sa mesure, certes. Les industriels rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes d'eau, parfois d'une manière d'autant plus pernicieuse que l'on n'en connaît pas les effets à long terme. Il est tout aussi vrai que par nos lavabos, nos éviers, nos salles de bains et nos WC, par exemple, passe chaque jour une pollution proportionnelle au nombre d'habitants. Elle consiste essentiellement en matières organiques biodégradables, mais aussi en des germes pathogènes (causes d'épidémie) et en des produits chimiques.

Or, si l'on peut espérer arrêter la progression de la pollution industrielle, voire la diminuer dans l'absolu, la pollution domestique augmentera sans doute aussi vite que la population et les concentrations urbaines... à moins que nous ne prenions conscience du danger et consentions à modifier notre comportement, même par de petits gestes (par exemple, éviter l'abus de détergents).

Même l'agriculture, qui est pourtant indiscutablement la gardienne de la nature, est à l'origine de certaines pollutions. C'est le cas des gros élevages de porcs et de bovins notamment, . [7].

Les polyacrylamides présentent un double intérêt : industriel et fondamental. Des masses moléculaires élevées peuvent être obtenues par polymérisation radicalaire, ils trouvent leurs applications les plus importantes en tant qu'épaississants, floculants pour le traitement des eaux [8-9], agents de traitement de sol [10-11], et dans beaucoup d'applications biomédicales [11-13]. En particulier, les gels et les membranes faits à partir des polyacrylamides ont été intensivement utilisés ces dernières années pour les séparations des protéines [14-15].

L'objectif de ce travail est d'identifier la composition physico-chimique soit organique ou inorganique, biologique aussi et l'évolution des paramètres de l'eau usée et de lixiviat alors le travail que nous présentons ici concerne la synthèse et la caractérisation de polyacrylamide et son utilisation dans le traitement de dépollution des eaux usées et de lixiviat. Il s'agit en fait de l'utilisation d'un polymère à de nouvelles fins. L'approche

expérimentale permettra à la fois de non seulement démontrer l'efficacité du traitement et de démontrer son mode d'action.

Ce mémoire va être structuré comme suit :

✓ **Le premier chapitre** s'articule sur une étude bibliographique qui va pallier 3 grands axes : la pollution en générale et l'essentiel sur les procédés d'épuration ensuite ,tout ce qui concerne le polyacrylamide et en fin le processus que nous avons utiliser pour le traitement des eaux usées ; coagulation et floculation

✓ **Le second chapitre** résume le mode de synthèse utilisé pour préparer le polyacrylamide et différents caractérisations physiques.

✓ **Le troisième chapitre** va se concentrer sur la présentation du site de prélèvement de la station d'épuration l'ONA , le traitement effectué ainsi que les paramètres physico-chimiques sur l'eau usée prélevée directement de la station et le lixiviat aussi L'ensemble des résultats obtenus seront présentés dans ce chapitre

On termine notre manuscrit par une conclusion et perspectives suite aux résultats obtenus

### **Références bibliographiques**

- [1] **Dahou Aet Brek A** , lagunage aere en zone aride performance epuratoires cas de (region d'ouargla) , mémoire de master , Département des sciences et technologie , Université d'Ouargla, Année2013.
- [2] **Solène M et David et Milena S** , Traitement des eaux usées, CERES-ERTI ; 24 rue Lhomond 75005 Paris, Année 2013.
- [3] **Zeghoud M**, Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de méghibra , mémoire de master , Département des sciences et technologie ; Université D'EL –OUED, Année 2014.
- [4] **Djeddi H**, d'Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, Diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement, Année 2007.
- [5] **El alaoui R et Taoussi I**, L'impact du Chrome VI sur le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech, Eau et Environnement , licence en sciences et techniques,année2012-2013.
- [6].**FAO** (1989).
- [7] **Jean-Claude BOEGLIN** Ingénieur chimiste Docteur ès sciences, Directeur général de l'Institut de recherches hydrologiques-Environnement (IRH))
- [8]. **Perman CA**. U.S. Patent 5,071,587, 1991.
- [9]. **Gagneja M, Singh P**. Indian J Chem Technol; 2 (2) : 74 (1995).
- [10]. **Seybold CA**. Commun Soil Sci Plant Anal; 25(11–12):2171 (1994).
- [11]. **Azzam RAI**. Commun Soil Sci Plant Anal; 11(8):767 (1980).
- [12]. **Chabreck P, Lohmann D**. In Process for coating a material surface, Eur. Pat. Appl.;2001.
- [13]. **Marshall T, Williams KM**. Electrohporesis;12(7–8): 461 (1991).
- [14]. **Patras G, Qiao GG, Solomon DH**. Electrophoresis;21:3843 (2000).
- [15]. **Caulfield MJ, Purss HH, Solomon DH**. Electrophoresis;22:4297 (2001).

# Chapitre – I –

Etude bibliographique

## **I.1 Introduction**

La pollution de l'eau peut être d'origine naturelle, ou provenir d'activités humaines. Suivant l'origine des substances polluantes. On distingue : la pollution d'origine domestique, industrielle, agricole et pluviale. [1]

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage .La pollution des eaux dans son sens le plus large est définie comme tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physicochimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines. [2]

La forte croissance des besoins en eau, induite par l'accroissement démographique, l'évolution industrielle, émanant des secteurs domestiques industriels engendre des quantités de rejets d'effluent d'eau usée. Ces dernières sont rejetées dans la nature sans traitement ni épuration. Le rejet d'eau usée peut entraîner une pollution aussi bien des sols agricoles et la nappe d'eau potable à long terme

Les eaux usées sont celles qui ont été déjà utilisées par les différents utilisateurs. On distingue : Les eaux ménagères, les rejets des toilettes ou eaux "vannes", les eaux industrielles, les eaux de pluie, etc. Les eaux usées sont, en général, collectées dans les réseaux d'assainissement ou égouts, épurées dans des STEP avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

Dans ce chapitre on va décrire les différents types des eaux usées et les différentes techniques d'épuration.

## **I.2 La Pollution de l'eau**

### **I.2.1 Définition**

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées de matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certaines peuvent avoir un caractère toxique. A cette charge s'associent presque toujours des matières grasses et des matières colloïdales [3]. La contamination des eaux est un souci majeur pour la protection des écosystèmes et des ressources en eaux [4]. La pollution peut affecter directement l'homme, dans sa santé ou son environnement proche, elle peut aussi l'affecter indirectement à travers les chaînes alimentaires ou l'environnement plus lointain [5].

## I.2.2 Les différents types de pollution

Les causes de la pollution se sont étendues avec l'accroissement de la population et le développement accéléré des techniques industrielles modernes. Selon leur nature, on distingue divers types de pollution :

### I.2.2.1 La pollution chimique

La pollution chimique est due à l'entrée d'un élément (ou plusieurs) indésirable dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis. [6]

### I.2.2.2 Pollution organique

La pollution organique constitue souvent la fraction la plus importante d'autant plus que dans son acceptation la plus large, cette forme de pollution peut être considérée comme résultant de diverses activités (urbaines, industrielles, artisanales et rurales) chaque activité rejette des composés spécifiques biodégradables ou pas...[7].

### I.2.2.3 La pollution microbienne

La pollution microbienne résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau et qui sont responsables de beaucoup de maladies infectieuses [8].

<b>Germs</b>	<b>Organismes</b>	<b>Maladies</b>
Les bactéries pathogènes Entérobactéries Vibrions	Leptospires Mycobactéries Salmonelles Shigelles Colibacilles Vibrio coma	Tuberculoses Typhoïdes Dysenteries Choléra
Les virus	Entérovirus Réovirus Adénovirus Rota virus	Poliomyélite, méningite Affection respiratoires Diarrhée
Les parasites Les champignons	Taenia, ascaris	Lésions viscérales Eczémas, maladies de la peau

**Tableau I.01** : Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées [9].

#### **I.2.2.4 Pollution toxique**

La toxicité présente dans les eaux usées peut être organique ou minérale, les substances organiques toxiques sont entrés autres les pesticides, les hydrocarbures et les produits organiques de synthèse industriels (aldéhydes, phénols, produits azotes ...etc.). Les substances minérales toxiques sont : les sels à fortes concentration, les ions métalliques rejetés par les effluents industriels ... [10].

#### **I.2.2.5 La pollution thermique**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries...); ont une température de l'ordre de (70 à 80) °C. Elle diminue jusqu' à (40 à 45) °C lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène. [11].

#### **I.2.2.6 La pollution radioactive**

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (Certaines eaux d'origine profonde), ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosion nucléaire), des champs de rayonnements d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaires[3].

#### **I.2.2.7 La pollution par les hydrocarbures**

Les hydrocarbures sont divisés en deux groupes de substances :

- Les composés organiques volatiles (C.O.V) sont représentés surtout par les alcènes, les benzènes, le toluène. Ce sont des produits qui peuvent être déversés accidentellement dans le milieu naturel (par exemple par les fissures des réservoirs de stockage, enfouis-en sous sol).
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (H.A.P.), les hydrocarbures responsables de la pollution des eaux peuvent provenir de nombreuses sources :

Les effluents éliminés par l'industrie pétrolière, pétrochimie, les usines à gaz, les citernes, les réservoirs et les navires pétroliers.

### **I.2.3 Définition des déchets ménagers**

La loi de N° 01-19du 12-12-2001 relative à la gestion, au contrôle et l'élimination des déchets arrête les définitions des différents types de déchets comme suit :



### **I.2.3.1 Déchets**

Tous résidus d'un processus de production, de transformation du consommateur. La grande majorité des services chargés de la gestion des déchets des différents pays définissent les ordures ménagères comme un ensemble de résidus hétérogènes dans lesquelles on trouve :

Les détritiques de toute nature générés par les ménages (déchets de nourriture, de préparation de repas, balayures, textile, journaux....etc.).

Les déchets de bureaux, commerces, industrie et administrations, déchets des cours et jardins dans la mesure où ces déchets peuvent prendre place dans une limite à fixer, dans des récipients individuels ou collectifs au fin d'enlèvement par les services municipaux ;

Les crottins, fumier, feuilles mortes, bois de résidus du nettoyage et de balayage de la voirie, jardins, cimetières, parcs, etc. ; rassembles aux fins d'évacuation. Les détritiques de foire, souk et marchés, etc...

Les résidus des collectivités (écoles, hôpitaux....etc.), ainsi que les résidus des hôpitaux ayant un caractère ménager que l'on rassemble dans des récipients appropriés.

Tout objet abandonnée sur la voie publique, ainsi que les cadavres des petits animaux. Cette énumération exclue formellement :

- Les déblais, gravats, décombres et débris des chantiers de travaux publics et constructions.
- Les déchets industriels commerciaux.

Tous les objets qui en raison de leurs encombrements, poids ou nature, ne pourraient être chargés dans les véhicules de collectes [12].

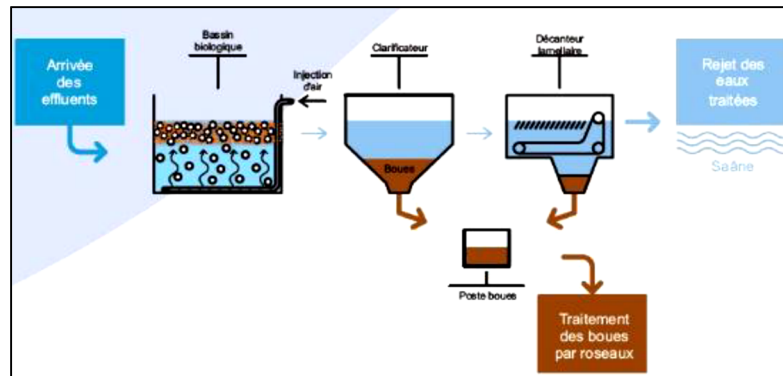
### **I.3 Lixiviats de décharges**

Le lixiviat provient de l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant bactériologiquement et chimiquement en substances minérales et organiques dissoutes ou en suspension [13]... Cette définition est très proche de celle adoptée par la législation européenne qui définit le lixiviat comme « tout liquide percolant à travers un dépôt d'ordures et contenu dans la décharge ou émis par celle-ci [14].

### **I.4 Les boues activées**

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobie le plus répandu. Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer. Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte) ; l'aération peut se faire à partir

de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène, voire même d'oxygène pur, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies. [15]. Dans le décanteur secondaire, la boue activée est séparée de l'eau purifiée. Une partie des boues activées séparée est réintroduite dans le bassin d'aération (boues de retour). La partie non réintroduite (boues en excès) est un résidu de ce procédé . [16].



**Figure I.01:** Schéma de principe d'une station d'épuration par boues activées [17].

## I.5 Les eaux usées et leur traitement

### I.5.1 Origine des eaux usées

L'une des conséquences de l'utilisation des eaux est la génération d'eaux usées dont la composition dépend de leur origine ou de leur nature.

On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaine constituées par les eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines. Toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. [18].

#### I.5.1.1 Origine domestiques

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines: urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension.

### **I.5.1.2 Origine agricole**

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux.

Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation)
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,..) [19].

### **I.5.1.3 Origine industrielles**

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui, tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. Il a été fait un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés....)
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...)
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...)
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....)
- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires....)
- Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propre liée aux produits chimiques transportés [18].

### **I.5.1.4 Les eaux de ruissellement**

Ce sont essentiellement les eaux de pluie et de lavage des chaussées. Les eaux de pluies sont caractérisées par un débit fortement variable, présentant des valeurs moyennes à fortes variations saisonnières à l'intérieur desquelles la répartition des débits est aléatoire.

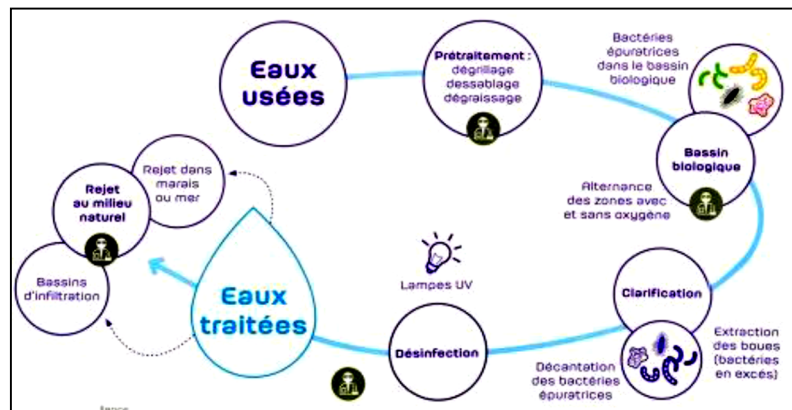
La pollution entraînée est maximale en début de précipitation. Elle correspond au lavage des toits et chaussées. Elle décroît ensuite fortement en cas de pluie persistante.

Les polluants sont en majorité des matières en suspension d'origine minérale, mais aussi des hydrocarbures provenant de la circulation automobile. On y trouve aussi des polluants de l'atmosphère (poussière, oxyde d'azote, oxyde de soufre, du plomb, etc) [20].

## I.6 Constituants et fractionnement d'une eau usée

La composition des eaux usées acheminées aux stations d'épuration en vue de leur traitement est complexe et variée. Les eaux sont définies en termes de compositions physique (température, pH, couleur, odeur, turbidité, ...), chimique (composés organique et inorganique variables) et biologique (microorganismes divers, bactéries et virus) [21].

## I.7 Traitement Des Eaux Usées



**Figure I.2 :** Schéma d'une chaîne de traitement des eaux usées [21]

Le traitement des eaux usées est réalisé par une série d'opérations unitaires, de nature physique et chimique, et de procédés biologiques. Les objectifs généraux des procédés biologiques sont de :

1. Transformer la matière dissoute et particulaire biodégradable en un sous produit acceptable pour l'environnement et/ou sa gestion
2. Capturer et incorporer les solides en suspension au sein d'un floc ou film biologique
3. Transformer ou éliminer les nutriments (azote et phosphore)
4. Eliminer dans certains cas des polluants spécifiques. Parmi les procédés biologiques, on compte sur les procédés de type boues activées

Le traitement des eaux usées fait appel à une combinaison de procédés d'ordre physique, chimique et/ou biologique. Chacune des étapes d'une chaîne de traitement des eaux usées est susceptible de contribuer à une production de boues d'une station dont il faudra

ultérieurement traiter et éliminer. Au sein des procédés à boues activées, les principales sources de boues proviennent des décanteurs primaire et secondaire pour les eaux municipales. [22]

La gestion, le traitement et la disposition des boues produites représentent jusqu'à 60% des coûts d'opération d'une STEP [23]

## **I.8 Caractérisation générale des effluents**

Pour la bonne définition d'une station de traitement des eaux résiduaires, il est nécessaire de pouvoir disposer des éléments suivants [24]

- Fabrications types, capacités et cycles, matières première consommées ;
- Composition de l'eau d'appoint à l'usine ;
- Possibilité de séparation des rejets et/ou de recyclages ;
- Volume journalier d'effluent par catégorie ;
- Débit horaire moyen, maximum (fréquence et durée par catégorie) ;
- Flux de pollution moyen, maximal (fréquence et durée) par catégorie de rejet et pour une pollution spécifique de l'industrie considérée [25]

La station d'épuration rassemble une succession de mécanisme pour traiter des eaux usées. Chacune de ces dispositifs est conçue pour extraire un ou plusieurs polluants.

L'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée [26]

Chaque étape de traitement est précisée pour la réduction de degré de polluants :

- Le prétraitement pour l'élimination de la pollution en suspension (MES granuleuse, les graisses, l'huile, le sable, les argiles et les gravillons) ;
- L'épuration physico-chimique pour l'élimination de la pollution colloïdale (MES fines), hydrocarbures en émulsion mécanique et chimique ;
- L'épuration biologique pour l'élimination de la pollution dissoute et biodégradable ;
- L'épuration tertiaire pour l'amélioration de l'élimination de l'azote, phosphore, les mauvaises odeurs et de satisfaire les normes de rejets (MES, DCO, DBO, pH, l'azote et le phosphore) dans les milieux biologiques [27].

## I.9 Etapes de traitement des eaux usées

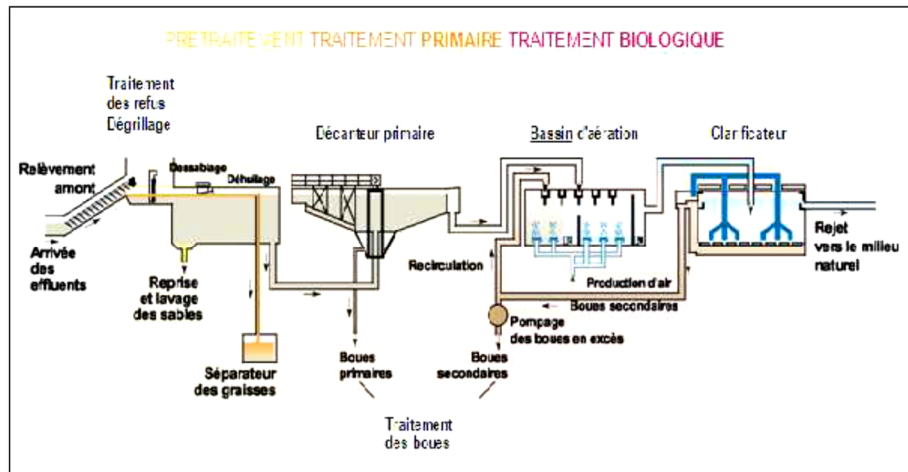


Figure I.3 : Schéma générale de différents traitement des eaux usées [28]

## I.10 Caractéristiques des eaux usées

### I.10.1 Paramètres Physiques

#### I.10.1.1 La Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels..... etc.

La température optimale pour l'activité des micro-organismes, épurateurs est comprise entre 20- 30c°, au-delà, la vitesse de réaction décroît rapidement et le floc bactérien se trouve rapidement épuisé en oxygène [18].

#### I.10.1.2 La matière en suspension (MES)

La pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10µm, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de 0,5 m/s . [29].

### I.10.2 Paramètres Organoleptiques

#### I.10.2.1 La Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la

présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale.

Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables : Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit) [29].

### **I.10.2.2 La Couleur**

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'onde courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. [29].

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quant les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. [18].

### **I.10.2.3 L'Odeur**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition.

Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler.[18].

## **I.10.3 Paramètres Chimiques**

### **I.10.3.1 Le potentiel Hydrogène (Ph)**

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en  $H_3O^+$  (noté  $H^+$  pour simplifier). De manière à faciliter cette expression; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion  $H^+$  : c'est le pH. [30].

$$pH = \log 1/ [H^+]$$

### **I.10.3.2 La Conductivité**

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. (REJSEK, 2002). La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup>.

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

$$1 \text{ S/m} = 104 \mu\text{S/cm} = 103 \text{ mS/m.}$$

### **I.10.3.3 La Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présente dans l'eau quelque soit leur origine organique ou minérale.

La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation. [18].

La DCO est la concentration, exprimée en mg.L-1, d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme. [29].

### **I.10.3.4 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épurateur et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. [18].

La demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO<sub>5</sub>) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques. [29].

## **I.10.4 Paramètres Bactériologiques**

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale ; certaines sont pathogènes, opportunistes ; une minorité est régulièrement pathogène [18].

### **I.10.4.1 Les Bactéries**

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau, Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 µm. La majorité de ces bactéries ne sont pas pathogènes.

Cependant, chez un hôte infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut être très important.

Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin, c'est-à-dire une grande quantité de matière carbonée et de nutriments,.. [31].



### **I.10.4.2 Les Virus**

Les virus sont des organismes de très petite taille (10 à 350 nm). Ils ne sont constitués que d'une molécule d'ADN ou d'ARN, entourée d'une capsid (coque protéique). Ne possédant ni noyau, ni capacité de synthèse, ce sont des parasites obligatoires d'une cellule vivante dont ils détournent, à leur profit, les systèmes enzymatiques, énergétiques et de synthèse. L'infection d'un individu par un virus hydrique se produit dans la majorité des cas par l'ingestion, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation. Les virus sont relativement spécifiques d'un hôte. Il existe des virus adaptés à chaque type d'hôtes (animaux, hommes, plantes, champignons, algues, bactéries). Les virus entériques transmis par ingestion sont, avec les virus respiratoires transmis par inhalation d'aérosols, les plus importants pour la santé humaine. [32].

#### **I.10.4.2.1 Les micropolluants organiques et non organiques**

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. Certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées [33].

### **I.11 Normes de rejets des eaux usées**

#### **I.11.1 Normes internationales**

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépassée ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive ou un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) pour les eaux usées. [34].

