

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université 8 Mai 1945 Guelma  
Faculté des Sciences et Technologie  
Département de Génie des Procédés

**Filière** : Génie des Procédés  
**Spécialité** : Génie Chimique

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

**MASTER**

=====

**Dégradation de la matière organique dans le traitement  
biologique des eaux accidentellement huileuses**

=====

**Par :**

- BOUADAM Rania
- BOUHAMLA Imane

**Dirigé par :**

Pr .LAHIOUEL Y Directrice de mémoire

2020

## Remerciements

*Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir données la force, le courage et la volonté pour la réalisation de ce travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur*

*Pr. LAHIOUEL YASMINA pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.*

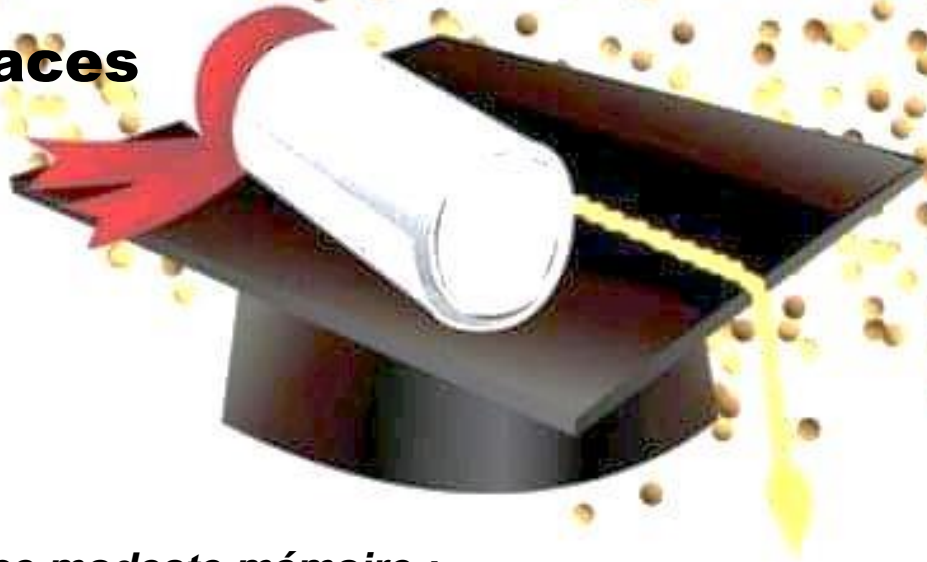
*Nous tenons à remercier vivement les membres du jury de juger ce modeste travail.*

*Nous remercions aussi Mr BOUZIANE SALAH le chef de département de l'unité HSI au niveau de la raffinerie de Skikda RAİK pour son aide et ses explications au cours du stage pratique.*

*Nous remercions chaleureusement le personnel du complexe de raffinage de Skikda RAİK pour leur aide, surtout les gens qui travaillent à la station d'épuration ETP II (U1101) pour tous les efforts qu'ils ont fait pour nous aider et les informations qu'ils nous ont fournies.*

*Nos remerciements vont aussi aux enseignants du Départements de Génie des Procédés ainsi que toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin dans notre formation.*

# **Dédicaces**



*Je dédie ce modeste mémoire :*

*A mes très chers parents, qui m'ont accordée soutien et confiance durant toute la durée de mes études, et je remercie Dieu de les avoir protégés pour être témoins de ma réussite.*

*A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet :*

*Mon mari Antar,*

*Et bien sûre à mes frères Abd Eljalille et Abd Rahim*

*A ma sœur Aya*

*A mon beau père et ma belle-mère*

*A ma belle-sœur et mes beaux frères*

*A toute ma famille, et mes amis*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

**RANIA**

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*À tous mes proches où qu'ils soient,*

*A chaque personne qui a levé la main vers le ciel espérant  
le succès et le remboursement,*