Caractéristiques	Normes utilisées(OMS)
pH	6.5-8.5
DBO5	<30mg/L
DCO	<90mg/L
MES	<20mg/L
NH4	<0.5mg/L
NO2	<1mg/L
NO3	<1mg/L
P2O5	<2mg/L
Température	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

**Tableau I.1** : normes de rejets internationales

### I.11.2 Normes de rejet appliquées en Algérie

Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides, définit un rejet comme tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides dans le milieu naturel. Ces mêmes valeurs viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire; le Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006. [35].

Paramètres	Unités	Valeurs limites
------------	--------	-----------------

Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1

**Tableau I.3** : Valeurs limites des paramètres de rejet dans Un milieu récepteur [35].

## I.12 LES POLYMERES HYDROSOLUBLES

La plupart des polymères sont insolubles dans l'eau, pour des raisons évidentes, concernant leurs applications. Il existe cependant une catégorie de polymères qui sont hydrosolubles.

### I.12.1 L'obtention des polymères hydrosolubles

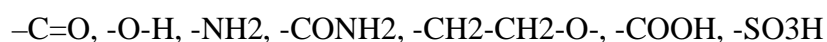
Les polymères hydrosolubles sont obtenus :

- Soit par synthèse à partir de monomères hydrophiles (par exp, le polyacrylamides),
- Soit par modification chimique (par ex par hydrolyse du poly (acétate de vinyle) conduisant à l'alcool polyvinylique) ;
- Soit par extraction à partir d'une substance végétale (plantes, algues) ou animale (crustacées, crêtes de coq....)

Il s'agit de polymères de biosynthèse mais dont les caractéristiques dépendent des conditions climatiques, de l'Age, ct ;

Soit par biosynthèse à l'aide de micro-organisme (bactéries ou champignons) : il est plus facile de contrôler les conditions de fermentation, d'isolement et de purification de ces polysaccharides ... [36].

Pour qu'un polymère soit hydrosoluble, il doit posséder des groupements polaires ou ionisables tel que :



**Figure I.4 :** Représentent quelques groupements polaires ou ionisables présents dans les polymères hydrosolubles.

### I.12.2 Quelques exemples de polymères hydrosolubles non-ioniques

poly (acrylamide), PAM.

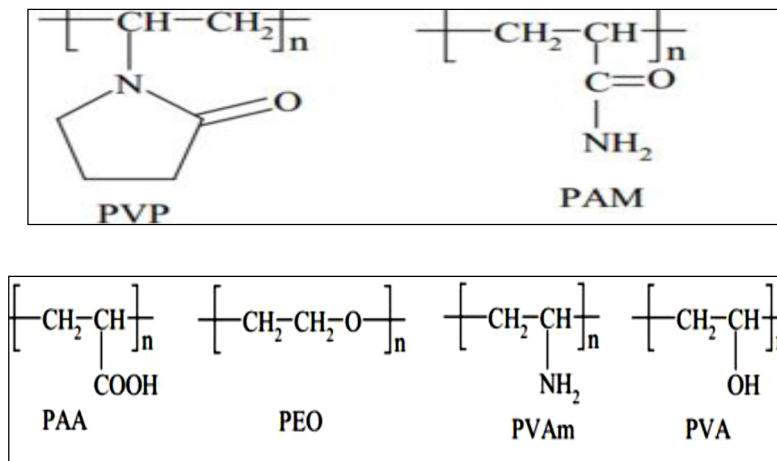
Poly (acide acrylique), PAA.

Poly (oxyde d'éthylène), PEO.

Poly (alcool vinylique), PVA.

Poly (N-vinyle pyrrolidone), PVP.

Poly (vinyle amine), PVAm



**Figure I.5 :** Structures de polymères hydrosolubles synthétiques

## I.13 LES POLYACRYLAMIDES (PAM)

### I.13.1 Rappel sur les Polyacrylamides (PAM)

Le terme de polyacrylamide est réservé pour les homopolymères non ioniques de l'acrylamide. Le polyacrylamide solide complètement sec est blanc, non toxique contrairement à son propre monomère. Commercialement, le polyacrylamide est disponible comme poudre de forme sphérique. Ces produits peuvent contenir des petites quantités d'additifs ce qui aide la stabilité et la dissolution de ce polymère dans l'eau. La présence des groupements amides (CONH<sub>2</sub>) dans les chaînes de polyacrylamide leur confère la solubilité dans l'eau et dans quelques autres solvants polaires, comme le glycérol, éthylène glycol ; et le formamide [37].

Etant également utilisés dans différents autres procédés industriels (floculation, etc....). l'étude de leurs propriétés a été l'objet de nombreux travaux

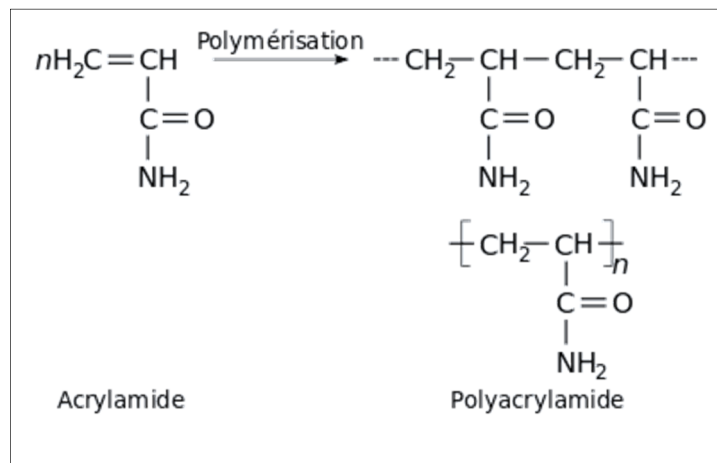
Les polyacrylamides présentent des grandes importances technique et académique, leurs plus grandes applications industrielles sont dues à leur solubilité dans l'eau. Les usages les plus importants de ces polymères sont des flocculants des minéraux, additifs en papier, agents épaississants, utilisés dans le domaine de la clarification des eaux résiduaires et la récupération assistée du pétrole . [38].

Il est généralement soluble dans la plupart des solutions salées

### I.13.2 Polymérisation de l'acrylamide

Le polyacrylamide se prépare par la polymérisation d'acrylamide, un nombre important des polyacrylamides a été préparé. L'acrylamide peut se polymériser dans certaines conditions, comme l'exposition à l'humidité, sous l'action de la chaleur ou des rayons ultraviolets, des ultrasons ; en présence d'initiateurs même sous forme de traces, comme les peroxydes et les persulfates. La réaction est exothermique et peut devenir dangereuse . [39].

La polymérisation de l'acrylamide conduit à des polymères à haut poids moléculaire, et les méthodes de synthèse ont été examinées. [40].



**Figure I.6 :** Polymérisation de l'acrylamide

#### I.13.2.1 Polymérisation anionique

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

La polymérisation en solution de l'acrylamide à haut pH, causée par les bases fortes, conduit à un polymère d'une structure totalement différente, par suite du réarrangement de la position de l'espace nucléophile, appelé poly (alanine) ou nylon-3 . [41].

### **I.13.2.2 Polymérisation radicalaire**

Cette réaction est extrêmement simple, qui donne généralement des chaînes de très grandes masses (3 à 8 millions), pas trop poly disperses ( $p \approx 2$ ). Le polyacrylamide issu de la polymérisation radicalaire de l'acrylamide est un solide amorphe de Tg de 188°C, cette valeur élevée étant due à la présence des liaisons hydrogène.

La polymérisation radicalaire de l'acrylamide peut se faire en utilisant plusieurs types d'initiateurs, comme les peroxydes . [42] .., les persulfates. [43], les composés azoïques. [44], les systèmes redox. [45],

Cette réaction montre une forte dépendance avec la température, pH, concentration du monomère et le milieu réactionnel [46].

### **I.13.2.3 Copolymérisation**

Les copolymères à base d'acrylamide présentent un intérêt capital dans plusieurs domaines.

L'acrylamide se copolymère avec un grand nombre de monomères vinyliques, citons la copolymérisation micellaire avec le N-octadécylacrylamide, en présence de dodécylsulfate de sodium (SDS), pour former les polyacrylamides associatifs modifiés hydrophobes.

[47]. Les copolymères d'acrylamide avec les monomères ioniques sont généralement solubles dans l'eau, mais ils présentent des propriétés différentes à celles du polyacrylamide neutre, la présence des unités monomériques chargées sur le copolymère provoque une expansion de la chaîne accompagnée d'un accroissement de la viscosité, à basse force ionique( effet poly électrolyte).

La copolymérisation de l'acrylamide avec les monomères zwitterioniques a connu un grand nombre d'études ... [48] , ces systèmes incluent simultanément des groupes chargés positivement et négativement qui leur confèrent des propriétés électriques importantes.

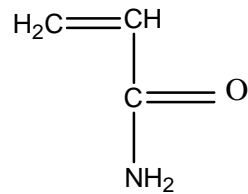
## **I.14 L'acrylamide**

### **I.14.1 Identification et généralité**

L'acrylamide  $C_3H_5NO$  ou le 2-propènamide, amide acrylique, monomère d'acrylamide, carboxamide d'éthylène possède les propriétés caractéristiques de la fonction amide (hydrolyse, déshydratation, estérification, condensation avec les aldéhydes) et celles du groupement vinylique (réaction d'addition, de polymérisation et de copolymérisation).

L'acrylamide peut également réagir dangereusement avec les agents oxydants ou réducteurs, les acides ou les bases.

D'autre part, il se décompose au-dessus de 175°C en donnant naissance à de l'oxyde et du dioxyde de carbone, de l'ammoniac et/ou des oxydes d'azote. [49]



**Figure I.7 :** Structure de l'acrylamide

L'acrylamide peut se polymériser en solution, en masse, en émulsion inversée, en suspension et par précipitation. Concernant la polymérisation, deux choix s'offraient à nous: Une polymérisation par voie anionique d'une part, et par voie radicalaire d'autre part.

### I.14.2 Propriété physico-chimiques de l'acrylamide

Formule chimique	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO	(Verschueren 2001)
Masse molaire	71.08	<b>(Verschueren 2001)</b>
Point de fusion	84.5 °C	<b>(Verschueren 2001)</b>
Point d'ébullition	192.6°C	<b>(Verschueren 2001)</b>
Densité	1.12g /mol à30 °C	(Budavari et al.2001)
Tensions de vapeur	0.9 pa à 25 °C 4.4 pa à 40°C 9.3 Pa à 50 °C	(Carpenter & Davise 1957)
Solubilité	2155 g /L à 30°C	<b>(Verschueren 2001)</b>

**Tableau I.4 :** Propriété physico-chimiques de l'acrylamide

## I.15 Coagulation – Flocculation

### I.15.1 But de la coagulation – flocculation

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques. La flocculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation. Donc, L'opération de coagulation-flocculation a pour but la croissance des particules (qui sont essentiellement colloïdales) par déstabilisation des particules en suspension puis formation de floccs par absorption et agrégation. Les floccs ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite [50].



### **I.15.2 Phénomène de la coagulation**

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les unes des autres et, par conséquence, à les stabiliser dans la solution. Le but principale de coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération. On peut obtenir cette déstabilisation par :

- a) Compression de la double couche
- b) Adsorption et neutralisation des charges
- c) Emprisonnement des particules dans un précipité
- d) Adsorption et pontage

### **I.15.3 Compression de la double couche**

Lorsqu'on rapproche deux particules colloïdales semblables, leurs couches diffuses interagissent et génèrent une force de répulsion. Il existe par ailleurs un potentiel d'attraction, ou force d'attraction, entre les particules. Ces force, appelées force de Van der Waals, dépend des atomes qui constituent les particules et de la densité de ces dernières.

Contrairement aux forces de répulsion, les forces de van der Waals ne sont pas affectées par les caractéristiques de la solution.

L'effet global, entre deux particules, est représenté par la résultante de ces deux forces,  $E$ , lorsque la distance qui sépare les particules est supérieure à une certaine distance critique, la force de répulsion l'emporte : les particules colloïdales en suspension sont continuellement en mouvement ; les particules dont l'énergie cinétique est suffisante pour surmonter le potentiel de répulsion s'agglomèrent, alors que les autres demeurent dispersées. Afin de favoriser l'agglomération des particules, on peut soit augmenter l'énergie cinétique des particules, soit réduire le potentiel de répulsion entre les particules. [50]

### **I.15.4 Coagulants utilisés**

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et pour produire un floc sont : le sulfate d'alumine,  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$ , l'aluminate de sodium,  $NaAlO_2$ , le chlorure d'aluminium,  $AlCl_3$ , le chlorure ferrique,  $FeCl_3$ , le sulfate ferrique,  $Fe(SO_4)_3$ , le sulfate ferreux,  $FeSO_4$ , le sulfate de cuivre,  $CuSO_4$ , et les polyélectrolytes. Les produits les plus utilisés pour la purification des eaux sont les sels d'aluminium et de fer. On a longtemps pensé que ces sels, libéraient des ions  $Al^{+3}$  et  $Fe^{+3}$  qui neutralisaient la force de répulsion entre les particules colloïdales et favorisaient ainsi la coagulation. On sait maintenant que les mécanisme qui entrent en jeu sont plus complexes et que les produits d'hydrolyse des sels d'aluminium et de fer sont des coagulants plus efficaces que les ions eux-mêmes. Lorsqu'on

additionne à l'eau les sels d'aluminium ou de fer, ces derniers réagissent avec l'alcalinité de l'eau et produisent des hydroxydes,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ou  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , insolubles et formant un précipité [50].

### **I.15.5 Facteurs influençant la coagulation**

Afin d'optimiser la coagulation, il faut tenir compte de plusieurs variables en interrelations, comme le pH, les sels dissous, la température de l'eau, le coagulant utilisé, les conditions de mélange, la turbidité et la couleur. Ces interrelations complexes interdisent actuellement toute approche théorique permettant de prédire quelle sont les concentrations optimales de coagulants.

#### **I.15.5.1 Influence du Ph**

Le pH est la variable la plus importante à prendre en considération au moment de la coagulation. Pour chaque eau, il existe une plage de pH pour laquelle la coagulation a lieu rapidement, plage qui est fonction du coagulant utilisé, de sa concentration et de la composition de l'eau à traiter. Lorsque la coagulation se produit hors de cette plage optimale, il faut soit augmenter la quantité de coagulant, soit se contenter d'une eau de moins bonne qualité. [51]

Pour les sels de fer et d'aluminium, les plages de pH optimales s'étendent respectivement de 4 à 6 et de 5 à 7. Pour certaines eaux, il faut parfois corriger le pH à l'aide de divers produits (acides, chaux ou soude). Pour abaisser le pH, il est plus avantageux, dans certains cas, d'augmenter la quantité de coagulant.

Lorsque le pH est optimal, les produits solubles d'aluminium ou de fer sont pratiquement inexistantes.

#### **I.15.5.2 Influence des sels dissous**

Les sels contenus dans une eau exercent les influences suivantes sur la coagulation et la floculation :

- a) Modification de la plage de pH optimale
- b) Modification du temps requis pour la floculation
- c) Modification de la quantité de coagulant requis
- d) Modification de la quantité résiduelle de coagulant dans l'effluent.

On a constaté que l'addition d'ions sulfates,  $\text{SO}_4^{2-}$ , élargissait la plage de pH optimale vers l'acidité, alors que l'addition d'ortho phosphates, sans l'élargir, la plage de pH optimale vers l'acidité. A partir d'observations expérimentales, on peut par ailleurs affirmer que :

- a) La coagulation à l'aide de sels d'aluminium ou de fer est davantage affectée par les anions que par les cations. Ainsi, les ions sodium, calcium et magnésium exercent une influence minime sur la coagulation
- b) Les anions élargissent vers l'acidité la plage de pH optimale. Cette influence est d'autant plus marquée que la valence des anions est élevée.

### **I.15.5.3 Influence de la température de l'eau**

On dispose de peu d'informations en ce qui concerne l'influence de la température de l'eau sur la coagulation. Toutefois, l'expérience révèle que durant l'hiver, lorsque la température de l'eau avoisine 0°C, le floc se décante plus difficilement et a tendance à pénétrer plus profondément dans les filtres. Une diminution de la température de l'eau entraîne une augmentation de sa viscosité; c'est ce qui explique les difficultés de décantation du floc. De plus, pour une même vitesse de filtration, les forces de cisaillement qui s'exercent sur le floc sont plus importantes, ce qui en favorise le bris et l'entraînement dans le filtre. On constate en outre que la plage de pH optimale se rétrécit. On peut surmonter de diverses manières les difficultés dues à une diminution de la température de l'eau:

- a) On effectue la coagulation dans la plage de pH optimale pour cette eau à cette température.
- b) On augmente la quantité de coagulant, ce qui a pour effet d'accroître la probabilité de collisions entre les particules et d'élargir la plage de pH optimale.
- c) On augmente la turbidité de l'eau (par addition de glaise), afin d'alourdir le floc, ou on ajoute un aide-coagulant (silice activée ou poly électrolyte) pour alourdir et renforcer le floc.

### **I.15.5.4 Influence du coagulant**

Le choix du coagulant peut influencer les caractéristiques de la coagulation. Ainsi, même si l'alun est le coagulant le plus fréquemment utilisé, il peut être avantageux de le remplacer par du sulfate ferrique. Ce dernier procure en effet à plusieurs eaux une plage de pH optimale plus large que celle due à l'alun. De plus, pour un même pH élevé, le sulfate ferrique est moins soluble que l'alun. On ne peut choisir un coagulant et en déterminer la concentration optimale, pour une eau donnée, qu'après avoir effectué des essais en laboratoire.

La théorie qui explique les différents mécanismes de déstabilisation des particules colloïdales n'est pas suffisamment développée pour qu'on puisse résoudre un problème aussi complexe. Cette théorie est cependant très utile aux moments de la planification des essais de laboratoire et de l'interprétation des résultats obtenus.

### **I.15.5.5 Influence du mélange**

Au cours de la coagulation et de la floculation, on procède au mélange des produits chimiques en deux étapes. A la première étape, le mélange est énergique et de courte durée (120s au maximum) : c'est le mélange rapide. Ce mélange a pour but principal de disperser les produits dans la totalité du volume d'eau à traiter. On effectue le mélange rapide en injectant les produits chimiques dans une zone de forte turbulence ou en utilisant des équipements de mélange mécanique. Un mélange rapide inadéquat entraîne en général un accroissement de la quantité de produits chimiques nécessaires.

A la deuxième étape, le mélange est lent et il a pour but de favoriser les contacts entre les particules de floc, de turbidité et de couleur. Cependant, le mélange doit être suffisamment énergique pour engendrer des différences de vitesse de l'eau dans les bassins, mais pas trop. En effet, risquent de briser ce dernier, même si la durée du mélange dans un bassin de floculation peut n'être que de 10min (elle varie en général de 30 à 60min).

### **I.15.5.6 Influence De la turbidité**

La turbidité des eaux de surface est en grande partie due à la présence de particules de glaise dont le diamètre varie de 0,2 à 0,5µm. Il s'agit donc de grosses particules colloïdales qui peuvent se déposer naturellement. La coagulation de ces particules est assez facile à réaliser lorsqu'on maintient le pH dans sa plage optimale. On peut faire par ailleurs les constatations générales suivantes :

**a)** Il faut ajouter une concentration minimale de coagulant pour obtenir une certaine quantité de floc.

**b)** Lorsque la turbidité augmente, il faut augmenter la concentration de coagulant.

L'augmentation de la quantité de coagulant ne varie toutefois pas de façon linéaire en fonction de l'augmentation de la turbidité.

**c)** Lorsque la turbidité est très élevée, la quantité de coagulant nécessaire est relativement faible, car la probabilité de collision entre les particules est très élevée. Par contre, lorsque la turbidité est faible, la coagulation est difficile.

**d)** La matière organique adsorbée sur les particules de glaise n'exerce aucune influence sur la quantité de coagulant nécessaire.

**e)** Lorsque la turbidité est due à des particules de diamètres variés, il est plus facile d'effectuer la coagulation que lorsqu'elle est imputable à des particules de diamètre sensiblement égaux.

**f)** La coagulation d'une faible concentration de particules de glaise dépend principalement du coagulant et de la composition chimique de l'eau.

g) Il est toujours plus difficile de coaguler les eaux contaminées par des eaux d'égout domestiques et industrielles, car elle exigent des concentrations de coagulant plus importantes que les eaux non contaminées. [50]

### **I.15.5.7 Coagulation de la couleur**

En général, la couleur d'une eau est due à la décomposition de matières organiques contenues dans l'humus des sols. Elle dépend donc d'une grande variété de composés organique, dont les substances humiques, lesquelles sont des polymères dont la masse moléculaire varie de 800 à 50000.

Des études ont révèlent que 90% des particules responsables de la couleur avaient un diamètre supérieur à 3.5 nm ; ces particules sont donc des particules colloïdal-les beaucoup plus petites que les particules de glaise responsable de la turbidité (rappelons que le diamètre des particules de glaise est de l'ordre 1µm).La plus part des particules responsable de la couleur possèdent des charge négatives à leur surface, dont l'intensité dépend du degré d'ionisation et du pH de l'eau.

En résumé, on peut dire que les particules responsables de la couleur sont de natures organiques, hydrophiles, petites et chargées négativement. Les mécanismes qui permettent l'élimination de la couleur ne sont pas les mêmes que ceux utilisés pour celle de la turbidité.

La quantité de coagulant requise est fonction de la couleur initiale : pour un pH optimal, la couleur résiduelle décroît proportionnellement avec l'augmentation de la quantité de coagulant utilisée .Le pH optimale pour l'élimination de la couleur varie entre 4 et 6 , alors que le pH optimal pour celle de la turbidité varie entre 6,5et 7,5 .Le pH optimal pour l'élimination de la couleur étant faible , on doit , dans certains cas , le relever avant la filtration , afin de faire précipiter les composés de fer et d'aluminium , qui sont solubles à des pH faibles. [50]

### **I.15.6 Phénomène de la floculation**

#### **I.15.6.1 Théorie de la floculation**

Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres, c'est la floculation.

Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers .La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts les particules, lesquelles sont provoquées par la différence de vitesse entre ces particules. [52]

### **I.15.6.2 Nature des flocculants**

Les flocculants sont des composés agissant par pontage. Il s'agit de polymères à haut poids moléculaire présentant des groupes réactionnels de charge inverse de celle de la suspension à traiter. On distingue des flocculants naturels et synthétiques.

Les polymères synthétiques se répertorient en polyanions, polycations, non ioniques et amphotères. Ce sont des polymères de type polyacrylate. Toutes ces molécules se définissent par leur poids moléculaire (PM). Un PM élevé est caractéristique de polymères à longue chaîne. Les polymères chargés, ou polyélectrolytes, se définissent également par leur densité de charge (DC). De nombreuses charges électriques neutralisantes procurent une forte DC.

On distingue comme flocculants naturels, ceux de nature organique comme l'alginate ou aqualgine extraits des algues et l'amidon G 60 issu de la pomme de terre ou du tapioca et ceux de nature minérale telles que lac silice activée, l'alumine et la bentonite. *Laminaria digitata* est l'algue la plus utilisée pour la production d'alginate

Les flocculants synthétiques sont très nombreux. On peut obtenir des fabricants la formule que l'on désire. [52]

### **I.15.6.3 Processus de la floculation**

Les polyanioniques agissent par pontage en association avec les cations bivalents du milieu tels que les ions  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^{+2}$ . Dans ce cas, le titre hydrotimétrique de l'eau est essentiel. On ne l'ajoute qu'en fin de floculation lorsque les microflocs sont formés.

Les polycationique agissent directement par leurs charge positive. Elle neutralisent les charge primaires des colloïdes qui ont échappé au coagulant. Il faut les ajouter juste après la phase d'agitation rapide (coagulation).

On considère que l'adsorption de la chaîne de polymère sur la surface du colloïde est solide quand au mois 50% de cette surface est occupée par 70% de la longueur des molécules de flocculant. Les 30% restants forment des boucles et des queues qui réalisent le pontage intercolloïdes. Pour respecter cette condition, la chaîne de polymère doit présenter un PM élevé et une DC faible. Dans le cas contraire, les molécules de flocculant sont trop courtes et trop riches en charges. En conséquence, 100% du polymère s'adsorbe à plat sans boucles déstabilisée grâce à leurs acides  $\alpha$ -L-guloniques et  $\beta$ -D-mannuroniques. L'effet de pontage est renforcé par les ions  $\text{Ca}^{2+}$  qui permettent la formation d'un réseau maillé.

On appelle traitement primaire physico-chimique la mise en œuvre de coagulant dans le traitement des eaux usées. La demande chimique en oxygène (DCO) d'une eau résiduaire se répartit dans les proportions de 1/3 de MES décantations, de 1/3 de colloïdes et 1/3

granulométrique .L'addition d'un coagulant provoqué un transfert de la population granulométrique. Les colloïdes de taille comprise entre 1nm et 1µm flocculent pour donner des particules dont le diamètre entre dans la fourchette 1µm-1mm. Leur vitesse limite de sédimentation frôle alors 30 m.h-3. Leur décantation ne pose plus de problèmes. L'évolution de la répartition relative des populations granulométriques permet d'évaluer avec précision l'efficacité du traitement. L'eau brute présente une valeur en DCO de 350 g.m-3 avec la répartition précédente. Une décantation primaire élimine une grande partie des MES. Les composés solubles et colloïdaux voient leur proportion augmenter. Seul un traitement physicochimique alliant coagulation, élimine la fraction colloïdale. La DCO de l'eau décantée est réduite de 70% pour atteindre 100 g.m-3. [52]

## **I.15.7 Technologie de la coagulation –floculation**

### **I.15.7.1 Stratégie**

Il faut associer dans un temps assez court, deux phases distinctes et Incompatibles. En effet, les conditions de mise en œuvre de la coagulation sont différentes de celle de la floculation .On distingue les deux phases suivantes :

- 1 ère phase : mélange rapide et vigoureux.
- 2 ème phase: mélange lent.

Dans un premier temps, un mélange rapide est nécessaire pour disposer les additifs dans la totalité du volume d'eau à traiter .L'injection se fait dans une zone de turbulence créée par des chicanes ou par des mélange mécanique avec des pales ou hélices .La deuxième phase favorise les contacts entre les particules de floc sans les léser .Le mélange doit être néanmoins assez énergétique pour engendrer des différences de vitesse dans le bassin nécessaire à la rencontres des particules . [53]

### **I.15.7.2 Choix du coagulant**

Les critères de choix d'un coagulant sont nombreux .Son efficacité à réduire la couleur, la turbidité et les matières organiques d'une eau est essentielle .On ne peut, néanmoins, négliger son prix et les effets secondaires comme les fuites en  $Fe^{3+}$  et  $Al^{3+}$ . Il faut savoir que le chlorure ferrique contient du manganèse sous forme de  $Mn^{2+}$  à raison de 0,057 g pour 100 g de coagulant .Le traitement d'eau chargée en matières organiques exige du chlorure ferrique .Les coagulants à base de sels d'aluminium permettent d'obtenir une eau traitée très faible en turbidité .La vérification de la dose de coagulant à mettre en œuvre passe par le JAR-TEST .En analyse continue , la quantité de matières organiques déterminée à 254 nm , permet d'obtenir le taux optimum de traitement du coagulant. [52]

---

<b>Nom commercial</b>	<b>Masse molaire</b>	<b>Densité</b>	<b>Forme</b>	<b>Formule</b>	<b>Apport en M2O3</b>	<b>Remarque</b>
<b>Sulfate d'alumine</b>	666	-	solide	$Al_2(SO_4)_3, 18 H_2O$	17 à 18	Poudre irritante

**Tableau I.5** : Caractéristique d'un coagulants . [52]



---

## Références bibliographiques

- [1] BENMOUSSA S et GASMI I , Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara) , Université de Echahid Hamma Lakhdar El Oued, Année **2015**
- [2] Borsali R. Macromol Chem Phys; 197: 3947 **1996**
- [3] EMILIAN, **2004**
- [4] OULD KANKOU, **2004**
- [5] REGENT, **2004**
- [6] CHERIF, **2009**
- [7] Allouai K, Modélisation hydraulique d'un bassin d'aération des stations d'épuration des eaux usées, mémoire de magister, d'état Hydraulique, Université Badji Mokhtar-Annaba, Année **2009**
- [8] BELHADJ, **2001**
- [9] LADJEL, **2010**
- [10] Abibsi N ,Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoepuration ) pour l'irrigation des espaces verts application á un quartier de la ville de Biskra , mémoire de magister , Université Mohamed Khider – Biskra , Année **2011**).
- [11] A. MIZI , Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles , Thèse de doctorat , Université de Badji Mokhtar Annaba Année **2006**.
- [12] F. Candau, Z. Zekhnini, and F. Heatley, thèse Macromolécules 19, 1895–1902 **1986**. (Thèse pour obtenir le titre de Docteur en Sciences ; Devenir des flocculants à base de polyacrylamide dans un site de granulats) .
- [13] Matejka, 1995 ; Brula et al., 1995 ; Thonart et al., **2002**
- [14] Art 2(i) Directive Européenne sur les décharges, adoptée le 27 avril **1999**.
- [15] PNUE / OMS, Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague, Année **1979**.
- [16] Gerätebau GmbH Hanskampring , La gamme complète des équipements GUNT pour les opérations unitaires de traitement de l'eau , étude et conseil • ;service technique , mise en service et formation , Barsbüttel • Allemagne.
- [17] <http://www.siaepa-yerville.fr/lassainissement-collectif/les-stations/le-fonctionnement-de-la-station-depuration-de-yerville-bourdainville>

- 
- [18] RODIER , 2005
- [19] GROSCLAUDE, 1999
- [20] MELIANI, 2011.
- [21] Metcalf & Eddy 2003
- [22] Asia, 1999.
- [23] Low & Chase, 1999; Ramakrishna & Viraraghavan, 2005; Wei, et al., 2003.
- [24] Delporte, 2007
- [25] Koller, 2004
- [26] Koller, 2009.
- [27] Berné et Cordonnie, 1991.
- [28] Aussel et al.2004.
- [29] REJSEK 2002.
- [30] MATHIEU et PIELTAIN, 2003.
- [31] Baumont S, Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Îlede- France, stagiaire ; École nationale supérieure agronomique de Toulouse (ENSAT), Jean-Philippe CAMARD, Agnès LEFRANC, chargés d'études à l'ORS et Antoine FRANCONI ; chargé d'études à l'IAURIF ; D'ILE-DE-France.
- [32] Vandermeersch S, Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes , en vue de l'obtention du grade académique de diplômé d'Etudes Spécialisées en gestion de l'environnement , Université libre de Bruxelles, Année 2005-2006 .
- [33] Djeddi H, d'Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, Diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement, Année 2007.
- [34] Rahou K , Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'ELkerma ORAN , mémoire de master ,faculté de chimie , Université d'Oran ,Année 2014
- [35] Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.
- [36] Rinaudo M., Auzely .R, Mazeau K., Polysaccharides and carbohydrate polymers ,Encyclopedia of polymer Science and Technology , Jhon Wiley &Sons ,2004,11 ,p.200). ... (Rinaudo M., Advances in characterization of polysaccharides in aqueous solution and gel state Polysaccharides : Structural Diversity and Functional Versatility ,S . Dimitriu (Ed) ,M.Dekker,2004, 8,p. 237).
- [37] P.J.Flory,Principles of polymer chemistry,Cornell University Press,Ithaca, N.Y.1953.

- [38] Kapoor, J. N., and Mathur, D. P. *Fert. News*, 28(4): 40 (1983) .....(Pfefferkorn, E. J. *Colloid Interface Sci.*, 216(2): 197 **1999**.
- [39] Davis, G., Characterization and characteristics of degradable polymer sacks. *Materials Characterization*, **2003**. 51(2-3): p. 147-157.
- [40] W. M. Kulicke, R. Kniewske, and J. Klein, *Prog. Polym. Sci.* 8, 373–468 **1982**.
- [41] Morgenstern, U., and Berger, W. *Makromol. Chem.*, 193(10): 2561 (1992). 24] M. Ajmal, J. Rawat, M. A. Quraishi, *Br. Corros. J.*, 34: 220, **1999**.
- [42] S. Kertit, B. Hammouti, *Appl. Surf. Sci.*, 93: 59, **1996**.
- [43] March, J. (1992) *Advanced Organic Chemistry Reactions, Mechanisms and structure*. Fourth Edition, John Wiley & Sons, New York, p. 419-424.
- [44] S. A. Abd El-Maksoud, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 3: 528, (2008)..... (A. Chetouani, B. Hammouti, A. T. Benhadda, M. Daoudi, *Appl. Surf. Sci.*, 249: 375, **2005**.
- [45] (Morgenstern, U., and Berger, W. *Makromol. Chem.*, 193(10): 2561 (1992)).....(M. Ajmal, J. Rawat, M. A. Quraishi, *Br. Corros. J.*, 34: 220, **1999**.
- [46] K. F. Khaled, *Electrochim. Acta.*, 48: 2493, **2003**.
- [47] Bruno Grassl, Zhuoyan Zhu, Ouyang Jian, Sabrina Paillet, Jacques Desbrières, *European Polymer Journal* 43 : 824–834 **2007**.
- [48] Bruno Grassl, Jeanne Francois and Laurent Billon. *Polym Int* 50 : 1162-1196 (2001)). ....(ERICH E. KATHMANN and CHARLES L. MCCORMICK. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, Vol. 35 : 243-253 **1997**.
- [49] Pfefferkorn, E. J. *Colloid Interface Sci.*, 216(2): 197 **1999**.
- [50] Raymond Desjardins; « le traitement des eaux » édition de l'école polytechnique de Montréal, **1997**.
- [51] Héctor Ricardo Hernández De León ; « Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable», Thèse de doctorat à l'institut nationale des sciences appliquées de Toulouse, Année 2006.
- [52] Claude Cardot ; « les traitements de l'eau», Procèdes physico–chimiques et biologique - cours et problèmes résolus – Edition Marketing.S.A.**1999**.
- [53] Degrémont ; *Mémento technique de l'eau* ; 9e édition **1989**.

# Chapitre – I I –

*Synthèse et caractérisations du PAM*

## **II.2.L'objectif**

L'objectif de cette étude est de faire un traitement des eaux usées à l'aide d'un polymère (PAM) synthétisé au niveau de laboratoire ,et de faire une étude comparative des résultats des analyses chimiques du traitement entre le polyacrylamide et un polymère obtenue de (STEP : station d'épuration des effluents de wilaya de TIARET) pour tester l'efficacité de chaque polymère .D'autre part on veut déterminer l'influence de polymère X sur le séchage de boue activée puisque au niveau de la station il est utilisé pour tel et nous avons pensé a l'utiliser pour le traitement des eaux usées si il donne des résultats vis à vis de l' épuration de nos prélèvements .

## **II.3.Lieu de travail**

Nous avons réalisé notre travail au niveau du laboratoire de station de surveillance de la willaya de Tiaret (L'observation national de l'environnement et du développement durable ONEDD) , et du laboratoire de chimie du département de chimie ,faculté des sciences de la matière , université IBN KHALDOUN Tiaret, durant la période du mois de décembre au mois juin 2019.

## **II.6. La synthèse de polyacrylamide (PAM)**

### **II.6.1.Introduction**

Le polyacrylamide se prépare par la polymérisation d'acrylamide, un nombre important des polyacrylamides a été préparé. L'acrylamide peut se polymériser dans certaines conditions, comme l'exposition à l'humidité, sous l'action de la chaleur ou des rayons ultraviolets, des ultrasons en présence d'initiateurs même sous forme de traces, comme les peroxydes et les persulfates. La réaction est exothermique [1]La polymérisation de l'acrylamide conduit à des polymères à haut poids moléculaire, et les méthodes de synthèse ont été examinées [2] ,cette polymérisation, deux choix s'offraient à nous: Une polymérisation par voie anionique d'une part, et par voie radicalaire d'autre part.

### II.1.2.Mode opératoire

on lance une réaction de 24 heures dans un montage à reflux, et sous une température de 60°C ,on mélange 5g de monomère (acrylamide) avec 0.05g de Bis-acrylamide et 0.01g de peroxyde de benzoyle avec 10ml de THF(tetrahydrofurane),dans un ballon , lequel est équipé d'un système d'agitation expérimental illustré dans **la figure II.1** , après 24 heure on verse le produit dans un Becher qui contient 50ml de l'Heptane sous une agitation magnétique jusqu'à la précipitation de polymère qui est récupéré après une Filtration sous vide, le(PAM) va être sécher à l'air libre, après le séchage complet et le broyage on aura une poudre blanche cristalline



**Figure II.1** : Le montage expérimental de la synthèse de polyacrylamide



**Figure II.2:** Le polyacrylamide synthétisé

## La solubilité de PAM

L'acrylamide se présente sous la forme de cristaux blancs pailletés, inodores, qui se subliment lentement à la température ambiante [3].

Il est très soluble dans l'eau (215.5 g / 100 ml à 30°C) et soluble dans de nombreux Solvants organiques.

Pour tester la solubilité de PAM on a utilisé des différents solvants disponibles au niveau de laboratoire de chimie, les résultats sont les suivants :

<i>Solvant</i>	<b>Solubilité de polyacrylamide</b>
<i>Acétone</i>	-
<i>Heptane</i>	-
<i>DI chloroforme</i>	-
<i>Ethanol</i>	-
<i>THF</i>	-
<i>Eau</i>	+
<i>DMSO</i>	+
<i>DMF</i>	+

**Tableau : II.1** Test de solubilité de polyacrylamide

### II.1.2.Caracterisation physique du polyacrylamide

#### II.1.2.1.Resonance magnétique nucléaire

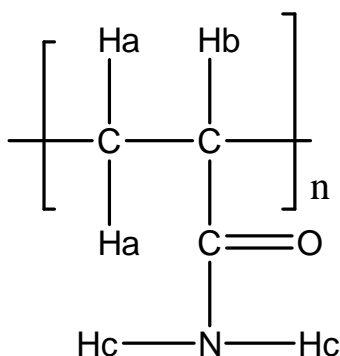
##### ▮ Principe et méthodes

La spectroscopie de Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) est basée sur les propriétés magnétiques de certains noyaux atomiques. Tous les noyaux atomiques possèdent une charge en rotation, décrite par son terme de spin nucléaire. Certains noyaux ne sont pas observables en RMN car ils n'ont pas de propriétés magnétiques. Lorsqu'on soumet une molécule à un champ magnétique externe, ce champ agit non seulement sur les spins nucléaires, mais en même temps il induit dans un plan perpendiculaire à sa direction, une circulation des électrons autour du noyau. D'où l'existence d'un champ magnétique interne. Ce

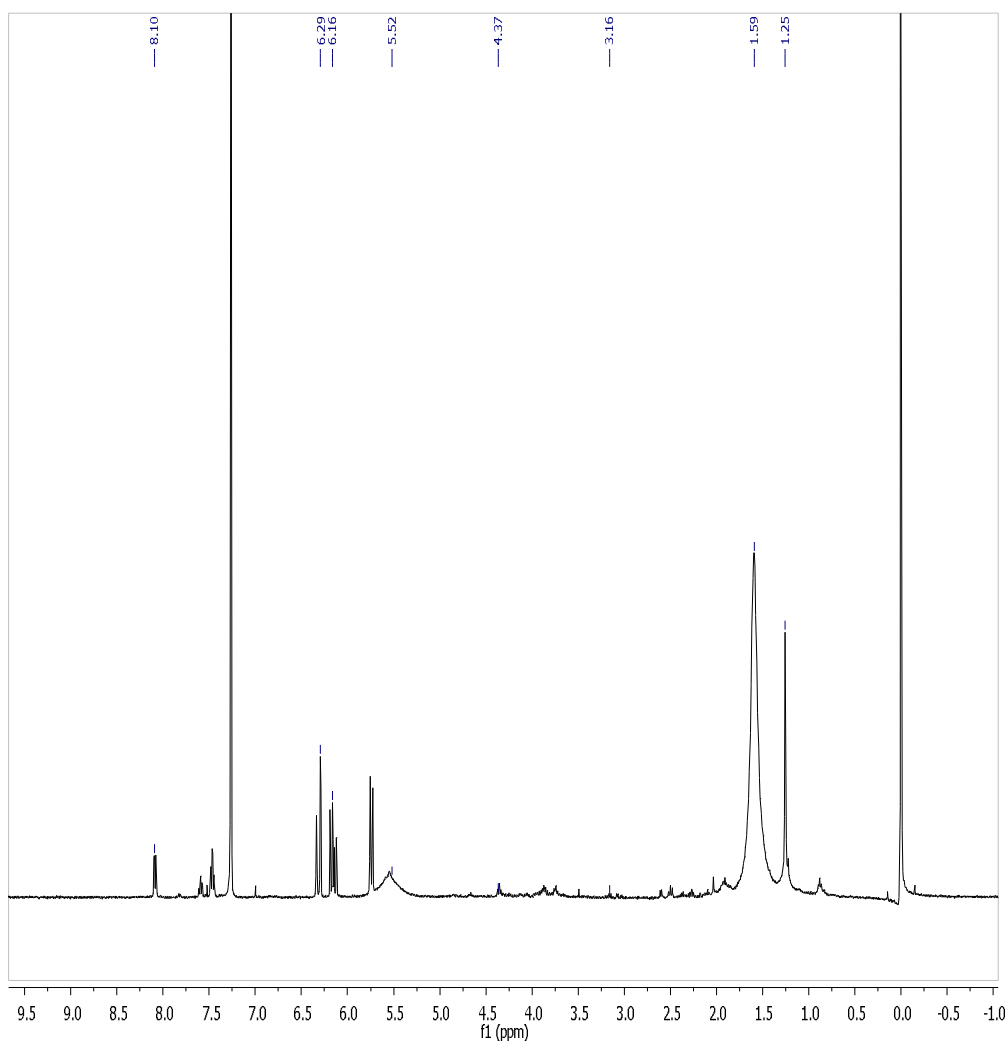
dernier peut s'ajouter au champ extérieur : c'est le phénomène de dé blindage ou s'opposer au champ extérieur : c'est le phénomène de blindage ou d'écran. Plus le blindage est intense, plus le noyau doit être soumis à un champ extérieur fort pour que se produise la résonance. Ceci se traduit par un déplacement des pics de résonance vers la droite du spectre. L'inverse dans le cas du dé blindage. L'intensité du blindage ou du dé blindage dépend donc de l'environnement du noyau. Si les protons ont le même environnement chimique ils résonnent à la même valeur du champ : ils sont dits équivalents. Pour apprécier quantitativement le blindage que subit un proton, on utilise une référence, par exemple le signal que donnent les protons du tétraméthylsilane - TMS -  $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$ . Cet étalon interne présente de nombreux avantages : les 12 protons ont le même environnement chimique et fournissent un seul signal.

Il est utilisable en faible quantité car son signal est intense et sa résonance a lieu à champ plus fort que dans la plupart des cas donc son signal est bien séparé des autres et à l'extrême droite de l'enregistrement, il présente une grande inertie chimique vis-à-vis de la grande majorité des échantillons. Il est très volatil ( $T_{\text{eb}} = 20^\circ\text{C}$ ) et s'évapore facilement de l'échantillon. Pour un proton, l'écart entre la valeur du champ pour lequel il résonne et cette origine constitue son déplacement chimique par rapport au TMS. Cette différence peut être exprimée soit en unités de fréquences (Hertz) soit avec une grandeur sans unité appelée le déplacement chimique ( $\delta$ )

Qui s'exprime en ppm parties par million [4].