*A mon ange gardien ma mère bien -aimée FATIMA  
ZOHRA BOUHAMLA que je remercie Dieu de l'avoir  
protégée pour être témoin de ma réussite, elle qui a toujours  
été mon soutien dans les bons et les mauvais moments,*

*A mon fiancé IMAD pour son réconfort moral et ses  
encouragements sans cesse pour me voir atteindre ce but.*

*A mes parents, mes sœurs et frères et une grand dédicace A  
Mes petits anges MOHAMAD, ISRA , SALSABIL , SAJIDA  
LOKMAN et ABD AL RAHMEN le plus petit,*

*A tous les professeurs qui ont eu confiance dans mes  
capacités et m'ont soutenue tout au Long de mon parcours  
scolaire et universitaire*



## **Résumé :**

Cette étude porte sur l'évaluation de l'unité de traitement des eaux industrielles ETP II au niveau de la raffinerie du pétrole de Skikda RA1K. Les analyses ont révélé une différence dans les propriétés physico-chimiques de l'eau à l'entrée de l'unité provenant de plusieurs autres unités contenant un pourcentage élevé d'hydrocarbures, de métaux lourds, ainsi qu'une DCO et une turbidité très élevées. Les analyses des eaux de rejet de la station d'épuration des eaux usées ont montré que l'efficacité des traitements est démontrée pour l'abattement de l'indice d'hydrocarbures à des valeurs respectant la norme nationale des rejets industriels.