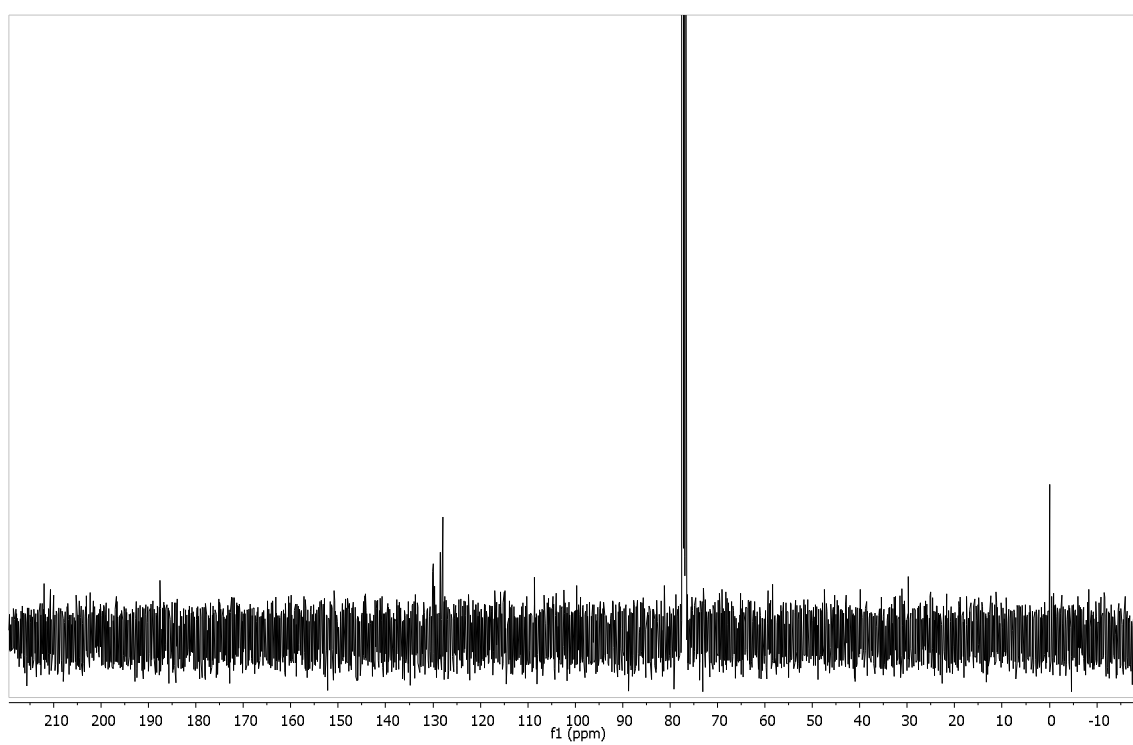
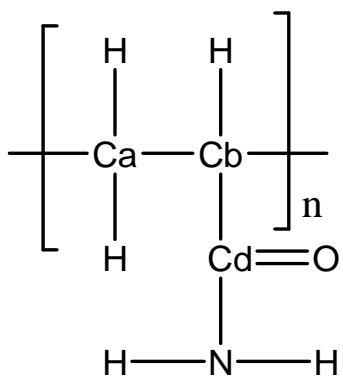


**Figure II.3 :** Spectre RMN  $^1\text{H}$  du polyacrylamide

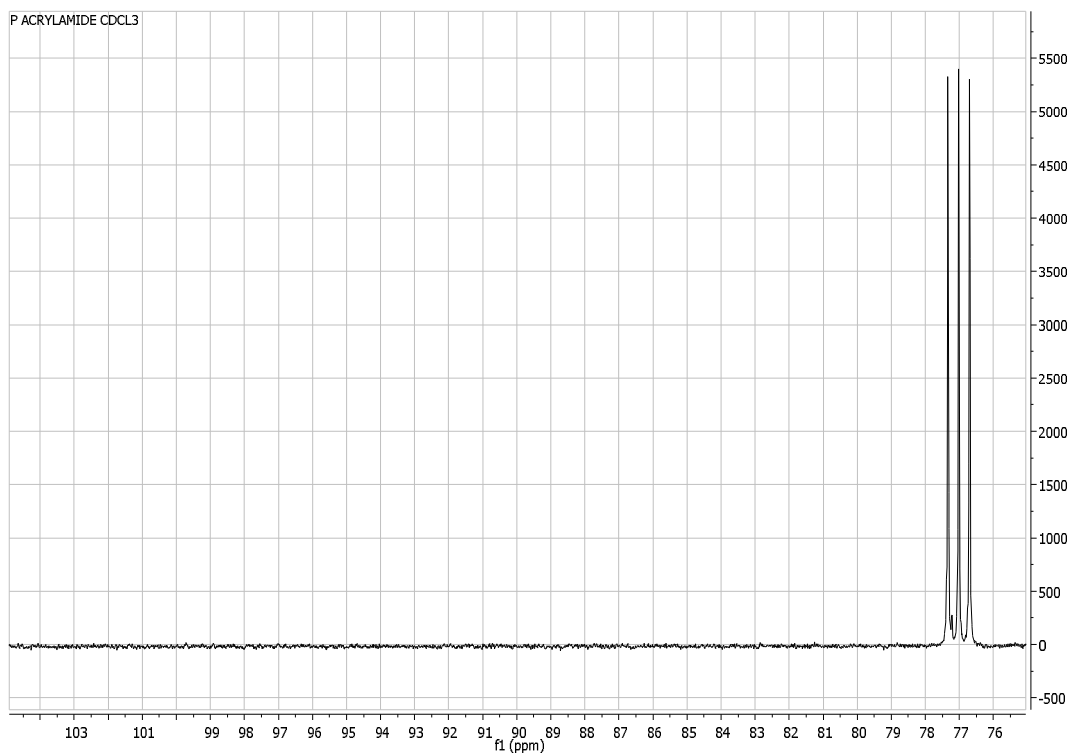
L'analyse du spectre de résonance magnétique proton montre la présence de plusieurs signaux par contre la structure montre trois hydrogènes à environnement différents ceci est dû à la présence des impuretés dans l'échantillon analysé.

Les principaux déplacements chimiques attribués aux hydrogènes sont comme suit :

Déplacement chimique	Hydrogène de la structure
1.25 ppm	Ha
1.59 ppm	Hb
8.10 ppm	Hc



**Figure II.4 :** Spectre RMN 13C du polyacrylamide



**Figure II.5 :** Spectre RMN 13C zoomé du polyacrylamide

Le spectre RMN 13C montre la présence des pics caractéristiques des carbones à environnement différents de la structure du polyacrylamide selon le tableau suivant :

Déplacement chimique	Carbone de la structure
76.15 ppm	Ca Spectre zoomé
77.15 ppm	Cb Spectre zoomé
120.5ppm	Cd
77ppm	Solvant

L'analyse spectroscopique est en accord avec la structure préconisée néanmoins nous avons noté la présence de beaucoup d'impuretés

## **II.1.2.LA Spectroscopie infra- rouge a la transformée de fourier**

### **II.1.2.1.Rappels théoriques**

#### **Introduction**

La spectrométrie infrarouge est devenue une technique d'analyse de routine dans de très nombreux laboratoires industriels. Ses possibilités d'applications se sont en effet largement développées depuis l'apparition sur le marché des spectrophotomètres à transformée de Fourier.

La spectrophotométrie infrarouge est une technique de routine d'identification des polymères. Généralement, on n'opère pas par interprétation directe des différentes bandes du spectre, mais par comparaison avec des spectres de référence de produits connus, en se basant toutefois sur quelques bandes caractéristiques que peut présenter le spectre de l'échantillon à identifier. Cette opération peut, dans certains cas, être fastidieuse car le nombre de spectres de référence disponibles dans la littérature [5] est extrêmement important. Fort heureusement, la généralisation des bibliothèques de spectres informatisés facilite considérablement ce travail d'identification.

Après avoir vu sa position privilégiée menacée par d'autres méthodes comme la RMN ou la spectrométrie de masse, la spectrométrie infrarouge a connu, grâce au développement de l'infrarouge à transformée de Fourier (IRTF), un nouvel essor qui lui permet d'occuper une place de choix, en particulier dans le domaine de l'analyse et de la caractérisation des matériaux polymères. Les possibilités offertes par la spectrométrie infrarouge dans le domaine des matériaux sont en effet multiples et donnent lieu à de nombreuses applications.

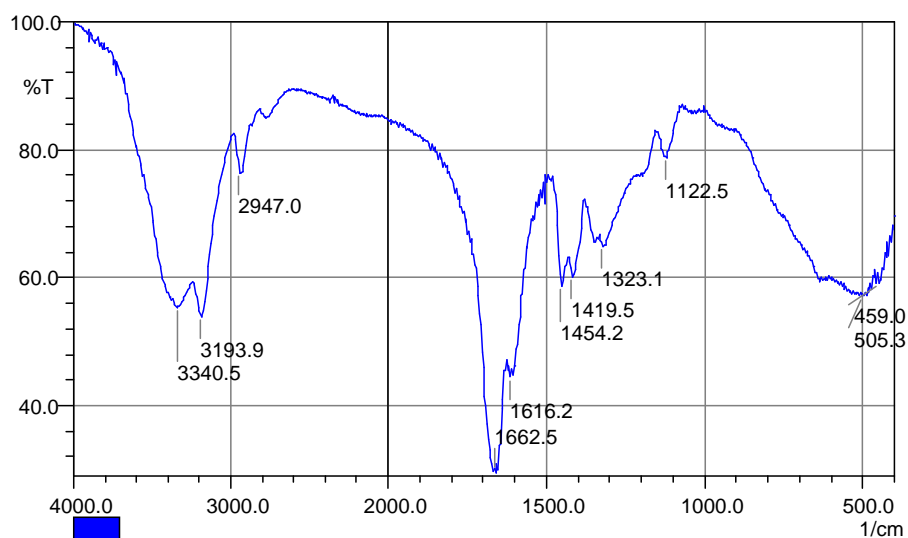
#### **II.1.2.2.Définition de (IRTF)**

Il s'agit d'une méthode essentiellement qualitative, qui permet d'obtenir des informations structurales, ou pour tester la pureté d'une substance. Les différentes fonctions chimiques présentes sur une molécule donnée sont responsables de bandes d'absorption caractéristiques

Les spectres d'absorption IR sont caractérisés par de faibles coefficients d'absorption molaire (compris entre 10 et 1500) : la méthode est donc peu sensible mais il existe maintenant des appareils dits "à transformée de Fourier" qui permettent l'accumulation et le moyennage de spectres successifs d'un même échantillon. En augmentant le temps d'accumulation, on arrive alors à obtenir des spectres avec de très faibles quantités de substance. Les spectres sont obtenus à partir de molécules à l'état gazeux, liquide (à l'état pur

ou en solution dans des solvants "transparents" - CCl<sub>4</sub>, CHCl<sub>3</sub>, CS<sub>2</sub> ou huile de paraffine Nujol®), ou solide (pastillage dans du KBr).

Analyse infra rouge du PAM



**Figure II.6 :** spectre FTIR du PAM

Fréquence $\nu$ (cm <sup>-1</sup> )	Attribution	Nature
3193.9-3340.5	N-H	Elongation
2947	C-H	Elongation
1662.5	C=O	Elongation
1454.2	-CH <sub>2</sub> -	Déformation
1323	C-N	Elongation

**Tableau II.2** Bandes d'absorption caractéristique obtenue à partir du spectre FTIR du PAM.

### II.1.2.3. Analyse par diffraction des Rayons X (DRX)

La diffraction de rayons X est une méthode très puissante pour l'investigation des solides cristallins. En utilisant cette technique, on peut obtenir des informations structurales et microstructurales. Lorsqu'on réalise une expérience de diffraction, le faisceau incident de rayons X qui frappe un composé poly cristallin, il est diffracté par chaque famille de plans atomiques qui présente un angle d'incidence vérifiant la condition de Bragg. Cet angle s'appelle angle de Bragg. Aux angles entourant l'angle de Bragg, l'intensité n'est pas nulle mais elle décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de cet angle de Bragg. Le résultat de l'expérience sera un ensemble d'intensités recueillies en divers angles d'incidence  $2\theta$  des RX et parmi lesquels figurent les angles d'intensité maximale qui sont justement les angles de Bragg.

Si on représente graphiquement l'intensité en fonction de l'angle d'incidence  $2\theta$ , pour l'ensemble des angles autour d'un angle de Bragg, la courbe obtenue ressemble à une cloche qu'on appelle pic de diffraction. L'angle de Bragg correspondant est appelé position du pic.

Un diffractogramme est un ensemble de pics de diffraction dont la position en degré  $2\theta$  (angle de Bragg) dépend de la distance inter-réticulaire.

Les pics de diffraction sont caractérisés par trois types de paramètres : la position, la forme des raies et l'intensité.

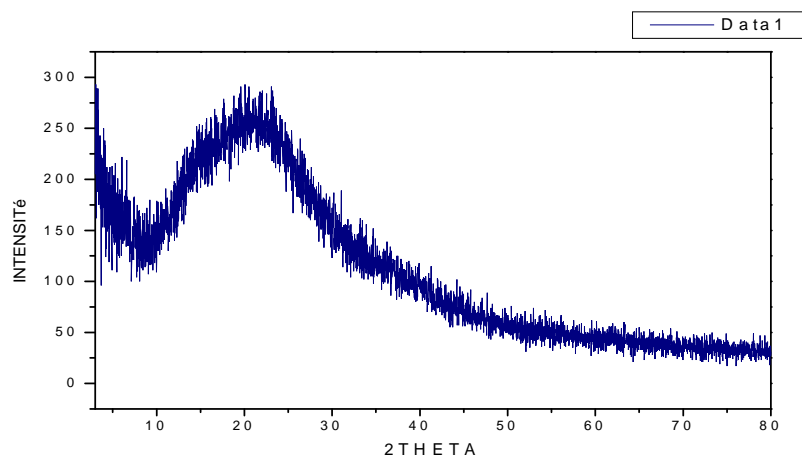
Dans les paragraphes suivants, nous allons, d'une part, expliquer l'origine des diagrammes de diffraction par un poly cristal et détailler l'intensité des pics de diffraction et, d'autre part, parler de la modélisation des raies de diffraction.

### II.1.2.3. Analyse par diffraction des Rayons X (DRX)

Dans le but d'étudier la structure cristallographique de notre échantillon ; l'analyse par diffraction des rayons X a été effectuée au sein du laboratoire de synthèse et de catalyse au département de physique à l'université Ibn Khaldoun Tiaret, à l'aide d'un diffractomètre RX de marque Mini Flex 600 W.

La figure ci-dessous, représente le diffractogramme DRX du PAM. La gamme des angles de diffraction allant du  $3^\circ$  à  $90^\circ$ .

A partir de ce diffractogramme nous avons constaté que notre polymère a une structure amorphe. Cette structure est caractérisée par une large bosse qui se trouve à  $2\theta = 23^\circ$ .



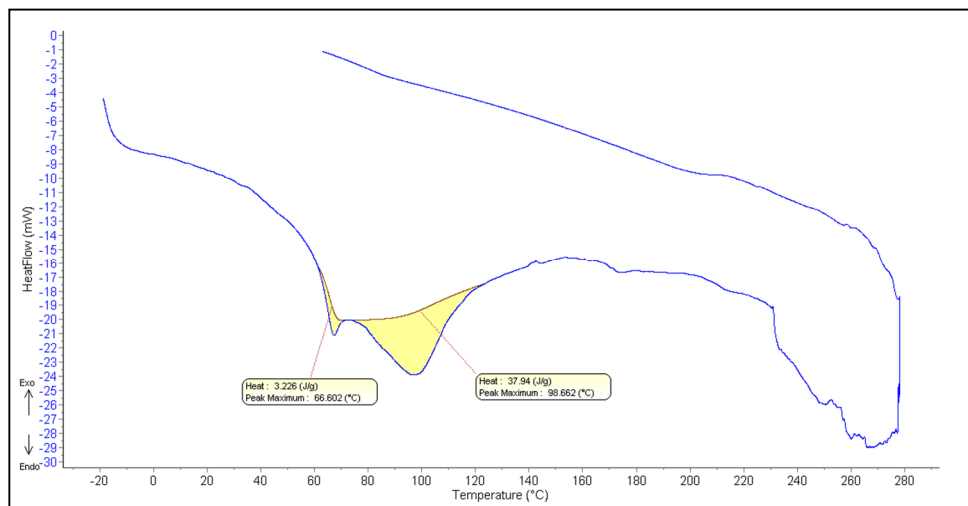
**Figure II.7 :** Diffractogramme DRX du PAM

#### II.1.2.4. Analyse calorimétrique différentielle DSC

La calorimétrie permet de mesurer des variations de flux de chaleur entre une capsule contenant l'échantillon et une capsule vide, servant de référence. Cette technique permet donc de mesurer les variations de capacité calorifique associées aux changements d'état de l'échantillon lorsqu'il est soumis à un cycle de température. Les analyses sont faites sur un appareil **DSC-7 PERKIN-ELMER**.

Les échantillons sont soumis au cycle de température suivant : le produit est pesé (environ 15 mg) puis il est introduit dans une capsule DSC.

Un flux d'argon balaie l'enceinte de la DSC pour éviter toute oxydation, puis il est refroidit jusqu'à la température de  $-30^{\circ}\text{C}$  et chauffé lentement avec une vitesse de chauffe  $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$  jusqu'à  $260^{\circ}\text{C}$ . Le tableau suivant résume les propriétés du comportement thermique du polyacrylamide obtenu.



**Figure II.8 :** LE thermo gramme DSC d'unPAM

Homopolymère	Température de transition vitreuse $T_g$ (C°)
Pam (littérature) [1]	180
Pam	150

**Tableau II.3 :** Propriétés thermiques du polyacrylamide

Le comportement thermique du polyacrylamide synthétisé a fait l'objet d'une analyse enthalpique différentiel réalisé entre -20°et 290°C

Les résultats représentés sur la figure 1 ont fait apparaître les phénomènes thermiques suivants :

**1-** Deux pics endothermiques enregistrés à  $T_{\text{semi}}^1 = 66.6^\circ\text{C}$  et  $T_{\text{semi}}^2 = 98,6^\circ\text{C}$  attribués à l'évaporation des impuretés (solvants). semi vitrification

**2-** Une température de transition vitreuse  $T_g$  enregistrée à  $150^\circ\text{C}$ .

Au-dessus de cette température on a enregistré une instabilité thermique de notre polymère due à la décomposition thermique qui se manifeste à partir de  $200^\circ\text{C}$  (l'absence de  $T_g$  dans le refroidissement prouve la dégradation).

Sur la lumière de ces résultats on peut dire que notre polymère présente une structure amorphe et une faible stabilité thermique à des températures supérieures à  $200^\circ\text{C}$ . [1]



## Conclusion

A la fin de ce chapitre la synthèse du polyacrylamide par voie radicalaire s'est avérée réussie puisque les techniques de caractérisations utilisées sont en faveur avec la structure préconisée d'après la DRX on constate que le PAM a une structure amorphe la DSC appuie ce résultat puisque nous avons notés une température de transition vitreuse à 150C° plus faible que celle de la littérature ceci est dû à la présence des impuretés qui a été démontré par la résonance magnétique nucléaire par la présence de pics non attribués à la structure sur les spectres RMN.

---

# Chapitre - I I I -

*Traitement des effluents par PAM et polymère X*

### **III.1.Introduction**

Toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Même une eau d'apparence limpide transporte en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies. Pour pouvoir être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée.

Pour parvenir aux résultats recherchés depuis l'obtention d'un liquide clair et limpide pour la consommation humaine jusqu'à celle de l'eau extra pur, il faudra appliquer seuls ou en combinaison différents types de traitements [4].

### **III.2.Lieu de travail**

Nous avons réalisé notre travail au niveau du laboratoire de station de surveillance de la willaya de Tiaret (L'observation national de l'environnement et du développement durable ONEDD) , et du laboratoire de chimie du département de chimie ,faculté des sciences de la matière , université IBN KHALDOUN Tiaret, durant la période du décembre au juin 2019.

### **III.3.Prélèvement et transport**

Les eaux usées ont été prélevées à l'entrée du réseau à partir du clarificateur de la station d'épuration des eaux usées de la willaya de Tiaret.

Trois prélèvements ont été réalisés, le 1<sup>er</sup> c'était le 25/12/2018 (entré/sortie), le 2eme le 11/02/2019(entré/sortie), le 3eme le 10/03/2019 (entré/sortie) et le dernier prélèvement c'était le 26/03/2019 (entré).

La boue a été obtenue le 26/03/2019 au niveau de station.

- Le prélèvement à été réalisé sur une eau de 24heures a une profondeur d'environ 1,2m dans des bouteilles propres en verre et stériles. - Les échantillons soigneusement étiquetés, ont été directement transportés vers le laboratoire.

### **III.4 Présentation de STEP de Tiaret**

#### **III.4.1 Localisation**

La STEP est localisée dans la commune d'Ain BOUCHEKIF, située à 4,5 km de la ville de Tiaret. Elle est accessible par la route qui débouche directement dans le chemin wilaya N° 07. Cette zone est caractérisée par une activité agricole et par la présence d'Oued NOURIA qui verse directement dans le barrage DAHMOUNI. Les eaux usées (d'origine domestique et pluviales) arrivent à l'ouvrage par gravité grâce à un réseau de différents collecteurs (cinq collecteurs principaux).

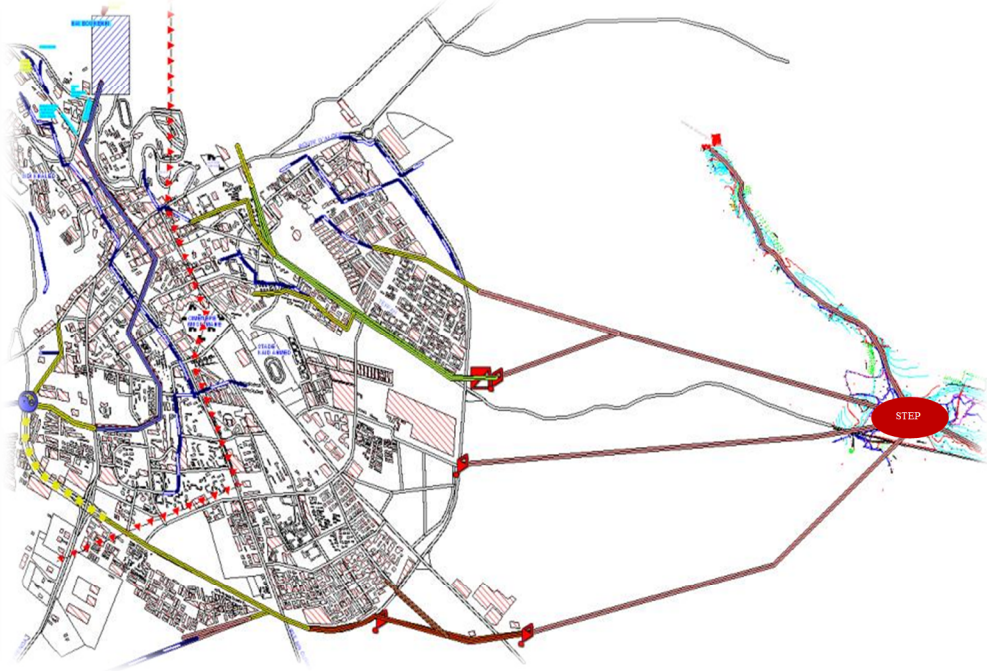



Figure. III.1 : Schéma Directeur du système d'Assainissement de la ville de Tiaret.

### III.4.2.Fiche Technique de la STEP

		Projekt-Nr. / No. de projet 0089 2219 / TIARET	Dok.-Nr. / No. de document P CE 0002	Ausgabe Edition 01	Seite Page 3	von sur 21
<b>2 DONNEES DE BASE</b>						
<b>2.1 Quantité et Qualité des Eaux Usées</b>						
		<b>Quantité et Qualité des Eaux Usées</b>				
Paramètres	Unité	Horizon 2015 (Phase I)	Horizon 2030 (Phase II)			
<u>Charge hydraulique</u>						
Charge nominale	E.H.	390.000	473.000			
Débit moyen de temps sec	m <sup>3</sup> /j	38.000	56.760			
	m <sup>3</sup> /h	1.583	2.365			
Débit journalière maximum	m <sup>3</sup> /h	2.533	3.784			
Débit de pointe par temps de pluie (2,5 fois le débit moyen de temps sec)	m <sup>3</sup> /h	3.958	5.913			
<u>Teneur en nutriments</u>						
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l	1.108	900			
Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	554	450			
Rapport DCO/DBO <sub>5</sub>	–	2,0	2,0			
Teneur en matières en suspension (MES)	mg/l	718	583			
Teneur en azote ammoniacale (NH <sub>4</sub> -N)	mg/l	100-150	100-150			
Teneur en phosphore total	mg/l	15-20	15-20			
<u>Charges polluante</u>						
Charge journalière en DCO	kg/j	42.120	51.085			
Charge journalière en DBO <sub>5</sub>	kg/j	21.060	25.542			
Charge journalière en MES	kg/j	27.300	33.111			
Charge journalière en MES réduite *)	kg/j	27.480	28.475			
<p>*) Note: Pour le dimensionnement du traitement biologique, la charge des matières en suspension a été réduite par 14 % parce que selon des résultats d'analyses des eaux usées les charges des matières organiques sont relativement faibles (50-60 %).</p>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Production de boue: 380</li> </ul>						

### II.4.3- La chaine d'épuration des eaux usées au niveau de la station de Tiaret

La chaine d'épuration des eaux usées au niveau de la STEP de Tiaret est composée d  
A l'entrée de la station, un ouvrage est implanté et composé d'une Station de Relevage des eaux brutes et le Dérailleur Grossier.

#### III.4.3 Circuit eau

##### III.4.3.1 Station de Relevage

Dispose de Trois (03) Groupes Electro pompes d'un Débit  $Q_u = 555$

Puissance  $U = 140$  KW, HMT = 17 m, Superficie de la bache d'eau =  $33.60 \text{ m}^2$  Volume de la bache d'eau =  $114.24 \text{ m}^3$



**Figure III.2 :** Station de relevage des eaux brutes

##### III.4.3.2 Le prétraitement

Le prétraitement a pour objectif l'extraction des matières les plus grossières (feuilles, tissus, ....) et éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement, il comprend :

###### III.4.3.2.1 Le Dé grilleur Grossier

Pour retenir les déchets volumineux à l'aide d'une succession de grilles (dé grilleur fin de 8 mm et dé grilleur gros de 30 mm). Les résidus recueillis sont déposés à la décharge.



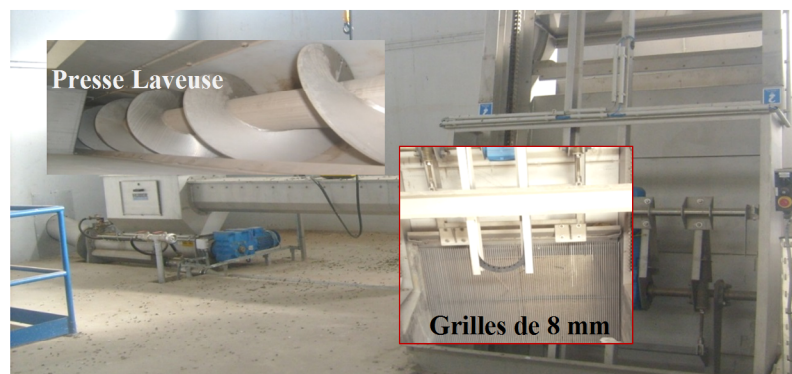
**Figure III.3 : Dé grilleur Grossier**

#### **III.4.3.2.2 Le dessablage déshuilage**

L'élimination des particules denses et des huiles, susceptibles respectivement d'endommager les pompes et les conduites et de gêner l'oxydation biologique, se fait dans un ouvrage combiné appelé Dessableur-Deshuilleur

#### **III.4.3.2.3 Degrilleur fin**

Composé de presse laveuse et un degrilleur fin de 08 mm d'espacement des barreaux



**Figure III.4 : Dé grilleur fin**

#### **III.4.3.2.4 Dessableur - Déshuileur**

C'est un ouvrage d'une superficie de 107,89 m<sup>2</sup> et d'un volume de 773,66 m<sup>3</sup>

- ▀ Le 1<sup>er</sup> compartiment est aéré pour la séparation des graisses et huiles des Eaux Usées
- ▀ Le 2<sup>iem</sup> compartiment, l'écoulement est calme pour récupérer le gravier, sables et particules minérales plus ou moins fines en suspension.

- ▮ Le classificateur sépare les sables de l'eau et les graisses sont pompées vers le digesteur.



**Figure III.5 : Déshuileur- Dessabler**

#### III.4.3.3 Décantation primaire

Permet aux matières en suspension de se déposer par simple gravité au fond des bacs, sous forme de boues, recueillies ensuite par pompage de fond.

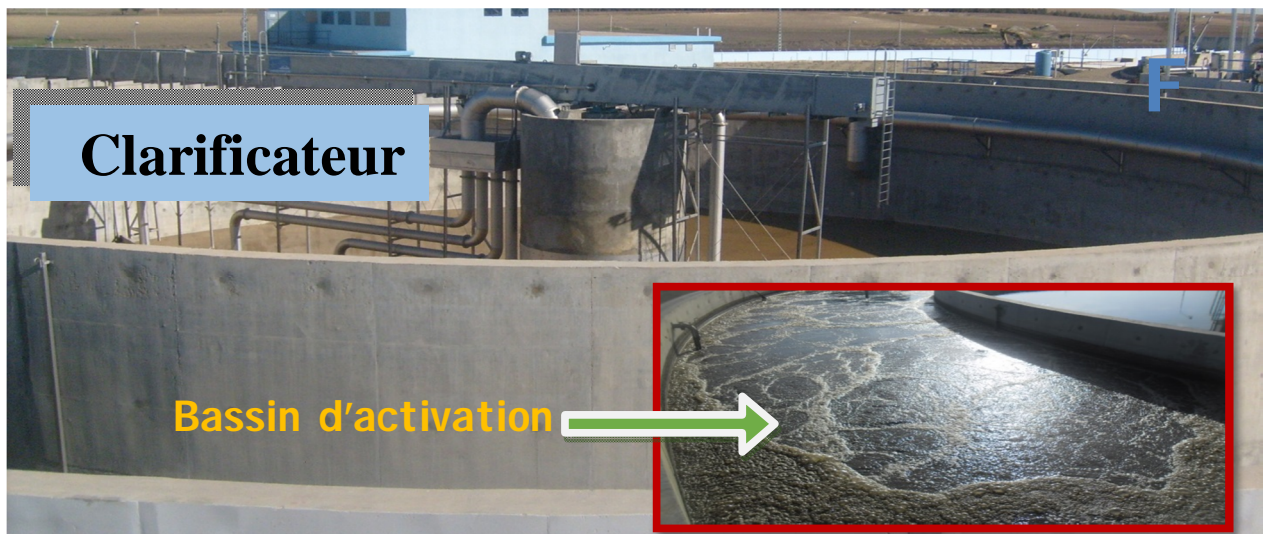
- Chaque bassin a un volume de 2168,5 m<sup>3</sup>
- Il permet la décantation des Matières en suspension.
- La boue primaire décantée est pompée vers l'épaississeur I
- Les boues flottantes sont évacuées vers le digesteur
- L'eau est collectée dans une goulotte évacuée vers un puits collecteur



**Figure III.6 : Décanteur Primaire**

#### II.4.4 Traitement secondaire : Bassin combiné (activation +décantation secondaire)

- Le volume total est de 16413,75 m<sup>3</sup>.
- Bassin d'activation = 6928.76 m<sup>3</sup> Clarificateur = 9484.99 m<sup>3</sup>.
- Les eaux sont aérées par une insufflation d'air.
- Agitation des eaux pour éviter la décantation.
- La boue décante dans le clarificateur.
- L'eau épurée est collectée dans une conduite perforée et évacuée vers le rejet.



**Figure III.7 :** Bassin combinaison (activation et décantation secondaire)

#### III.4.5. Circuit boues

##### III.4.5.1- Compartiment de Distribution des Boues de Retour

- Il contient 3 compartiments :
- Le 1er évacue l'eau usée vers le bassin d'activation
- Le 2ème évacue l'eau vers le clarificateur
- Le 3ème évacue la boue soit vers le 1er compartiment (boue de retour) soit vers l'épaisseur I (boue en excès).





**Figure III.8 :** Compartiment de distribution

### III.4.5.2 Epaisseurs

- Les boues primaires et boues en excès sont évacuées vers l'épaisseur I qui a un volume de 2162,48 m<sup>3</sup>
- Puis vers le digesteur en plus des graisses et des boues flottantes.
- La boue stabilisée s'évacue vers l'épaisseur II de volume 1491,5 m<sup>3</sup>
- Puis vers les lits de séchage.



**Figure III.9 :** Epaisseurs I et II

### III.4.5.3 Digesteur aérobie

De volume  $V = 5257,61 \text{ m}^3$  doté d'un agitateur horizontal et un lit de membrane à fines bulles.

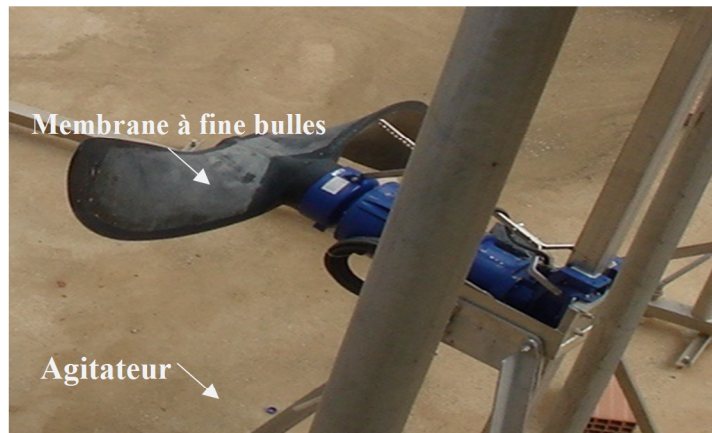


Figure III.10 : Digesteur Aérobie

### III.4.5.4 Lits de séchage

Il existe 10 lits de séchage chacun a un volume de  $1312,5\text{m}^3$ .



Figure III.11 : Lits de séchages

## III.5 Présentation de station de surveillance de l'environnement de Tiaret

Cette station est une institution publique à caractère industriel et commerciale, il intervient à travers un réseau de surveillance à l'échelle national.

### III.5.1 Rôle de l'ONEDD

- Observation e surveillance.
- Prévention et anticipation, alerte.
- Evolution de l'Etat de l'environnement.

- Aide à la décision.
- Sensibilisation.
- Recherche scientifique.

### **III.5.2 Les missions de l'ONEDD**

Mise en place et gestion des réseaux d'observation et de mesure de la pollution et de surveillance des milieux naturelles.

- L'analyse physicochimique des eaux naturelles.
- L'analyse des boues, sédiment, déchets.
- Collecte auprès des institutions nationales et organismes spécialisés, des données Et information liées à l'environnement et au développement durable.
- Initiation et réalisation d'études.
- Promotion des programmes d'échange et de partenariat (régional, national et international).

### **III.6 La coagulation-floculation**

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes. Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation.

En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1 m en chute libre peut être de plusieurs années [5]

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique visant la déstabilisation des particules colloïdales présente dans l'eau [4], formation de floes par absorption et agrégation. Les floes ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite. [5]

### **III.7 Traitements des eaux usées par PAM et polymère X**

#### **III.7.1 le premier prélèvement**

Dans cette partie expérimentale nous allons effectuer une étude afin d'optimiser les conditions de la première partie du traitement qui est la coagulation, par cette étude nous avons réussi à établir la masse du coagulant à ajouter ainsi que la vitesse d'agitation pour une meilleure décantation des matières en suspension ou colloïdales, nous allons essayer de définir la coagulation et le type de coagulant qu'on a utilisé dans notre étude, et de la masse du coagulant a utilisé :

#### **III.7.2 Coagulation**

La coagulation est l'une des étapes du traitement les plus indispensables dans le traitement des eaux des eaux usées. Elle consiste à déstabiliser les particules en suspension la MES c'est-à-dire de faciliter leur agglomération sous forme de floes. En effet, ces matières en suspension portent des charges généralement négatives ce qui provoquent des forces de

répulsions inter colloïdales entre les particules et ainsi cette répulsion aura tendance à les éloigner d'où la nécessité d'ajouter un coagulant qui sont des substances chimiques qui font partie des sels métalliques, qui causent l'agglomération des particules fines et permet de former un précipité gélatineux dans l'eau usée pouvant ensuite être retiré. On compte parmi les coagulants les plus utilisés et cités dans de nombreux travaux de traitement des eaux usées, le sulfate d'aluminium ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) ou encore de chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Notre choix s'est porté sur le sulfate d'aluminium.

Parmi les paramètres aussi qui influencent la décantation c'est la température, une température trop élevée ( $35\text{C}^\circ$ ) va influencer la réduction de la MES qui directement liés aussi à la vitesse d'agrégation et au temps de floculation qui vont évoluer au même temps de la même manière ;

### Mode opératoire

Tous les paramètres : pH, conductivité, la température ont été relevés au début du travail ensuite. il fallait fixer la masse du coagulant (sulfate d'Aluminium), pour cela on a pris 3 masses différentes (0.08, 0.16, 1g) lesquelles on les ajoutées au même volume d'eau usée à traiter cette manipulation a été réalisée à différentes vitesses d'agitation (150, 300, 600 tours /mn), après 27 essais on a remarqué que 1g de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  avec 600 tours nous donne le meilleur résultat d'où la meilleure décantation.

Les essais sont caractérisés dans les tableaux ci-dessus :

Temps	Vitesse (tours/min)	Sédimentation (cm)	PH	T $\text{C}^\circ$	Conductivité (Ms/cm)	M(g)
t=15 min	v1=150	1,3	7,01	14,8	2,09	0,046
	v2=300	1,2	7,06	13,6	2,1	0,045
	v3=600	1,2	5,13	11,4	2,27	0,097
t= 30min	v1=150	1,25	4,55	13,3	2,15	0,049
	v2=300	1,5	9,48	13,7	2,05	0,027
	v3=600	1,4	6,69	11,2	2,11	0,142
t= 1 h	v1=150	1,4	6,66	13,8	2,09	0,031
	v2=300	1,3	7,67	14,1	2,05	0,0426
	v3=600	1,2	7,72	12,1	2,09	0,0618

**Tableau III.1 :** Evolution des paramètres pour physicochimiques :  $m_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,08 \text{ g}$

Temps	Vitesse(r/min)	Sédimentation (cm)	PH	T C°	Conductivité (Ms/cm)	M(g)
<b>t=15 min</b>	V1=150	1,5	5,89	9,8	2,25	0,066
	V2=300	1,5	5,61	12,3	2,27	0,12
	V3=600	1,2	6,16	15,4	2,26	0,163
<b>t= 30min</b>	V1=150	1,7	5,91	12,1	2,21	0,043
	V2=300	1,3	5,76	15,1	2,24	0,166
	V3=600	1,2	6,21	15,5	2,27	0,160
<b>T=1h</b>	V1=150	1,3	6,08	12,7	2,20	0,058

**Tableau III.2 :** Evolution des paramètres pour physicochimiques :  $m_{Al_2(SO_4)_3} = 0,16g$

Temps	Vitesse (tours /min)	sédimentation	pH	Température (°C)	Conductivité ( $\mu s/cm$ )	M(g)
<b>T=15mn</b>	V1=150	1.2	4.68	16.9	4.96	0.02
	V2=600	1.6	4.61	17.1	4.99	0.07
<b>T=30 mn</b>	V1=150	1.8	4.66	17.4	4.73	0.09
	V2=600	1.9	4.67	17.9	5	0.06
<b>T=1h</b>	V1=150	1.6	4.72	17.9	4.33	0.13
	V2=600	2	4.7	18.5	4.7	0.33

**Tableau III.3 :** Evolution des paramètres pour physicochimiques :  $m_{Al_2(SO_4)_3} = 1g$

D'après ces résultats on a considéré que la masse de 1g de coagulant dans 100 ml d'eau usées pour un temps d'application d' une 1h à 600 tr/mn, donne une meilleur décantation en comparant l' évolution des paramètres étudiés même si on note pas une grande différence cette masse sera fixe durant tous le processus du traitement, la seule différence étant le temps de contact du polymère avec l' échantillon à traiter :

■ Un prélèvement a été maintenu pendant 20jours

Un deuxième prélèvement a été maintenu pendant 24 H pour évaluer l'efficacité du floculant utilisé a chaque fois .

### III.7.3 Flocculation

Ce phénomène est pour la formation de floccs de taille plus importante. On utilise, pour ce faire, des floculants.

Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé. Le mélange doit être suffisamment lent afin d'assurer le contact entre les floccs engendrés par la coagulation. En effet, si l'intensité du mélange dépasse une certaine limite, les floccs risquent de se briser. Il faut également un temps de séjour minimal pour que la flocculation ait lieu. La durée du mélange se situe entre 10 et 60 minutes [5]

Un deuxième test a été réalisé pour fixer cette fois si la masse de floculant (polymère), donc on a pris plusieurs masses avec une agitation magnétique pendant une semaine.

#### Mode opératoire

Nous avons traité 100 ml de l'échantillon d'eau usée brute avec le polymère X 4g ,6g,10g,15g de floculant, en présence de 1g de coagulant , le mélange a été maintenu sous une agitation magnétique a 600 tr/mn d'une durée de 7jours . Nous avons suivi les paramètres : pH ,T, conductivité afin de retenir la masse du floculant a ajouter durant nos essais.

Les résultats du suivi des paramètres physico-chimique sont les suivants

Masse .F. X	M <sub>1</sub> =4g			M <sub>2</sub> =6g			M <sub>3</sub> =10g			M <sub>4</sub> =15g		
	pH	$\chi$	T	pH	$\chi$	T	PH	$\chi$	T	PH	$\chi$	T
0 J	6.5	2.05	19	6.5	2.05	19	6.5	2.05	19	6.5	2.05	19
1J	4.16	14.07	22.3	4.15	14.15	22.5	3.97	14.51	24.3	3.95	14.91	26.2
2 J	4.47	6.49	22.9	4.38	8.28	22	4.1	10.94	27	4.00	11.70	25.8
3 J	4.27	6.14	24.1	4.18	9.24	24.1	3.95	11.72	26.3	3.86	14.9	28.3
4 J	4.98	12.66	24.4	4.61	9.86	24.5	4.43	12.18	29.6	4.33	13.40	29.9
7 J	4.58	6.77	25.2	4.36	9.16	24.5	4.16	13.79	29.7	4.1	14.66	30.5

**Tableau III.4 :** Evolution des paramètres physico chimiques  
du traitement de l'eau usée en fonction de la masse d floculant X (F.X)

### III.7.4 Interprétation des résultats

#### 1. Température

Nous constatons une augmentation de température pour une masse de flocculant de 10g et 15g et une gélification du milieu ou l'agitation se faisait difficilement ou presque absente donc on a éliminé les deux masses 10g et 15g parce que une montée de température rend la floculation très difficile d'où une turbidité importante des milieux

## 2. Ph

Le pH a chuté ceci est due à l'adjonction du coagulant et ceci pour toutes les masses testées .

## 3. Conductivité

La conductivité a augmenté au début en comparant avec la conductivité de l'eau brute ce qui peut être expliqué par l'augmentation de la charge après l'addition du coagulant , ensuite elle diminue pendant 7 jours les flocs chargés on plus au moins ont été **neutralisés**

Suite aux résultats obtenus nous avons choisi la masse du coagulant 4 gr paraît la plus adéquate pour le suivi du traitement

Paramètres choisis pour le procédé utilisé durant tout le traitement sont résumés dans le tableau suivant :

<i>Masse coagulant</i>	Masse flocculant	Vitesse d'agitation	Volume choisis pour le traitement
<b>1g</b>	<b>4 g maximum</b>	<b>600tr/mn</b>	<b>100ml</b>

Après avoir fixé les masses du coagulant et le flocculant, on va réaliser une étude comparative entre le PAM et le polymère X, D'abord on détermine ,les paramètres concernant l'eau prélevé brute avant traitement comme le pH, conductivité, la température, la MES.

### III.8 l'étude comparative (traitement physico-chimie)

On prend 300 ml de chaque prélèvement eau brute (entré/sortie), maintenue sous une agitation magnétique de 600tr/mn, , avec 3g de coagulant et 2g de polyacrylamide ou de polymère X à température ambiante

#### III.8.1 Analyse physico- chimique de l'eau

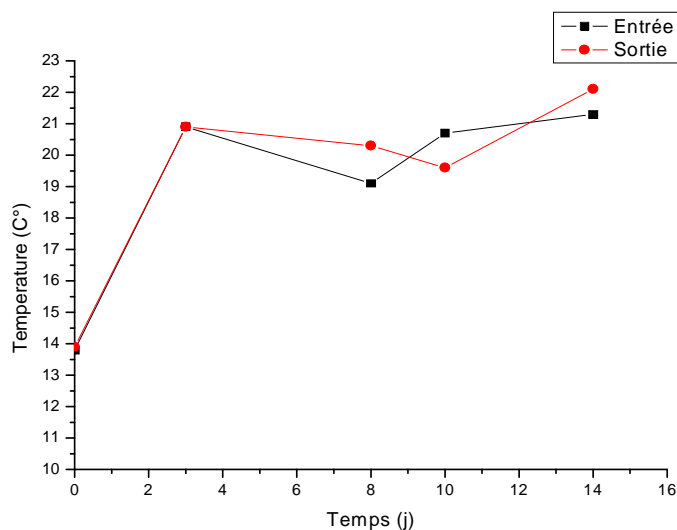
Ces analyses ont été réalisées au niveau de laboratoire de la faculté (chimie), les analyses ont été poursuivies pendant 23 jours

##### III.8.1.1 Paramètres physique

##### III.8.1.1.2 la température

Elle joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Par ailleurs, la température détermine le taux et la vitesse des réactions de dégradation biochimique. Plus la température est importante, plus les réactions sont rapides. La température des eaux usées influent beaucoup sur l'efficacité du procédé de traitement. Par exemple, la décantation est plus efficace à des températures élevées. [7].