**Les mots clé :** ETP II, RA1K, les hydrocarbures, métaux lourds, DCO, turbidité, eau de rejet.

# Liste des abréviations

**SONATRACH** : Société National de Transport et Canalisation des Hydrocarbures.

**RA1K** : Direction régionale de la zone industrielle de Skikda.

**ETP II** : unité de traitement des effluents.

**TSS** : total solide en suspension.

**STEP**: station de traitement des eaux polluées.

**ERI** : eaux résiduaires industrielle.

**DCO** : demande chimique en oxygène.

**DBO5** : demande biologique en oxygène pendant cinq jours.

**pH** : potentiel d'hydrogène.

**TA** : titre alcalimétrique.

**TAC**: titre alcalimétrique complet.

**HC**: hydrocarbures.

**CE**: Conductivité Électrique.

**MES**: matières en suspension.

**MO** : matière organique.

**ERU** : Eau Résiduaire Urbain.

**OWS** : oily water sewer

**CRW<sub>S</sub>** : contaminated rain water sewer( au tempe sec)

**CRW** : contaminated rain water sewer( au tempe humide)

**MBBR** : Moving bed biofilme Reactor (bio réacteur à lit mobile)

**TPI** : intercepteur à plaque incliné

**DAF** : flottation à air dissoute

**PSF** : filtre sable de pression.

**ACF** : filtre à charbon de pression.

**PPM** : partie par million.

**TH:** titre hydrométrique (dureté).

**FW :** flow water (Eau d'écoulement)

**TP :** phosphore Total.

**HDPE :** poly-éthylène à haute densité

**DOPE :** poly électrolyte de déshuilage

**CPI :** coalescence à plaques inclinées

**NRE :** neutralized regeneration effluent (effluent de régénération neutralisé)

**NORME UOP :** unité d'ordre publique

**NORME ASTM-D :** American Society for Testing and Materials ; **D :** matériaux divers

# Sommaire :

Remerciements .....	I
Résumé .....	II
Liste des abréviations .....	III
Introduction .....	1
<b>Chapitre I : Generalites sur les eaux residuaires industrielles</b> .....	4
I.1 Introduction.....	5
I.2 Définition et nature des eaux usées industrielles .....	5
I.3 Les différents types de pollution engendrée par les rejets industriels liquides.....	6
I.4 les caractéristiques des eaux usées industrielles .....	9
Conclusion.....	12
<b>Chapitre II : traitement des effluents de l'unité ETPII (1101)</b> .....	13
II.1 Description de l'unité de stage (unité de traitement des effluents (1101) ETP II) .....	14
<i>II.1.1 Les étapes de traitement des effluents dans l'unité (1101) ETP II</i> .....	16
II.2 Explication du procédé de décantation .....	26
<i>II.2.1 Les types de décantation</i> .....	26
<b>Chapitre III : Traitement biologique</b> .....	29
III.1 Introduction .....	30
III.2 Cultures aérobies, cultures anaérobies .....	30
III.3 Les procédés biologiques .....	31
III.4 La différence entre les deux installations .....	33
III.5 Les micro-organismes .....	34
III.6 Caractéristiques du substrat.....	36
III.7 Evolution d'une culture bactérienne .....	37
III.8 Facteur limitant la biodégradabilité.....	37
III.9 Toxicité et inhibition .....	38
III.10 Traitement biologique à lit mobile MBBR (moving bed biofilm reactor MBBR) .....	39
III.11 Traitement biologique par boues activées (aérobie).....	41
III.12 Elimination de la pollution azotée.....	44
III.13 Déshydratation et stabilisation chimique .....	45
Conclusion.....	45
<b>Chapitre IV : Résultats et discussions</b> .....	46
IV.1 Introduction.....	47
IV.2 Protocole d'échantillonnage.....	47
IV.3 Discussion des résultats .....	48
Conclusion.....	66
Références bibliographiques .....	V



A stylized graphic of a book. The central page is white with a black border and rounded corners, featuring the word "Introduction" in a bold, black, serif font. The book is shown from a slightly elevated perspective, with two grey, rounded tabs visible at the top edge. The book is flanked by two large, white, arrow-shaped shapes pointing towards each other, which appear to be part of a larger graphic or frame. The entire graphic is set against a white background with a soft grey shadow beneath the book.

**Introduction**

Un approvisionnement adéquat en eau de bonne qualité est essentiel au développement continu de n'importe quelle société. Les données les plus récentes sur l'utilisation brute de l'eau indiquent que le prélèvement total d'eau croît de façon régulière. Les incertitudes que soulève l'avenir des ressources en eau accentuent ce défi en raison d'épisodes climatiques extrêmes et des changements du climat, d'une concurrence accrue pour l'accès à des ressources limitées en eau à l'échelle mondiale et d'une demande croissante pour ce qui est d'un meilleur contrôle de la pollution des eaux usées à l'appui d'une meilleure utilisation des eaux réceptrices.

L'industrie du pétrole est l'une des principales sources de nuisance qui portent atteinte à l'environnement, et par conséquent à la santé publique. La minimisation de son impact sur l'homme et l'environnement est devenue une des principales préoccupations des pays producteurs de pétrole.

L'eau est une matière première largement utilisée dans les opérations de raffinage. En effet, les différentes étapes du procédé de traitement des bruts (telles que l'alkylation, le craquage ou encore la distillation) nécessitent de grandes quantités d'eau pour leur fonctionnement et génèrent d'importants volumes d'eaux résiduares chargées qui doivent être traitées avant d'être rejetées dans l'environnement.

Dans le cadre de la mise en application de la politique de l'entreprise relative à la protection de l'environnement, le groupe SONATRACH s'est attelé très tôt à la mise en œuvre d'un programme ambitieux visant à éliminer sinon réduire au maximum tous les impacts environnementaux significatifs liés à ses activités et services, conformément aux textes législatifs en vigueur (loi n°83-03 du 05/02/1983, relative à la protection de l'environnement) [1].

Le volume et la composition des eaux résiduares produites dans les raffineries de pétrole sont fonction de la qualité du pétrole brut, de son mode de traitement, et de l'emploi envisagé pour ses produits. Le volume peut varier entre 3 et 70 fois la quantité de pétrole brut traitée. Le volume des eaux de refroidissement pures est d'ordinaire de 80 à 90 %. Le reste est constitué par des eaux de nettoyage et des eaux résiduares diverses de fabrication, et notamment de condensats, des lessives résiduares et des eaux de lavage [2].