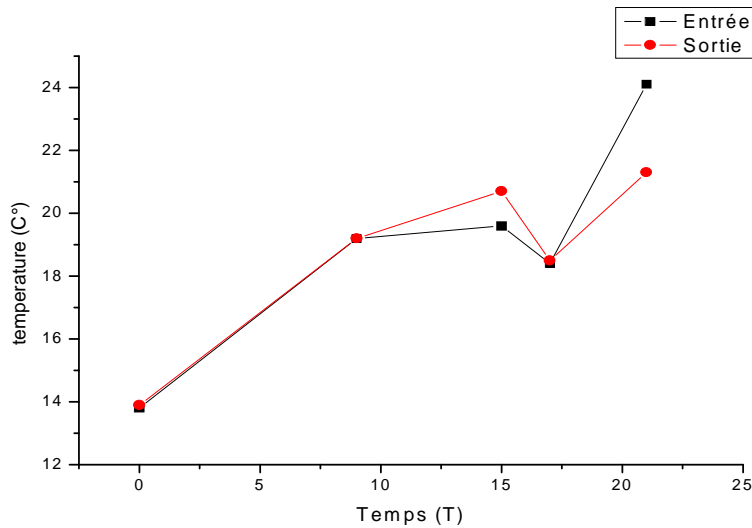
Résultats du suivi de température des deux polymères :



**Figure. III.12 :** Évolution des températures de 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usée traité par le polymère X

Nous remarquons d'après **la figure** que une légère augmentation de température des eaux usées (entrée, sortie) puisque le fait d'ajouter polymère X en milieu riche en bactérie cela donne lieu à des réactions biologiques, néanmoins la température reste idéale pour un maintien d'activité biologique





**Figure.III.13 :** Évolution des températures de 1er prélèvement d'eau usée traitée par le PAM

La même remarque est notée pour le traitement avec notre polymère PAM la seule différence la plus importante température de 24C° est notée par le PAM, mais la température reste une bonne moyenne pour un bon processus de floculation –coagulation.

### III.8.1.1.3 Paramètres organoleptiques de traitement des eaux usées

#### III.8.1.1.3.1 La couleur

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdale. Elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution, et apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration [8]

#### III.8.1.1.3.2. L'odeur

L'odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition, elle peut être définie comme :

- a. L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- b. La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances [8]

L'échantillon	Eau usée entré	Eau usée sortie	Eau usée entré PO.X et PAM	Eau usée sortie PO.X et PAM
Couleur	Jaunâtre	Jaunâtre	Trouble	Trouble
Odeur	Désagréable	Désagréable	Moins désagréable	Moins désagréable

**Tableau III.5 :** Paramètres organoleptiques des échantillons Testés

### III.8.1.1.3.3 La Turbidité

La Turbidité est Un surnageant limpide est signe d'un bon traitement. A' l'observation, ce surnageant peut être chargé en bactéries libres, en MES (floc) et présente ainsi différents aspects :

Un surnageant trouble : à cause de la présence de petits grains de floc, cette floculation peut être due à une boue jeune liée à un domaine de charge élevée [9].

La turbidité se mesure par la réflexion d'un rayon lumineux dans l'eau. La turbidité est Mesurée par un test optique qui détermine la capacité de réflexion de la lumière (l'unité de Mesure est le « NTU » - unités néphélogétrie).

La turbidité joue un rôle très important dans les traitements d'eau. En effet :

- Elle indique une probabilité plus grande de présence d'éléments pathogènes.
- La turbidité perturbe la désinfection. Le traitement par ultraviolets est inefficace et le Traitement par le chlore perd son efficacité.
- La matière organique associée à la turbidité favorise la formation de bio film dans le réseau et par conséquent, le développement de bactéries insensibles au chlore notamment.

#### III.8.1.1.3.3.1 Principe

La turbidimétrie ou opacimétrie est une variante de la spectrométrie d'absorption. Les Éléments en suspension dans un liquide absorbent certaines radiations selon une loi voisine de Celle de BEER LAMBERT laquelle est rappelée ci-dessus :

$$I_t = I_o e^{-\mu l}$$

Avec :

$I_o$  = Intensité du faisceau incident

$I_t$  = Intensité transmise après traversée du liquide

$l$  = Epaisseur traversée

c = Concentration en mol/l

f = Coefficient lié à la longueur d'onde utilisée pour évaluer la turbidité de nos échantillons d'eau usée nous avons mesuré la turbidité après 23 jours et 48h et les résultats sont illustrés dans les tableaux suivants :

**Les résultats de turbidité d'eau usée sont illustrés dans les tableaux suivants :**

Echantillon	Entré brute	Sortie brute	Poly X (entré)	Poly X (sortie)	PAM (entré)	PAM (sortie)
Turbidité (NTU)	9.04	1.45	41.4	21.4	89.1	10.2

**Tableau III.6** les valeurs de turbidité de 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usées

La turbidité de l'échantillon 2 d'eau usée traité pendant 48 heures sont les suivantes :

Echantillon	PAM	Poly X
Turbidité (NTU)	<b>14.2</b>	<b>21.4</b>

**Tableau III.7 :** Les valeurs de turbidité de 2<sup>er</sup> prélèvement d'eau usées

Nous avons noté une augmentation considérable de la turbidité , pour les deux échantillons d' eaux usées entrée et sortie , ce qui nous laisse a penser que les polymères utilisés sont a l' état de gel , ce qui augmente le trouble d' où la turbidité élevée , le temps de contact de l' échantillon avec le polymère influe la valeur de la turbidité ,plus le temps de traitement est long ça donne lieu a plusieurs réactions biologiques ce qui augmente la population bactérienne et la turbidité .

### III.8.1.1.4 Les paramètres chimiques

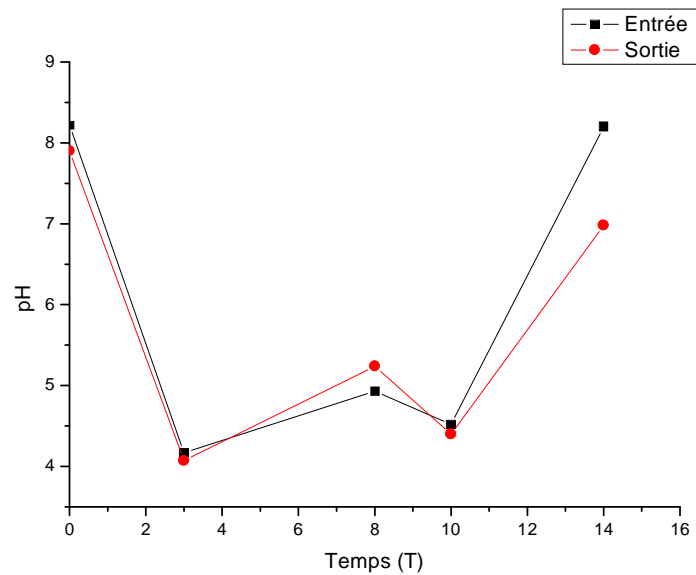
#### III.8.1.1.4.1 le Ph

Le pH (potentiel hydrogène) : est le reflet de la concentration d'une eau en ions H<sup>+</sup>. Le pH, indique l'alcalinité des eaux usées, son rôle est capital pour la croissance des microorganismes qui ont généralement un pH optimum variant de 6,5 à 8. Lorsque le pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8,5, la croissance des microorganismes est directement affectée. [10].

Les tableaux de suivi de pH de deux polymères

Jours	pH		Les normes (l'ONA de Tiaret)	
	Entré	Sortie	Entré	sortie
<b>Eau brute</b>	8.22	7.9	8.08	7.99

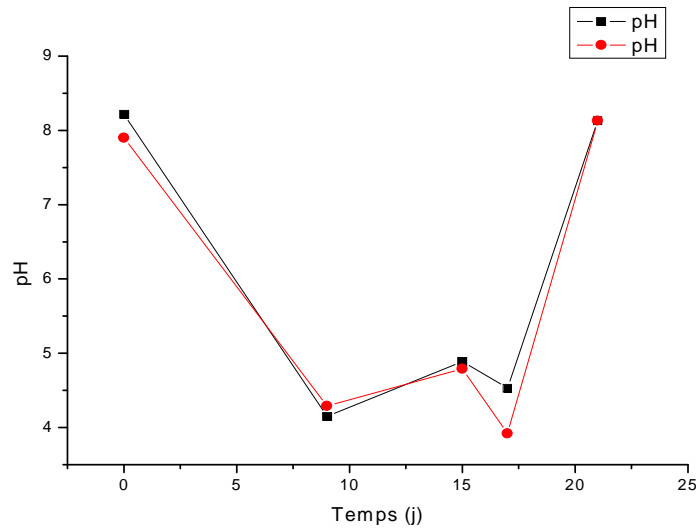
**Tableau III.8 :** Évolution de pH de 1<sup>er</sup>prélèvement d'eau usée traité par le PAM



**Figure III.14 :** Évolution de pH de 1<sup>er</sup>prélèvement d'eau usée traité par le PAM

T (jours)	PH		Les normes (l'ONA de Tiaret)	
	entrée	Sortie	entrée	Sortie
<b>Eau brute</b>	8.22	7.9	8.08	7.99

**Tableau III.9 :** pH de 1<sup>ER</sup> prélèvement d'eau usée brute



**Figure III.15.** Évolution de pH de 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usée traité par le polymère X

La variation du pH pour les deux polymères est dans la moyenne on a noté une baisse de pH qui est due à l'ajout du coagulant ensuite une fois l'équilibre atteint au bout de quelques jours le pH reprend une valeur normale

### III.8.1.1.4.2 La conductivité

#### III.8.1.1.4.2.1.1 Rappels théoriques

La mesure de la conductivité se ramène à celle de la résistance d'une colonne d'eau. A cet effet on utilise un conductimètre qui n'est en fait qu'un résistivité un peu particulier. Le conductimètre fait appel à un montage dérivé du pont de WHEATSTONE, le pont de KOHLRAUCH.

Ce pont est alimenté par un courant alternatif à une fréquence de 1000 à 4000 Hz, afin d'éviter le Phénomène de polarisation des électrodes.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau. Elle est mesurée à l'aide du conductimètre et les résultats obtenus sont exprimés en  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Il existe une relation linéaire entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. La mesure de la conductivité est influencée par le pH de la solution, la valence des ions et le degré d'ionisation [11].

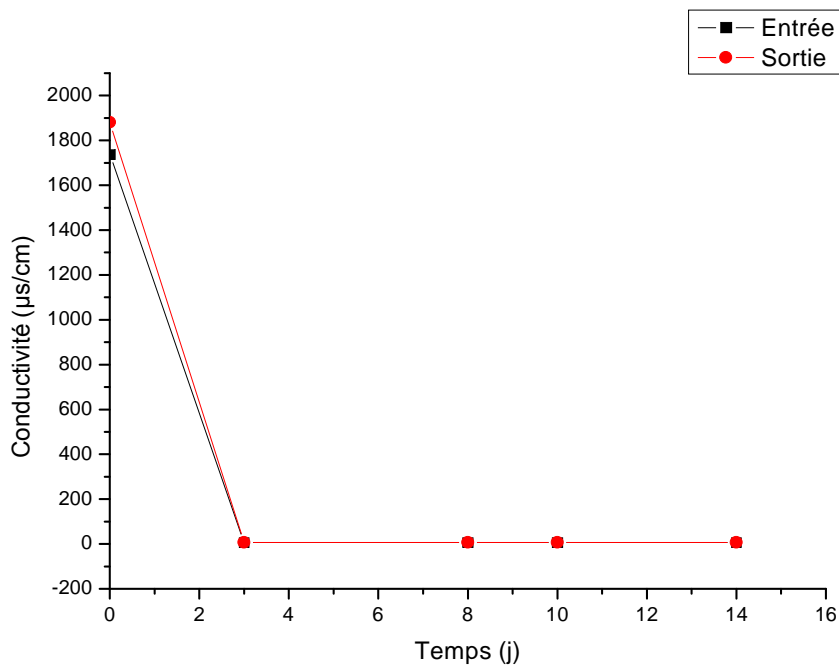
Conductivité	Appréciation
Conductivité < 100µs/cm	Minéralisation très faible
100µs/cm < conductivité < 200µs/cm	Minéralisation faible
200µs/cm < conductivité < 333µs/cm	Minéralisation moyenne accentuée
333µs/cm < conductivité < 666µs/cm	Minéralisation moyenne
666µs/cm < conductivité < 1000µs/cm	Minéralisation importante
Conductivité > 1000µs/cm	Minéralisation excessive

**Tableau III.10 :** Relation entre la conductivité et la minéralisation (RODIER, 1978).

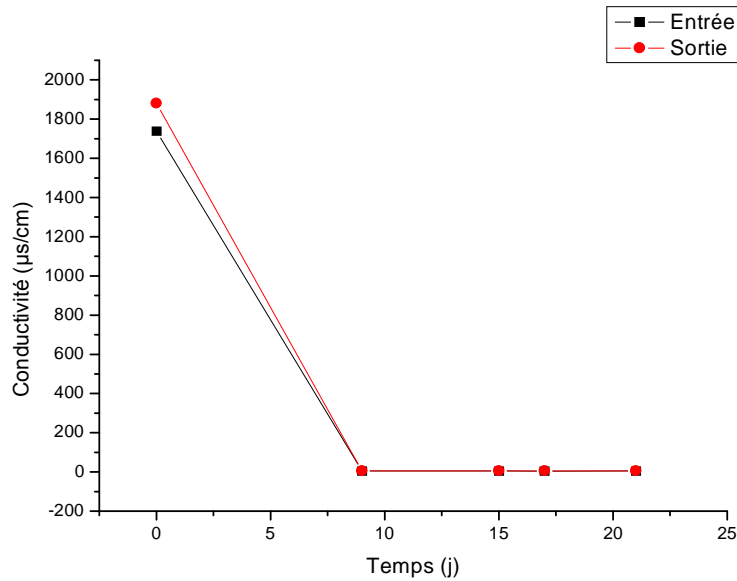
Les tableaux de conductivité des 2 polymères

T (jour)	Conductivité (µs/cm)		Les normes (l’ONA de Tiaret)	
	entrée	sortie	Entrée	sortie
<b>Eau brute</b>	1739	1880	2800	1000µs/cm

**Tableau III.11 :** La conductivité de 1er prélèvement d’eau usée brute



**Figure III.16 :** Évolution de la conductivité de 1er prélèvement d’eau usée traité par le PAM.



**Figure III.17 :** Évolution de conductivité de 1er prélèvement d'eau usée traité par le polymère X.

La chute brutale de la conductivité montre qu'il y a une très faible minéralisation et une faible dissolution, ce qui laisse à dire que l'état des polymères utilisés sous forme de gel forme un écran et assure une charge qui va diminuer la salinité des eaux.

Après 23 jours de traitement, autres analyses ont été réalisées au niveau de laboratoire de station de surveillance de la wilaya de Tiaret, ils ont été réalisés comme suite.

#### III.8.1.1.4.3 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

DBO<sub>5</sub>, comme il est couramment abrégé, est l'un des paramètres les plus importants et utiles indiquant la force organique des eaux usées. La demande biologique en oxygène est, par définition, la quantité d'oxygène dissous nécessaire par les systèmes biologiques aérobies naturels dans les eaux usées pour décomposer les matières organiques décomposables dans des conditions définies. Elle est exprimée en mg O<sub>2</sub> /L. [12] La gamme habituelle de la DBO<sub>5</sub> des eaux usées urbaines au Maroc est 200-400mg/L [13].

La DBO<sub>5</sub> représente seulement la pollution organique carbonée biodégradable. Ce test est particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations de traitement.

Les résultats de DBO5 sont les suivants :

T (jours)	DBO5 (entré)	DBO5 (sortie)	Les valeurs Limites (entré/sortie)	
			143	13
5em jour	60	60	143	13

**Tableau III.12 :** Les paramètres de pollution le DBO5 du 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usée traité par le polymère X

T (jour)	DBO5 (entré)	DBO5 (sortie)	Les valeurs Limites (entré/sortie)	
			143	13
5eme jour	200	80	143	13

**Tableau III.13 :** Les paramètres de pollution le DBO5 de 1<sup>er</sup> prélèvement d'eau usée traité par le PAM

Pour le PAM la DBO 5 après traitement de l'eau usée entré ou sortie, est la même après 5 jours néanmoins, reste dans les normes pour l'entrée brute, le traitement du brute sortie est très élevé des normes de la station de l'ONA, le polymère a l'état gel va piéger les colloïdes et l'eau sera chargée.

Pour le polymère X nous constatons une augmentation de la DBO5, l'aspect gel plus prononcé que le PAM va charger l'eau ce qui rejoint la turbidité élevée retrouver pour ce dernier.

On constate d'après l'ensemble des résultats que le temps de contact joue un rôle important à la clarification de l'eau usée plus les polymères restent en contact avec l'eau plus il ne précipite pas plus le gel gonfle et il est très difficile de se débarrasser de ces flocculant.

### III.9 Le traitement de 2eme prélèvement

Un nouveau traitement a été réalisé cette fois si avec 600ml d'eau usées, on va doubler la masse de flocculant à 4g et on va le suivre en minimisant le temps de contact des polymères avec l'eau usée pendant 48 heures, l'eau a été analysé et les résultats de paramètres et physico-chimique sont les suivants :



Avant traitement	Ph		C ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )		
	7.33		1.94	12.5		
Après traitement	PAM			Polymère X		
	pH	C( $\mu\text{s/cm}$ )	T ( $\text{C}^{\circ}$ )	Ph	C ( $\mu\text{s/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
	4.85	4.9	21.2	5	3.52	16.8

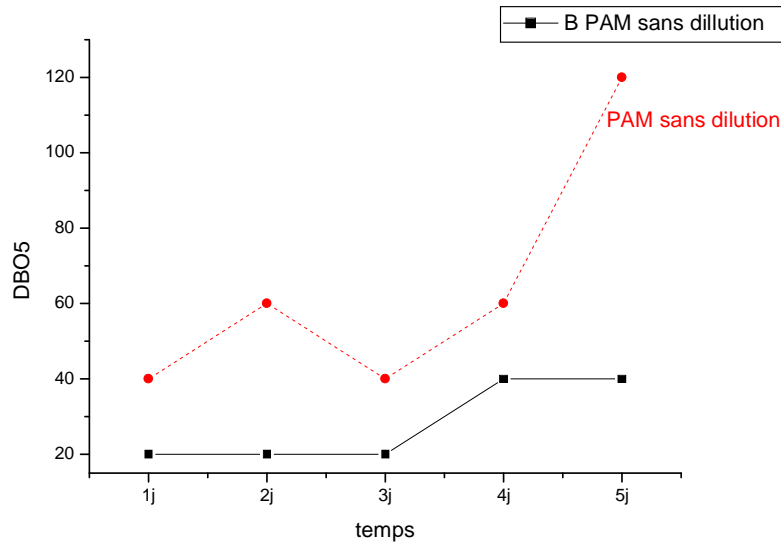
**Tableau III.14 :** Les paramètres physico-chimiques de 2eme prélèvement d'eau usée traité par le polymère X et le PAM

### III.9.1 Analyse de la DBO5

Vu les résultats obtenus de la DBO5 élevés vu la charge existante dans l' eau usée , nous avons effectué une dilution de l'eau usée et les résultats sont les suivants:

Temps (jour)	PAM (dilution)	PAM (sans dilution)	Poly X (avec dilution)	Poly X (sans de dilution)
1j	20	20	20	40
2j	20	40	20	40
3j	20	20	20	40
4j	40	20	20	40
5j	40	80	80	80

**Tableau III.15 :** Les paramètres de pollution le DBO5 de 2eme prélèvement d'eau usée traité par le polymère X et le PAM (avec dilution et sans dilution)



**Figure III.18 :** Les paramètres de pollution le DBO5 de 2eme prélèvement d'eau usées traité par le polymère PAM (avec dilution et sans dilution)

Après une dilution nous avons obtenus des résultats satisfaisants après dilution (enlevé), puisque le temps de contact a minimisé la DBO5 et la filtration étaient plus faciles.

### III.9.1.1 La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La DCO est teneur en oxygène consommée par les matières oxydable (réductrices) dans des conditions définies.

En fait, cette mesure correspond à une estimation des matières oxydable présente dans l'eau quelle que soit leur origine, organique ou minérale, biodégradable ou non.

#### III.9.1.1.1 Echantillonnage et prétraitement de l'échantillon

##### III.9.1.1.1.2 Lavage de l'appareillage

La verrerie utilisée doit être propre avec une solution de lavage à 10% d'acide sulfurique et doit être conservée à l'abri de la poussière. Ne pas utiliser de détergent. Cette verrerie est réservée uniquement pour l'emploi pour les essais de DCO.

##### III.9.1.1.1.3 Echantillonnage

Il est préférable les prélèvements dans des récipients en verre mais il est possible d'utiliser des récipients en polyéthylène.

Procéder à l'analyse de l'échantillon rapidement et avant 5 jours à partir de la date d'échantillonnage. Pour conserver l'échantillon, avant l'analyse ajouter 10 ml d'acide sulfurique (4ml/l) par litre d'échantillon et conserver à 4°C.

PAM (mg/l) (E1 traité)		POLY x (mg/l)		Eau usée brute	
Entré	sortie	entré	sortie	entré	sortie
4992	182	6336	6048		1728

**Tableau III.16 :** Les paramètres de pollution le DCO de 1<sup>er</sup>prélèvement d'eau usées traité par le polymère X et le PAM.

Eau usée+ PAM (E2)	Eau usée +poly X (E2)
3648	3168

**Tableau III.17 :** Les paramètres de pollution le DCO de 2eme prélèvement d'eau usées traité par le polymère X et le PAM.

D'après les résultats nous remarquons que la consommation d'oxygène par les oxydants chimiques forts dans les effluents afin d'oxyder les substances organiques et minérales de l'eau, vu la DCO élevé on note une présence de charge polluante importante dans les échantillons

### III.10 - Mesure du potentiel zêta

Le potentiel zêta est la mesure de l'intensité de la répulsion ou de l'attraction électrostatique ou électrique entre particules. C'est l'un des paramètres fondamentaux connus pour affecter la stabilité. La mesure apporte une vision détaillée des causes de dispersion, d'agrégation ou de floculation et peut être appliquée pour améliorer la formulation de dispersions, d'émulsions ou de suspensions. Une valeur élevée du potentiel zêta confère de la stabilité à une suspension, une valeur faible entraînera une agglomération ou floculation des particules en suspension.

La méthode la plus universelle pour mesurer le potentiel zêta consiste à soumettre la suspension à un champ électrique, et à mesurer la vitesse de déplacement des particules sous l'effet du champ électrique. Plus la charge d'une particule est élevée, plus sa vitesse de déplacement est élevée.

Le phénomène le plus connu et le plus exploité pour mesurer le potentiel zêta est l'électrophorèse, c'est-à-dire le mouvement de particules chargées, en suspension dans un

liquide, sous un champ électrique. Dans notre cas, le champ appliqué sera alternatif afin d'éviter la polarisation des électrodes.

Le Zetasizer Nano de Malvern Instruments offre un moyen simple, rapide et précis pour mesurer le potentiel zêta. Sa cellule capillaire jetable unique garantit qu'il n'y ait aucune contamination entre les échantillons, ce qui augmente la simplicité, la rapidité et la précision de la mesure.

La mesure du potentiel Zêta découle de la détermination de la mobilité de ces particules. La charge en surface des particules a été déterminée par mesure du potentiel zêta, à l'aide d'un appareil Zetasizer (Malvern Instruments). Il est généralement considéré qu'une suspension est stable à partir de 30 mV (en valeur absolue) (Figure III.18).

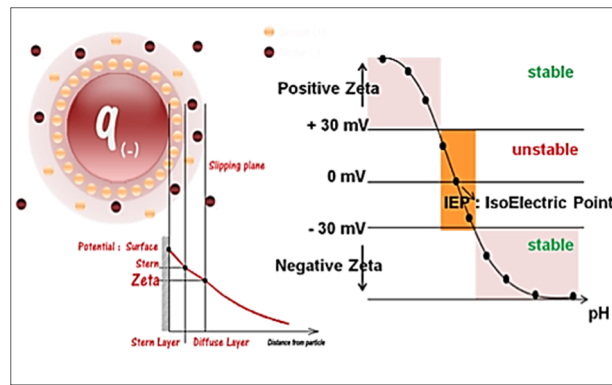


Figure III.19 : Schéma de présentation du diagramme du potentiel Zêta.

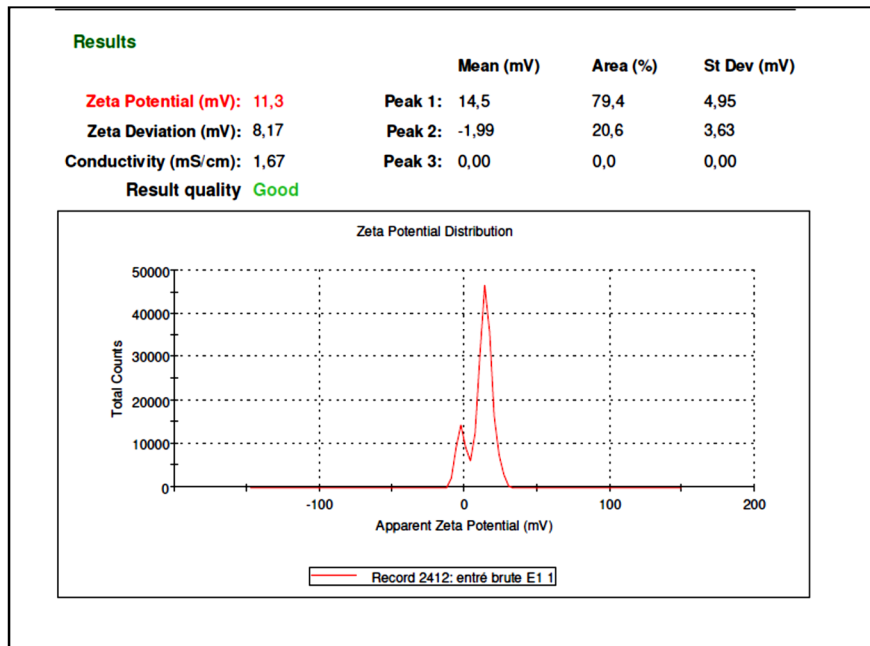


Figure III.20 : Analyse du potentiel zêta de l'eau usée entré brute(échantillon 1)

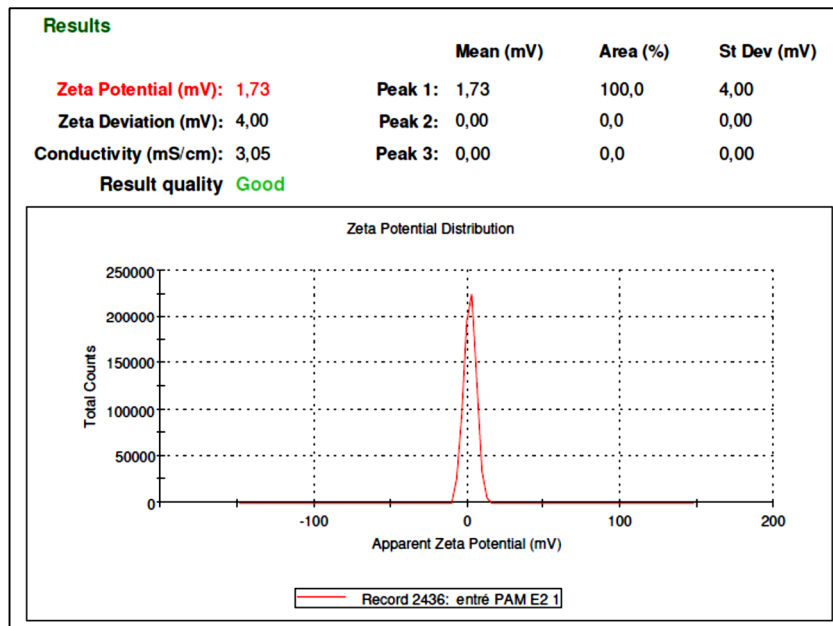


Figure III.21: Analyse du potentiel zéta de l'eau usée entré traité par PAM

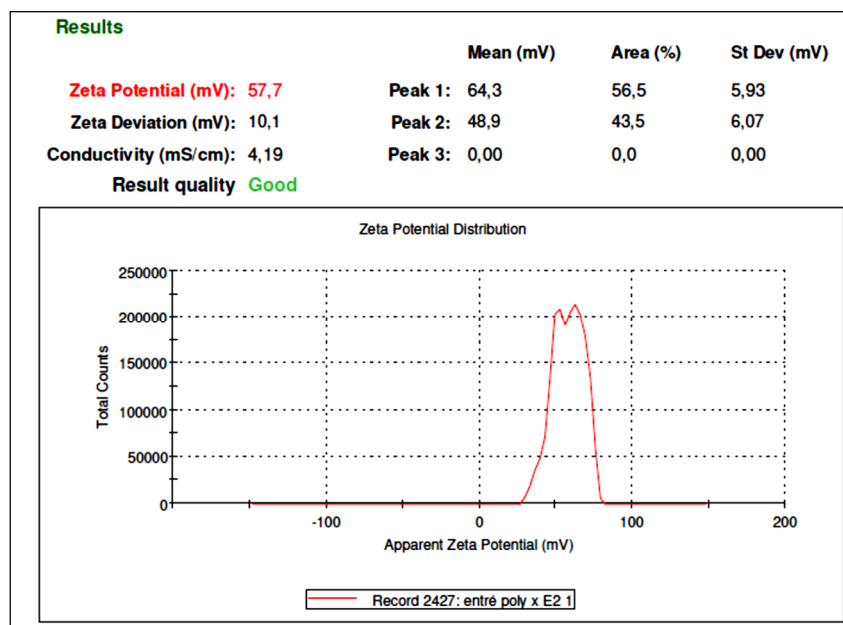


Figure III : 22 Analyse du potentiel Zeta de l'eau usée entré traité par polymère X

### Interprétation des résultats

Nous remarquons d'après les valeurs du potentiel Zeta , que le potentiel zêta de l'eau usée brute a été diminué par traitement du PAM ce qui est expliqué par la déstabilisation des colloïdes ce qui réduit le potentiel zêta par réduction de la charge des particules en solution en ajoutant, le coagulant pour réduire la charge ou le floculant qui réduit la charge aussi par

agglomération ou par pontage, par contre on note une augmentation du potentiel de l' eau traité par le polymère X donc le polymère X n'est pas adéquats pour la technique utilisé .

### **III.11 La boue activée**

#### **III.11.1 Définition d'une boue d'épuration**

Les boues sont des déchets résultants d'une épuration d'eaux usées d'origine domestique ou industrielles. Elles sont composées d'eau et de matière sèche dans lesquelles se trouvent des éléments polluants et les métaux lourds. Les boues sont riches en matières organiques et en éléments fertilisants comme l'azote et le phosphore, elles présentent un intérêt certain dans le domaine agricole et autre [14].

#### **III.11.2 Les différents types des boues d'épuration**

##### **a- Les boues primaires**

Elles se forment par le dépôt des matières décan tables contenues dans les eaux usées non traitées [15]

##### **b Les boues physico-chimiques**

Qui renferment la quasi-totalité de la pollution particulaire et colloïdale enlevée à l'eau. Ainsi que la quantité de réactifs ajoutés qui se retrouvent dans les boues sous forme d'hydroscopes métallique ou de précipités minéraux (carbonate, phosphate... etc...) [15].

##### **c- Les boues biologiques**

Sont essentiellement formées par les résidus de bactéries « cultivées » dans les ouvrages d'épuration. Ces bactéries se nourrissent des matières organiques contenues dans les eaux usées, et les digèrent [14]

##### **d- Les boues de fermentation**

Qui sont les boues soumises à la fermentation méthanique dans les digesteurs. Le processus de digestion réduit leur volume à environ deux tiers de la teneur initiale en matière solide. Elles contiennent selon leur degré d'épaississement 90 à 96% d'humidité [15].

#### **III.11.3 Formation des boues**

Les traitements réalisés en station d'épuration consistent à dégrader et séparer les polluants de l'eau (particules, substances dissoutes, microorganismes) par des procédés physico-chimique et biologiques pour ne restituer au milieu aquatique qu'une eau de qualité suffisante au regard du milieu récepteur. Le résultat de ces opérations est la production de boues qui sont le principal sous-produit du cycle de traitement de l'eau [16].

### III.11.4 Classification des boues [17]

Les boues sont classées comme indiqué dans le tableau suivant :

Classe	Provenance
Organiques hydrophiles : très organiques, elles contiennent 40 à 90% de matière volatiles	<p><b>Boues issues :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Des usines d'épuration ;</li> <li>– Du traitement des eaux résiduaires des industries agricoles et alimentaires ;</li> <li>– Du traitement des eaux résiduaires des industries textiles</li> </ul>
Huileuses hydrophiles : elles contiennent des huiles minérales ou des hydrocarbures.	<p><b>Boues issues :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Du traitement des eaux résiduaires de raffineries ;</li> <li>– Du traitement des eaux résiduaires des ateliers mécaniques ;</li> <li>– Du traitement des eaux résiduaires des laminages et de la métallurgie.</li> </ul>
<p>Huileuses hydrophobes : elles contiennent des oxydes mélangés à des huiles minérales</p> <p>Minérales hydrophobes : elles contiennent des fortes proportions d'hydroxydes métalliques.</p>	<p>Boues issues du traitement des eaux résiduaires de laminoir</p> <p>Boues hydroxydes issues :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Du traitement des eaux résiduaires du traitement de surface des métaux.</li> <li>– Du traitement des eaux résiduaires de fonderie</li> </ul>
<p>Minérales hydrophobes : Elles contiennent une forte proportion de carbonates.</p> <p>Fibreuses : elles contiennent de 20 à 80% de fibres</p>	<p>Boues de décarbonatation issues du traitement des eaux de rivière ou de forage.</p> <p>Boues de sidérurgie.</p> <p>Boues de lavage des gaz et fumées</p> <p>Boues issues du traitement des eaux résiduaires de papeterie ou cartonnerie.</p>

**Tableau III.18 :** Classification des boues

### - Mode opératoire

Dans un soucis de savoir la quantité de polymère X nécessaire pour sécher la boue activée qui utilisé par l'organisme del' ONA dans un laps de temps aussi court que possible , nous avons pris une masse de 2g de boue activée +4ml d'eau usées .

On va jouer sur la concentration du polymère en gardant la même quantité de boue activée, 3 solutions de flocculant X a concentration différentes :0.3g /100ml ,0.5g /100ml ,1g /100ml de polymère X . on a décidé de varier le volume ajouté a la boue , pour chaque concentration préparée (5ml ,10ml ,20ml ,40ml )

Afin d'évaluer la déshydratation ,on va mesurer tous les trois jours la masse, les échantillons de boue activée ont été maintenue à l'air libre a une température de 21C°. Résultats sont mentionnés annexe 1.

La température est l'un des paramètres important pour le séchage de la boue ,puisque la même expérimentation a été refaite a une température de 30C° pour une seule masse , le tableau montrant la baisse de masse rapide est mentionné dans l'annexe 1 .

### Interprétation des résultats :

D' après le tableau annexe 2, quand on augmente le volume de solution du polymère X a 40ml c' est très difficile dessécher la boue pour un volume de 5,10,20ml la différence de perte de masse au bout de 28 jours est peu changeante , on obtient la même masse initiale de 2 g de boue après 28 jours ,pour une volume de 10ml de concentration 1g/100ml

L'augmentation de la température fais déshydrater la boue de 7 jours pour le volume le faible (5ml ) et la concentration la plus faible ( 3g/100ml) **Annexe 2**

On considère que la température élevé a une influence sur le séchage de boue activée dans une période de temps courte

## III.12 Etude de traitement de lixiviat :

### III.12.1 Définition de lixiviat :

Les lixiviats sont produits par la percolation des eaux de pluie et de ruissellement à travers les déchets stockés dans les décharges [18] .La mobilisation des constituants des déchets par l'eau se fait d'une part par une mise en solution de ces constituants et d'autre part par un entraînement mécanique : particules en suspension, colloïdes...

La plupart des réactions chimiques sont «catalysées » par les microorganismes et les cinétiques observées dépendent principalement du type de transformations bactériennes qui ont lieu dans la décharge.



Il est généralement admis que les lixiviats sont de nature différente selon l'âge de la décharge. Il existe cinq étapes caractéristiques de l'évolution d'une décharge [19].

### III.12.2 Mode opératoire :

600 ml de lixiviat brute a été mélangée a 2g de coagulant , le sulfate d'aluminium  $Al_2(SO_4)_3$  et 4g deux flocculants : PAM et le polymère X. Sous les mêmes conditions opératoires, le traitement a pris 10 jours de .Des analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau de station de surveillance de la wilaya de Tiaret.

Les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

### III.12.3 Les paramètres physiques :

#### III.12.3.1 La température :

T (jour)	PAM (	poly X	Les valeurs Limites de l'ONA
	Température (°C)	Température (°C)	
Avant traitement	13.4		12 °C ≥ Température (°C) ≤ 25 °C
J2	14.1	16.5	
J4	19.4	18.7	
J7	20.7	20.4	
J8	21.9	23.4	
J10	21.4	21.2	

**Tableau III.19 :** Evolution de La température de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret avant filtration

### III.12.3.2 Mesure des M.E.S (Matières en suspension)

#### III.12.3.2.1.Définition de M.E.S

C'est la fraction non dissoute dans un effluent qu'elle soit décantables ou non. Ce sont des matières insolubles, fines, minérales ou organiques, biodégradables ou non. Les MES contribuent aussi à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité [20].

#### III.12.3.2.2.Principe de M.E.S

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle [21].

La teneur de la matière en suspension est obtenue par la formule suivante :

$$MES_{(mg/l)} \frac{P_1 - P_0}{V} \times 1000$$

**Tel que :**

**p<sub>0</sub>** : poids initiale du filtre vide en mg.

**p<sub>1</sub>** : poids du filtre après filtration et séchage en mg.

**V** : volume de l'eau filtré en ml.

Les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

Masse (g)	MES avec le PAM	MES avec le polymère X
Masse (MES) humide	17.71 g	23.52 g
Masse de (MES) séché	7.73 g	2.64 g
Masse de filtre vide	1.39 g	1.39 g
Le volume de lixiviat filtré	600ml	600ml
M.E.S calculé (mg/l)	10.56	2.08

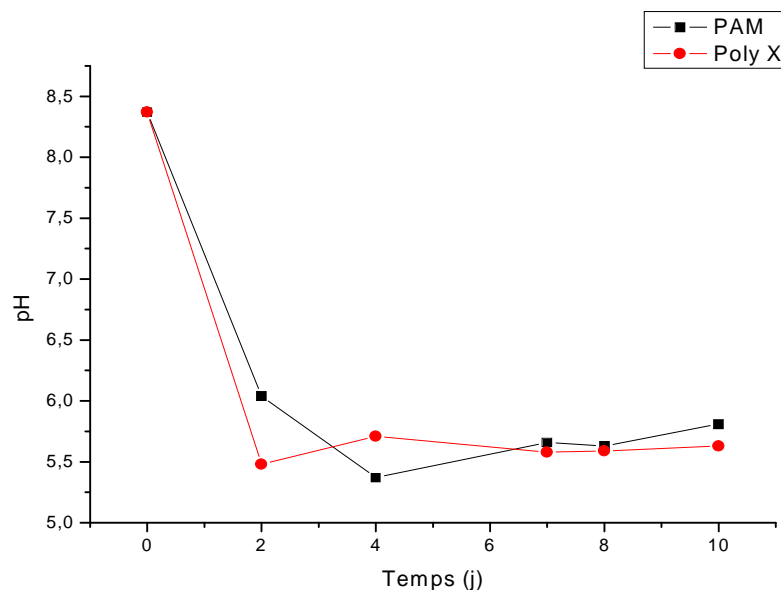
**Tableau III.20 :** Les valeurs de M.E.S du lixiviat de CET de wilaya de Tiaret après filtration

### III.12.4. Les paramètres chimique

#### III.12.4.1 Le PH :

T (jours)	pH	Les normes de l'ONA
Avant traitement	8.37	4.5 ≥ PH ≤ 9

**Tableau III.21 :** Evolution de pH du lixiviat du CET de la wilaya de Tiaret avant filtration



**Figure III.23 :** Evolution de pH de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret avant filtration

### Interprétation des résultats

Le pH mesuré est dans la moyenne après traitement, même si on note une baisse de celui-ci après l'ajout du coagulant, la MES est très importante pour le PAM qui est un bon floculant en comparant avec polymère X. La température reste dans les normes pour une bonne activité bactérienne pour les deux polymères

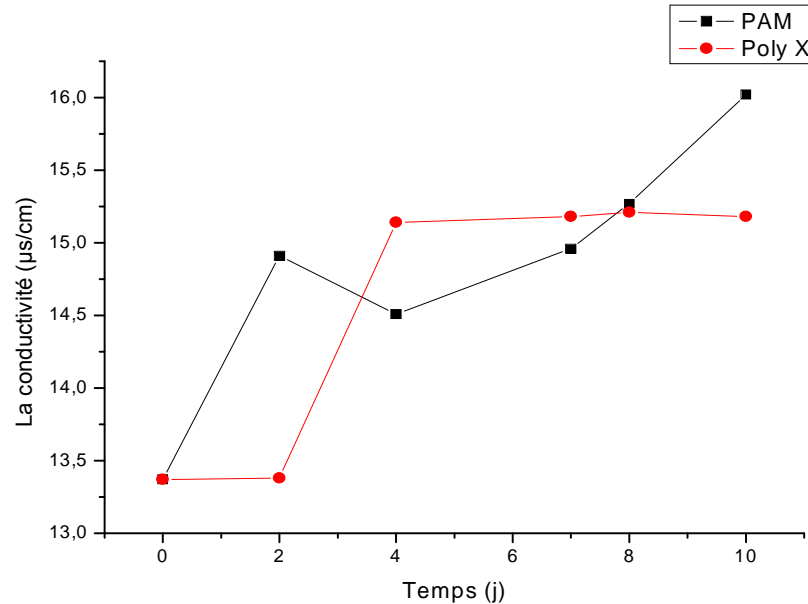
#### III.12.4.2 : Conductivité

T (Jours)	Pour le PAM	Le poly X	Les valeurs Limites de l'ONA
	La conductivité (µs/cm)	La conductivité (µs/cm)	
<b>Avant traitement</b>	13.37		
<b>J2</b>	14.91	13.38	25 ≥ La conductivité (µs/cm) ≤ 35
<b>J4</b>	14.51	15.14	
<b>J7</b>	14.96	15.18	
<b>J8</b>	15.27	15.21	
<b>J10</b>	16.02	15.18	

**Tableau III.22 :** Evolution de la conductivité électrique (CE) de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret avant filtration

### Interprétation des résultats

D'après le tableau la conductivité du lixiviat a légèrement augmenté comparant à la conductivité du lixiviat brute, le PAM montre une conductivité plus importante, que le polyX, néanmoins elle reste toujours dans la moyenne acceptable. Le traitement a donné une bonne mobilité de charge colloïdale.

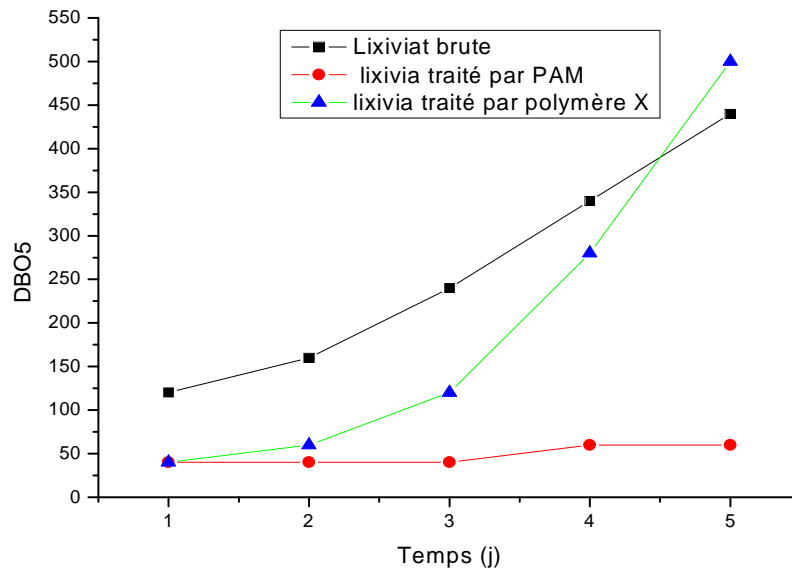


**Figure III.24 :** Evolution de la conductivité électrique (CE) de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret avant filtration

#### III.12.4.3. La DBO5 :

T (Jours)	Lixiviat brute	lixivia traité par PAM	lixivia traité par polymère X	Les valeurs Limites de l'ONA
<b>J1</b>	120	40	40	20 (mg/l) ≥ BDO <sub>5</sub> (mg/l) ≤57000 (mg/l)
<b>J2</b>	160	40	60	
<b>J3</b>	240	40	120	
<b>J4</b>	340	60	280	
<b>J5</b>	440	60	500	

**Tableau III.23 :** Paramètres de pollution (DBO5) de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret après filtration



**Figure III.25 :** Paramètres de pollution (DBO<sub>5</sub>) de lixiviat de CET de la wilaya de Tiaret après filtration

D'après ces résultats nous remarquons que le lixiviat brute montre une charge polluante importante, après traitement cependant la DBO<sub>5</sub> a varié en ajoutant les deux polymères, le PAM reste un excellent coagulant par son aspect de gel pour agglomérer les particules, par l'effet des ponts existant, le polymère X n'est pas très efficace pour le traitement du lixiviat

Après 5 jours, la décantation des floccs s'est produite et une clarification du lixiviat était visible.