Les eaux résiduaires des raffineries et des usines pétrochimiques appartiennent au rang des effluents industriels de caractéristique mixte. Ces eaux contiennent un ou plusieurs constituants biodégradables mais renferment aussi des milieux carencés ou inhibés par d'autres constituants.

Quel que soit le procédé utilisé pour le traitement des eaux usées on obtient une certaine quantité de matières solides décantables dans lesquelles on trouve des matières minérales inertes et des matières organiques fermentescibles et sur lesquelles sont adsorbés des sels minéraux et une partie des microorganismes (bactéries, virus, parasites) qui se trouvent inexorablement dans les eaux usées domestiques.

Ces substances sont séparées de l'eau et forment une boue à forte teneur en eau, biologiquement instable et dans laquelle est concentrée une importante proportion de la pollution initiale.

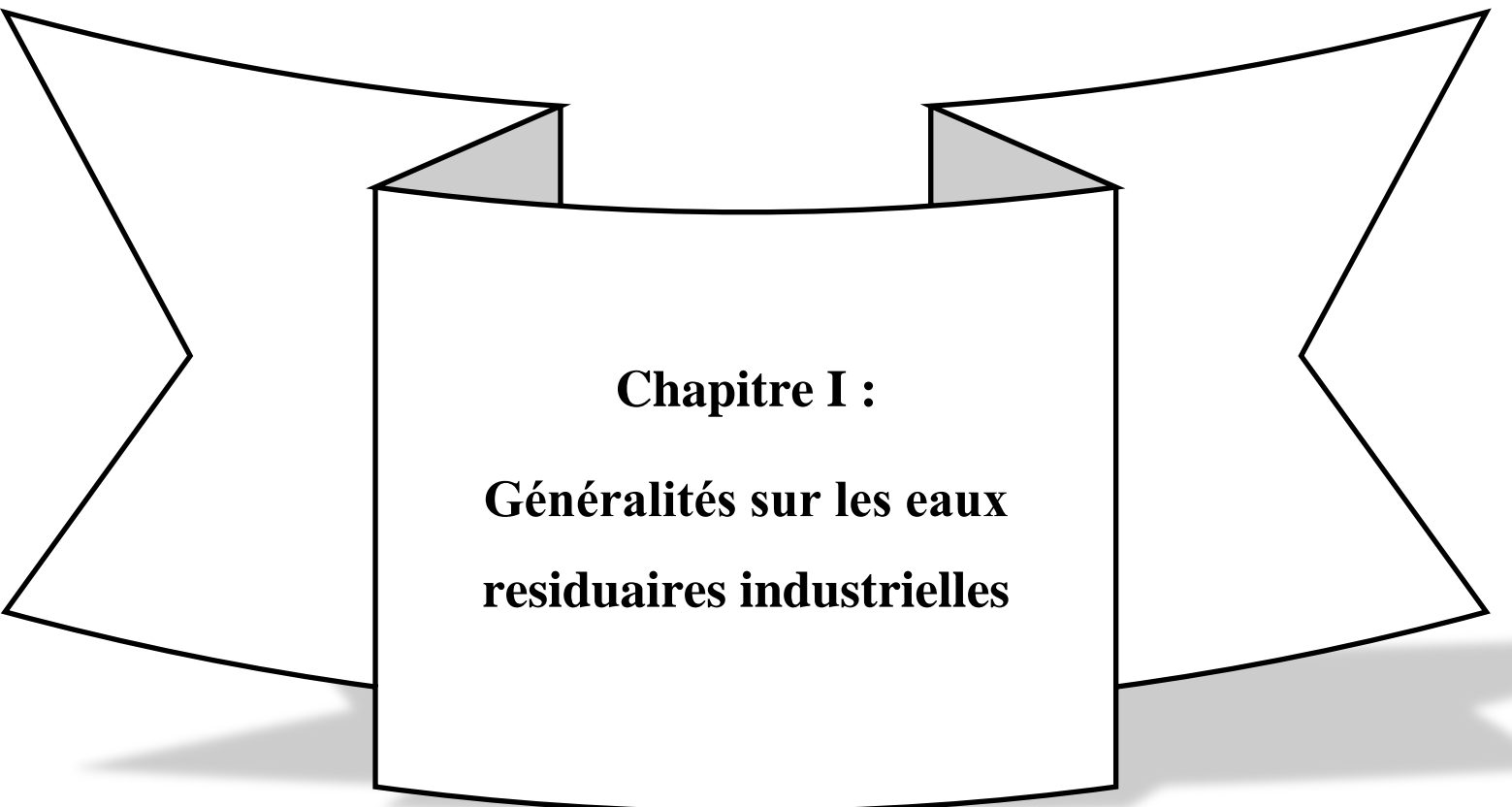
Ces boues sont riches en matières organiques, en éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium ) et en oligo-éléments (Zinc, Fer, Cuivre, Manganèse) [3].

L'objectif de notre étude est d'évaluer le traitement biologique des matières organiques dégradés dans l'eau industrielle provenant de la station d'épuration ETP2 (U1101) de la raffinerie du complexe pétrochimique de Skikda (RA1K), et vérifier l'efficacité du traitement subi par l'eau dans la station d'épuration pour hydrocarbure, en réalisant des analyses de contrôle de qualité des eaux traitées pour les comparer aux normes algériennes requises pour les eaux usées industrielles.

Notre mémoire est composé de deux parties :

- Une partie théorique de deux chapitres, le premier chapitre présente des généralités sur les eaux usées industrielles et les caractéristiques de ses eaux. Sont également décrits, dans ce chapitre. Le deuxième chapitre donne une description de l'unité de traitement des eaux ETP2, et les différents traitements des eaux usées industrielles utilisés dans la station d'épuration de la raffinerie.
- Une partie pratique qui compte deux chapitres. Le premier décrit le traitement biologique des eaux industrielles et les différentes étapes de ce traitement. Le deuxième chapitre, présente les résultats d'analyses mesuré au niveau de la station d'épuration ainsi que leurs discussions.

Une conclusion générale rappelle l'objectif du travail et résume les principaux résultats obtenus.



**Chapitre I :**  
**Généralités sur les eaux  
residuairees industrielles**

## **I.1 Introduction :**

L'eau est l'apport le plus utilisé par l'humain pour reléguer la majorité de ses superfluités. Les nombreuses utilisations de l'eau par l'humain donnent lieu à la formation d'eaux usées [4]. La contamination de l'eau est l'un des majeurs problèmes de l'environnement. Il existe plusieurs sources de pollution des eaux dont les eaux usées domestiques, les eaux usées issues de l'agriculture et des procédés industriels [5]. L'eau que les humains consomment ou utilisent à l'échelle industrielle génère définitivement des déchets. Ces eaux usées sont collectées par les égouts dirigées vers les stations de traitement des eaux polluées (STEP) pour faire une purification avant d'être retenues en milieu naturel. Leur traitement en station permet de séparer une eau épurée d'un résidu secondaire. La première étape de la lutte contre la pollution d'eau est de connaître le type de pollution pour déterminer le moyen idéal de traitement. Dans ce chapitre nous allons essayer de fournir quelques paramètres de principe de base liés à la pollution et certaines des techniques utilisées dans le traitement d'eau pour la consommation humaine.

## **I.2 Définition et nature des eaux usées industrielles :**

### **I.2.1 Les eaux résiduaires industrielles :**

Les eaux usées industrielles (ERI) sont des déchets liquides qui sont transportés par l'eau en général, transportant de nombreux produits hautement toxiques, à des taux très élevés en fonction des activités exercées, ou de l'extraction de matières premières en produits industriels [6].