### III.13 Rapports DCO/DBO<sub>5</sub>

Le rapport entre DCO et DBO<sub>5</sub> est souvent très différent de celui des eaux résiduaires urbaines (ERU). Il évolue en divers stades du traitement. La valeur de la DCO est toujours plus élevée que celle de la DBO<sub>5</sub> [22], Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est l'indice de la biodégradabilité d'une eau [23],

Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport doit être inférieur à 2,5 [25], Pour les effluents industriels, qui peuvent contenir une fraction notable de composés non biodégradable, on pourra considérer selon le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> que l'aptitude à la biodégradation est plus au moins favorable à un traitement biologique, les règles suivantes étant généralement retenues :

- DCO/DBO5 < 3 effluent facilement biodégradable ;
- 3 <DCO/DBO5< 5 effluent moyennement biodégradable
- DCO/DBO5 > 5 effluent difficilement biodégradable.
- DCO/DBO5 > 5 effluent difficilement biodégradable.

Les tableaux suivants montrent le pourcentage de la biodégradabilité des effluents :

<b>1<sup>er</sup> Echantillon</b>	<b>Eau usée +PAM (entré)</b>	<b>Eau usée +PAM (sortie)</b>	<b>Eau usée + poly X (entré)</b>	<b>Eau usée +polyX (sortie)</b>
<b>DCO/DBO<sub>5</sub></b>	DCO/DBO5 > 5	3 <DCO/DBO5 < 5	DCO/DBO5 > 5	DCO/DBO5 > 5
<b>résultats</b>	effluent difficilement biodégradable.	effluent moyennement biodégradable	effluent difficilement biodégradable.	effluent difficilement biodégradable.

**Tableau III.24 :** Rapport de biodégradabilité des effluents d'eau usée traité par PAM et polymère X de 1<sup>er</sup> échantillon

<b>1<sup>er</sup> Echantillon</b>	<b>Brute (entré)</b>	<b>Brute (sortie)</b>
<b>DCO/DBO<sub>5</sub></b>	DCO/DBO5 > 5	DCO/DBO5 > 5
<b>résultats</b>	effluent difficilement biodégradable.	effluent difficilement biodégradable.

**Tableau III.25 :** Rapport de biodégradabilité des effluents d'eau usée brute de 1<sup>er</sup> échantillon

	Eau usée +PAM		Eau usée +polymère X	
<b>Echantillon</b> 2	Avec dilution	Sans dilution	Avec dilution	Sans dilution
<b>DCO/DBO<sub>5</sub></b>	DCO/DBO <sub>5</sub> > 5	DCO/DBO <sub>5</sub> > 5	DCO/DBO <sub>5</sub> > 5	DCO/DBO <sub>5</sub> > 5
<b>Résultats</b>	effluent difficilement biodégradable.	effluent difficilement biodégradable.	effluent difficilement biodégradable.	effluent difficilement biodégradable.

**Tableau III.26** : Rapport de biodégradabilité des effluents d'eau usée traité par PAM et polymère X de 2eme échantillon.

D'après le rapport DCO /DBO<sub>5</sub> nous constatons que les échantillons prélevés ne sont pas de nature biodégradables, ce qui laisse à prétendre ,que les échantillons sont de nature, industriels et non pas domestiques.

### III.14 Spectrométrie d'absorption atomique (SAA)

#### III.14.1 Introduction

Dans la spectrométrie d'absorption atomique, l'échantillon est chauffé par une flamme ou dans un four, jusqu'à ce que l'élément atomise. Les atomes absorbent la lumière à la ligne de résonance. L'atténuation de l'intensité du faisceau lumineux peut être mesurée. Le cadmium dans le sang, l'urine, les cheveux, la salive et le lait humain est principalement analysé avec la spectrométrie d'absorption atomique du four en graphite (GF-AAS), également connu sous le nom d'AAS électrothermique (ET-AAS). Les échantillons sont généralement préparés par digestion avec de l'acide nitrique solubilisant (Triton® X-100) ou modificateurs matriciels (Par exemple, l'hydrogénophosphate de di ammonium, les composants Pd) sont ajoutés à une très faible concentration de cadmium, la pré-concentration peut être réalisée par chélation et extraction avec un mélange de solvants organiques.

#### III.14.2 Principe de fonctionnement de la spectroscopie d'absorption atomique

L'absorption atomique est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique[30].Le principe en est simple :il s'agit donc obtenir des atomes à l'état fondamental, relire l'absorption causée par ces atomes à leur nombre et ensuite ce nombre à leur concentration dans la

solution à doser. Pour cela, un faisceau de lumière monochromatique de fréquence telle qu'il soit absorbable par l'élément à doser est envoyé dans une vapeur atomique de cet élément. La mesure de l'intensité lumineuse, avant et après le passage dans la vapeur atomique permet de déterminer le pourcentage d'absorption. Techniquement, cela se produit en deux étapes successives : l'atomisation qui permet d'obtenir des atomes libres et la mesure qui permet d'avoir la concentration de l'élément à doser. En effet si l'on compare cette méthode à une colorimétrie classique suivant la loi de Beer-Lambert on retrouve les mêmes éléments ; mais les difficultés sont plus grandes.

Le milieu absorbant qui doit être produit par transformation du produit à doser ; n'est pas une solution liquide de concentration constante : mais un gaz dont la concentration est sujet à beaucoup plus de fluctuation. En outre, les atomes peuvent exister dans cette vapeur à des niveaux d'énergie différentes ; et il faut que le plus grand nombre possible se trouve à un niveau compatible avec l'absorption c'est-à-dire au niveau fondamental. L'absorption est un phénomène probabiliste et il faut avoir suffisamment de photons et d'absorbants pour pouvoir étudier le phénomène (et pour que les détecteurs fonctionnent). On peut remarquer que l'absorption est limitée par deux "bornes" : s'il n'y a pas d'espèces absorbantes, aucun photon ne sera absorbé et le milieu sera parfaitement transparent (quel que soit d'ailleurs les longueurs d'onde des photons) [31] Si la concentration des espèces absorbantes devient infinie, plus aucun photon va arriver au détecteur et le milieu sera opaque, au moins dans les bandes d'absorption C'est pour cette raison que les absorptions (ou) les transmissions sont exprimées en pourcentage, le premier cas correspondant à une absorption de 0% (ou une transmission de 100%), le deuxième cas correspond quant à lui à une absorption de 100% (ou une transmission de 0%) dans la bande d'absorption. Pour les cas intermédiaires, l'absorption va varier entre 0 et 100% suivant la concentration, mais suivant aussi la longueur d'onde des photons, l'absorption étant maximum (pour une concentration donnée) au maximum du profil d'absorption. Il convient également de rappeler que la lumière doit être assez rigoureusement monochromatique c'est-à-dire plus étroite que les profils d'absorption, et si possible centrés sur les maxima d'absorption où l'absorption est maximum pour une concentration donnée.

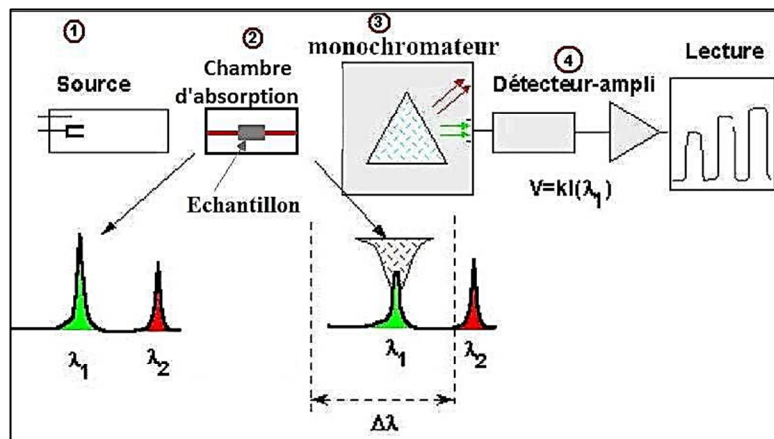
L'intensité émise doit être constante, c'est-à-dire la source stable [33] Enfin il faut ; lors de la mesure de l'intensité lumineuse après absorption ; éliminer l'absorption due à la réémission des atomes excités ; mais aussi au spectre propre de la flamme. [34].



### III.14.3 Appareillage

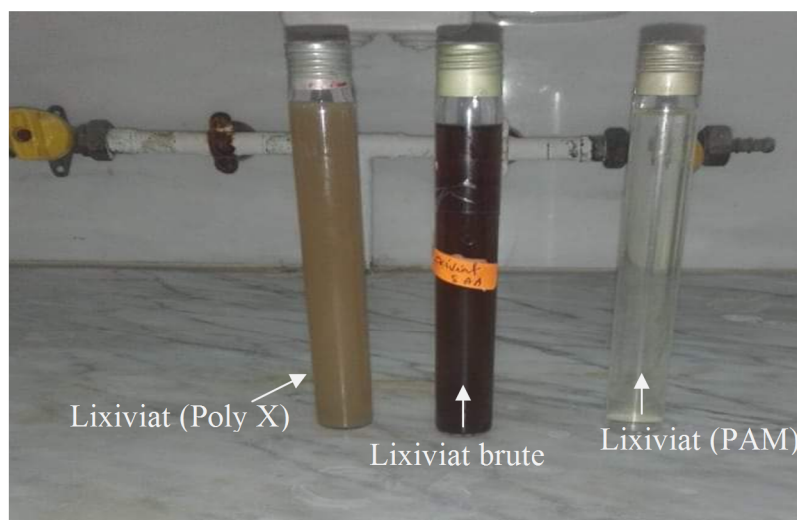
Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique comportent quatre parties principales :

- ▀ Le faisceau lumineux issu de la source (1)
- ▀ La chambre d'absorption (flamme ou four) (2) dans laquelle l'élément se trouve porté à l'état atomique.
- ▀ Monochromateur (3) qui sélectionne un intervalle très étroit de longueurs d'onde.
- ▀ Détecteur (4)



**Figure III.26 :** Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique [30].

Les résultats de l'analyse des métaux lourds, du lixiviat, sont résumés dans le tableau suivant :



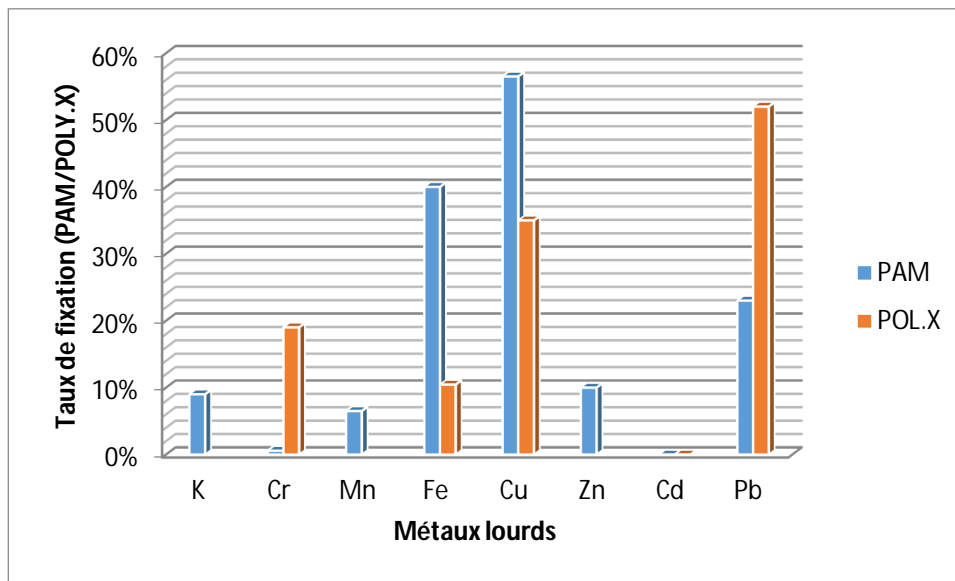
**Figure III.27 :** Echantillons de lixiviat analysée par le SAA

Les résultats de l'analyse de lixiviat avant et après traitement sont présentés dans le tableau suivant :

	TUBE1EXI B T	TUBE2 PAM	TUBE3 POLY
<i>K (ppm)</i>	61,22	55,74	62,74
<i>Cr (ppb)</i>	163,73	162,8	132,74
<i>Mn (ppb)</i>	187,51	175,41	198,12
<i>Fe (ppb)</i>	687,37	419,54	692
<i>Cu (ppb)</i>	39,21	17,05	35,11
<i>Zn (ppb)</i>	37,27	33,54	24,43
<i>Cd (ppb)</i>	0	0	0,01
<i>Pb (ppb)</i>	11,72	9,07	5,61

**Tableau III.27 :** Concentration d'absorption des métaux lourds dans lixiviat avant et après traitement

A partir de ces résultats nous avons calculé le taux de fixation des métaux lourds par le PAM et le polymère X, le graphique cidessous montre la différence de rétention.



**Figure III.28 :** Taux de fixation des métaux lourds par le PAM et POLYM.X

D'après cette histogramme nous remarquons que le meilleur fixateur de métaux lourds est bien le PAM puisque le Polymère X va fixer a des taux anormaux en ce qui concerne le Cr ,Mn . On peut conclure que le PAM a une affinité pour le Fe et Cu et le polymère X le Pb et Cr.

- 
- [1] Muller, G., Laine, J.P., and Fenyo, J.C., J. Polym. Sci., Polym. Chem. Ed., vol. 17, pp. using Fe (III) coagulant, Color. Technol. 116, 352-358. (2000)659-672 **1979**.
- [2] Klein, J. and Heitzman, R., Makromol. Chem., vol. 179, no. 8, pp. 1895-1904 **1978**.
- [3] The Aldrich Library of infrared spectra. Ed. III Charles J. Pouchert, Aldrich Chemical Company, Inc.
- [4] . EzzianeS., **2007**.
- [5] Hernández De León H.R., 2006.
- [6] I. NEAMTU\*, A. P. CHIRIAC, L. E. NITA., Characterization of poly (acrylamide) as temperaturesensitive hydrogel., J.OPT. ADV. MAT., vol8. P 1939 – 1943. **2006**.
- [7] GRAVELEAU, **2005**.
- [8] Grunditz&Dalhaùar, **2001**.
- [9] Foutlane, **2005**.
- [10] Hamdanide, **2002**.
- [11] STEP, **2005**.
- [12] RICHARD, **1978**.
- [13] Eckenfelder, **1982**.
- [14] BELHUOARI et OUARDAS, **2009**.
- [15] EMILIAN, **2004**.
- [16] GUY, **2003**.
- [17] GUIBLIN, **1999**.
- [18] Obbard et al, **1999**.
- [19] Wagner ET Vasel **1997**.
- [20] GAID ,1999 ; KAYODE, **2004**.
- [21] RODIER, **1996**.
- [22] Gros Claude, **1999**.
- [23] Koller, **2009**
- [25] Bordet, 2007 ; Rodier et al. **2009**.
- [26] Rodier et al. **2009**.
- [27] RODIER. J. L'analyse de l'eau. 7eme édition, Dunod. **1984**.
- [28] Procédures d'opération standard .ver.1.01.Oct. le **2011**.
- [29] RODIER, **1978**
- [30] Bendada.K, Boulakradeche.M W. Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la détermination de la

pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds : Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene (U.S.T.H.B) ; **2011**.

[31] Hammon.M, Pellerin.F, Guernet.M, Mahuzier.G. Méthodes spectrales et analyse chimique. Chimie analytique. **1990**.

[32] Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation spectrométrie d'absorption atomique. Axe " Génie des Procédés", centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Etienne.

[33] M.hamoun.Fpellerin. chimie analytique tom 3 méthodes spectrales et analyses organiques **1979/1990**.

[34] Rouessac F, Rouessac A. Analyse chimique méthodes et techniques instrumentales modernes. Dunod, Paris. **2004**.

---

# Conclusion générale

Le processus de coagulation-floculation et décantation a fait apparaître divers mécanismes, souvent complexes et dépendant fortement du pH de l'eau à traiter. En outre, les chercheurs s'intéressent de plus en plus à optimiser cette étape pour un meilleur abattement des polluants, notamment organiques. Certains ont porté leur choix sur l'amélioration des performances des réactifs coagulants et adjuvants de floculation. Mais la plupart des travaux s'accordent à conclure que l'optimisation et l'ajustement de paramètres physico-chimiques de l'eau ou du dosage du coagulant peuvent conduire à une floculation et une élimination des matières en suspension, des matières colloïdales et des macromolécules susceptibles de communiquer à l'eau une turbidité ou une couleur indésirable. Il s'agit de matières organiques aussi bien que minérales.

Dans ce modeste travail on a commencé d'abord par la synthèse du polyacrylamide et sa caractérisation par différentes techniques : RMN, DSC, IR ..., les résultats donnés sont en faveur avec la structure du PAM préconisée.

Le PAM a été pris comme flocculant pour le traitement des effluents tels que l'eau usée et le lixiviat, un suivi du traitement a été réalisé une étude comparative entre deux polymères le PAM et un polymère X dont on connaît pas la structure ramenée au près de l'organisme de l'ONA, à partir des résultats des analyses physico-chimie obtenue et l'étude zétamétrique on constate que le meilleur flocculant est le PAM néanmoins on a noté une turbidité élevée pour deux raisons : l'eau traitée est chargée et le flocculant est macromolécule sous forme de Gel une filtration très serrée est primordiales pour un bon résultats. Ces résultats montrent que le PAM a un rôle très efficace dans le traitement des eaux usées et même du lixiviat par rapport au polymère X.

La SAA a montré que le PAM retient certains métaux lourds tous comme le polymère X, par contre certains métaux qui dépendent de la taille et l'affinité du PAM, donne une meilleure fixation de celui-ci.

Les eaux usées récupérées à partir de la station d'épuration (ONA) ne sont pas de nature domestique suite aux conclusions du rapport étudié par nos soins (DCO/DBO<sub>5</sub>) qui définit que les effluents traités ne sont pas de nature organique (difficilement biodégradables), on peut conclure vu la charge des eaux usées ce sont plus d'origine industrielle que domestique.

Le traitement effectué nous pousse à faire une étude plus poussée pour se débarrasser du polymère qui sous forme de gel qui donne un trouble au effluents testés, pour continuer nos investigations pour un traitement biologique suite aux analyses bactériologiques des effluents après traitement, pour une utilisation ultérieure de l'eau surtout ou même

### *Conclusion générale*

---

bactériologiques des effluents après traitement , pour une utilisation ultérieure de l' eau surtout ou même pour améliorer sa qualité ,si il est rejeté dans la nature .



## Résumé

La protection de l'environnement est un problème majeur pour l'humanité. Un volet important et vital concerne la préservation des ressources en eaux, en effet ces dernières sont menacées par une pollution diffuse et multiforme aggravée par le progrès dans le bien être de l'homme, une industrialisation sauvage et une démographie galopante. Dans le cadre de traitement des eaux, des techniques conventionnelles et nouvelles ont été appliquées à savoir : la coagulation-floculation. Elle est basée sur l'ajout de coagulants sulfate d'aluminium), cette technique est la plus utilisée dans les stations de traitement, ce procédé a démontré une efficacité meilleure par rapport aux autres procédés. Le polyacrylamide(PAM) utilisé dans notre travail a été synthétisé par polymérisation radicalaire en présence d'un agent réticulant afin d'augmenter l'efficacité du polymère autant que gel, dans cette application on a essayé de traiter le lixiviat et une eau usée directement prélevée de la station d'épuration et les traiter par 2 floculant différents le polyacrylamide et un polymère X (industriels), et après nous avons effectué une étude comparative pour les deux floculants, ces analyses ont été effectuées par des méthode standardisées :pH, DBO5, DCO turbidité,,,les résultats obtenus ont démontrés l'efficacité du polyacrylamide préparé comme floculant en comparant avec le floculant X.Le polyacrylamide a été caractérisé par différents techniques :IR,RMN<sup>1</sup>H et <sup>13</sup>C,DSC,DRX. Les résultats obtenus laisse à prédire que la méthode utilisé en complétant par un trainement biologique et une désinfection l'eau usée peut être réutilisé pour l'irrigation par exemple ou le nettoyage .

**Mots clés :** coagulation, floculation PAM, DBO<sub>5</sub>, DCO, pollution.

### Summary:

The protection of the environment is a major problem for humanity. An important and vital aspect concerns the preservation of water resources, in fact the latter are threatened by a diffuse and multifaceted pollution aggravated by the progress in the well-being of man, a savage industrialization and a galloping population. In the context of water treatment, conventional and new techniques have been applied namely: coagulation-flocculation. It is based on the addition of aluminum sulfate coagulants), this technique is the most used in treatment plants, this process has demonstrated better efficiency compared to other processes. In this application we tried to treat leachate and wastewater to be treated by 2 flocculants deferential polyacrylamide and a polymer X (industrial), and after we made a comparative study of treatments and analyzes of samples compared to flocculent available these analyzes were carried out by standard methods: pH, BOD5, COD turbidity,,, for obtaining good treatment results and demonstrates that flocculent can do a good treatment. The results inform us that the method used can allow us to reuse treated wastewater after a bacteriological and microbiological analysis. Polyacrylamide was characterized by IR.RMN.DRX.DSC.

**Key words:** coagulation, PAM flocculation, BOD, COD, pollution

حملة البيئة هي مشكلة كبيرة للبشرية. هناك جانب هام وحيوي يتعلق بالحفاظ على موارد المياه ، وفي الواقع فإن هذا الأخير مهدد بالتلوث المنتشر والمتعدد الأوجه والذي تفاقم بسبب التقدم في رفاهية الإنسان والتصنيع الوحشي والسكان المتخلفين. في سياق معالجة المياه، تم تطبيق التقنيات التقليدية والجديدة وهي: التخثر - التلبد. يعتمد على إضافة مخثرات كبريتات الألومنيوم) ، وهذه التقنية هي الأكثر استخداماً في محطات المعالجة ، وقد أثبتت هذه العملية كفاءة أفضل مقارنة بالعمليات الأخرى. تم تصنيع بولي أكريلاميد (PAM) المستخدم في عملنا عن طريق البلمرة الجذرية في وجود عامل تشابك من أجل زيادة كفاءة البوليمر بقدر الجمل ، في هذا التطبيق ، حاول معالجة المادة المرشحة ومياه الصرف مباشرة. مأخوذة من محطة المعالجة ومعالجتين مختلفتين من بولي أكريلاميد فلوكلولاميد وبوليمر X (صناعي) ، وبعد أن أجرينا دراسة مقارنة عن المرسيين ، أجريت هذه التحليلات بطرق قياسية pH ، BOD5 ، عكارة COD ،،، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها فعالية polyacrylamide المحضرة كمادة flocculant بمقارنتها مع flocculant X. تميز polyacrylamide بتقنيات مختلفة IR ، NMR و C 13 ، DSC ، DRX. النتائج التي تم الحصول عليها بأن الطريقة المستخدمة في التزويد بالتدفق البيولوجي والتطهير بالمياه المستخدمة يمكن إعادة استخدامها على سبيل المثال الري أو التنظيف.

**الكلمات المفتاحية:** التخثر ، تكملة PAM ، BOD5 ، COD ، التلوث.