Les eaux usées industrielles ont des propriétés qui varient d'une industrie à l'autre. Elle peut être soit à :

**I.2.3.1 Caractère organique :** prédominant (résidus des industries alimentaires et conserveries, abattoirs ou élevage industriel, laiterie et fromagerie,...)

**I.2.3.2 Caractère minéral :** prédominant (eaux de lavage des graviers, des carrières, de l'industrie sidérurgique, de l'industrie chimique minérale lourde,...)

**I.2.3.3 Caractère mixte :** elle peut contenir des graisses, des hydrocarbures, des métaux, des acides, des bases et divers produits chimiques, de l'eau chaude (circuit de refroidissement des

centrales thermiques), des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

**I.2.2 Eau usée :** c'est un liquide de composition hétérogène, chargé de matières minérales et/ou organiques qui peuvent être en solution ou en suspension et certaines d'entre elles peuvent avoir un caractère toxique

### **I.3 Les différents types de pollution engendrée par les rejets industriels liquides :**

La pollution de l'eau est une modification des propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'eau, qui affecte négativement l'environnement, entraînant les types de pollution suivants:

#### **I.3.1 La pollution organique :**

C'est la plus répandue et peut être accueillie par l'environnement récepteur tant qu'aucune meilleure purification n'est attendue après cette réduction de la respiration, de sorte que les différents plans d'eau ont priorité sur la production d'oxygène.

#### **I.3.2 La pollution par les hydrocarbures :**

Les hydrocarbures sont des substances qui peuvent être solubles dans l'eau et non biodégradables. Leur densité est inférieure à la densité de l'eau. Ils représentent une double menace pour les aquifères car ils forment une couche sur les surfaces et perturbent les échanges gazeux avec l'atmosphère.

#### **I.3.3 Pollution thermique :**

Lorsque la température augmente, la teneur en oxygène diminue, ce qui signifie que les germes se propagent et favorisent la pollution.

### **I.3.4 Pollution minérale :**

Ceci est principalement dû aux rejets industriels riches en métaux lourds hautement toxiques qui modifient la composition minérale de l'eau [7].

### **I.3.5 La pollution chimique :**

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. Leurs principaux polluants sont :

#### **I.3.5.1 Les éléments chimiques minéraux** tels que :

- La température,
- Le pH,
- Les sels (chlorures, sulfates ( $\text{SO}_4^-$ ), nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )).

#### **I.3.5.2 Les éléments chimiques organiques** comme [8] :

- les hydrocarbures,
- les huiles et graisses,
- les pesticides,
- les phénols,
- les détergents

### **I.3.6 La pollution mécanique :**

La pollution mécanique résulte de la suspension de l'eau en fines particules d'origines diverses. Ces derniers bloquent le fond des rivières et réduisent ainsi les échanges potentiels entre l'eau et la terre.

Toutes ces formes de pollution arrivent à drainer l'eau des unités pétrolières [7].

### **I.3.7 Pollution radioactive :**

Cela s'explique par la possibilité d'un éventuel rayonnement artificiel des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (mines d'uranium et



centrales électriques, et traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs sont incorporés dans les molécules des êtres vivants. Plus la chaîne alimentaire est élevée, plus la sensibilité de l'organisme aux radiations est élevée [9, 10].

### **I.3.8 Pollution microbiologique :**

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries et parasites) dangereux pour la santé humaine et limiter ainsi les usages qui peuvent en être faits (industrie, usage domestique, etc.) [11].

### **I.3.9 Pollution d'azote :**

Les activités industrielles peuvent être plus ou moins une source de déchets riches en azote (nutriments) provenant de la fabrication d'engrais, des cokeries, des industries chimiques et alimentaires [10].

L'azote est présent sous deux formes : la forme réduite qui comprend l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_3$  ou  $\text{NH}_4^+$ ) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). En plus de la forme oxydée en ions nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).

### **I.3.10 Pollution par le phosphore :**

Le phosphore provient des industries du traitement de surface des métaux, des blanchisseries industrielles et des engrais alimentaires agricoles [12].

Tout comme l'azote, le phosphore est un nutriment, car il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation, c'est-à-dire de la dissémination excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [10].

### **I.3.11 Pollution carbonée :**

Le carbone organique est la principale pollution à éliminer. Il constitue également l'essentiel de la biomasse (formule très simplifiée:  $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ ). Compte tenu de la diversité des formes de carbone, les méthodes de caractérisation globale sont utilisées la plupart du temps. Pour compléter la commande, cela nécessite environ 5 jours à  $20^\circ\text{C}$ . Une DBO ou  $\text{DBO}_5$  finale est alors obtenue.

## **I.4 Les caractéristiques des eaux usées industrielles :**

Pour traiter un problème de pollution des eaux usées industrielles destinées au rejet vers l'environnement ou pour un éventuel recyclage, il est nécessaire de définir et d'évaluer les éléments susceptibles d'altérer la qualité de ces eaux ainsi que les paramètres caractérisant la pollution de ces eaux

### **I.4.1 La température :**

Il s'agit également de corriger des paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température, notamment la conductivité. La température doit être mesurée sur le site. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH ont généralement un thermomètre intégré.

En revanche, la plupart des réactions biochimiques sont ralenties voir stoppées en raison d'une baisse significative de la température. La hausse des températures peut avoir un effet sur la mise à mort de certaines espèces, mais elle contribue également au développement d'autres, conduisant à un déséquilibre environnemental.

### **I.4.2 Le pH :**

Le pH mesure la concentration en ions  $H^+$  dans l'eau, ce paramètre caractérise un grand nombre **d'équilibre physico-chimique** et dépend de plusieurs facteurs dont l'origine de l'eau. Le pH doit être mesuré à l'aide d'un **pH-mètre** ou par **colorimétrie**.

La solution isolante définie par le système : eau,  $CO_2$  dissout, carbonates insolubles et bicarbonates solubles, est un environnement relativement stable dans lequel la vie aquatique peut évoluer positivement.

Des pH compris entre **5,5** et **8,5** permettent un développement à peu près normal de la faune et la flore. Les eaux alcalines présentent généralement une flore plus riche et plus diversifiée que les eaux acides qui, faiblement minéralisées ne permettent qu'un développement limité de la flore aquatique.

### **I.4.3 La turbidité :**

La mesure de la turbidité nous donne des informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, ...).

#### **I.4.4 Les Matières En Suspension (MES) :**

Les solides en suspension représentent le degré de contamination des déchets liquides, urbains ou même industriels. En revanche, la connaissance de ce paramètre est connue pour le potentiel d'épuration de certaines structures de traitement, bassins de sédimentation, et participe à l'évaluation de la production de boues en excès.

#### **I.4.5 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) :**

Elle donne une estimation du transport de matière organique biodégradable. Elle est exprimée en milligrammes d'O<sub>2</sub> consommés dans des conditions de test (incubation à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours) pour assurer l'oxydation biologique de la matière organique biodégradable par litre d'eau par voie bactérienne.

#### **I.4.6 La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

Ce paramètre exprime la quantité d'oxygène consommée et nécessaire pour oxyder chimiquement la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant (le bichromate de potassium), exprimé en mg d'Oxygène par litre.

Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon.

La relation empirique suivante relie la DBO5, la DCO et la matière organique de l'échantillon (MO) :

$$\mathbf{MO = (2 \times DBO5 + DCO)/3}$$

Le rapport DCO / DBO5 permet de juger la biodégradabilité d'un effluent et par conséquent l'intérêt du choix d'un procédé d'épuration biologique, soit :

$$\mathbf{K = DCO / DBO5}$$

Si  $\mathbf{K \leq 2,5}$  : l'effluent peut facilement être épuré par les traitements biologiques.

Si  $\mathbf{2,5 \leq K \leq 5}$  : l'épuration demande soit un traitement chimique, soit un apport de microorganismes particuliers à l'élément chimique dominant dans l'eau résiduaire.

Si  $K \geq 5$  : l'épuration biologique est impossible car les micro-organismes ne peuvent pas vivre dans une telle eau et seuls les traitements chimiques adéquats peuvent donner des résultats.

#### **I.4.7 Les micropolluants :**

Les micropolluants sont indiqués essentiellement par des **micropolluants minéraux** (métaux lourds et métalloïdes) et des **micropolluants organiques** ; les métaux lourds sont les éléments les plus nocifs dans les eaux résiduaires, tels que cuivre, nickel, zinc, plomb, mercure, sélénium.....etc.

#### **I.4.8 Éléments nutritifs : Azote et phosphore**

La détermination de l'azote et du phosphore totaux dans les eaux usées épurées révèle le danger que représente cette eau vis-à-vis des nutriments des milieux aquatiques et de la pollution des eaux souterraines, ainsi que le pouvoir fertilisant de cette eau en cas de réutilisation en agriculture.

#### **I.4.9 Les hydrocarbures :**

L'eau absorbe divers hydrocarbures lors de son utilisation. Les hydrocarbures, avec leur densité relativement faible par rapport à l'eau, forment des films de surface et empêchent toute oxygénation de cette dernière. Leur élimination nécessitera des processus biophysiques et biochimiques. Ils proviennent de déchets ménagers et industriels [7].

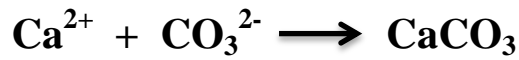
#### **I.4.10 La dureté :**

La dureté de l'eau est due à la présence d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  (dans certains cas également  $\text{Fe}^{3+}$ ), qui sont présents dans la solution sous forme de sels solubles. Selon la nature des sels que les ions alcalino-terreux peuvent former avec les ions négatifs présents dans l'eau, une distinction est faite entre dureté temporaire et dureté permanente.

##### **I.4.10.1 Dureté temporaire :**

La dureté temporaire est la quantité d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  qui précipitent à ébullition. Cela est dû à la présence d'ions hydrogénocarbonate solubles ( $\text{HCO}_3^-$ ) dans l'eau, qui, lors du

chauffage, se transforment en carbonate, avec des ions  $\text{Ca}^{2+}$ , des sels insolubles.



Lors du chauffage, certains ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  sont éliminés sous forme de précipité qui s'empile dans des conteneurs et est généralement connu par mesure.

#### **I.4.10.2 Dureté permanente :**

La dureté permanente est la quantité d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  qui restent en solution après l'ébullition.


#### **I.4.10.3 Dureté totale :**

La somme de la dureté permanente et temporaire est due à la quantité totale d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  dans l'eau [13].

### **Conclusion :**

Les eaux usées sont toutes les eaux dont les propriétés naturelles sont transformées pour des usages domestiques, dans les entreprises industrielles, agricoles et autres.

Les eaux de surface et souterraines peuvent être contaminées par les rejets de ces eaux usées qui, selon leur origine contiennent des polluants et divers éléments nocifs pour l'environnement ce qui rend nécessaire leur traitement avant d'être rejetées. Les eaux usées font l'objet de différents types de traitement (préliminaire, primaire, secondaire et tertiaire), en fonction du degré et du type de pollution afin d'améliorer leur qualité et les rendre conformes aux normes de rejet ou aux spécifications de réutilisation.



**Chapitre II :**  
**Traitement des effluents de**  
**l'unité ETPII**

## **II.1 Description de l'unité de stage (unité de traitement des effluents ETPII :**

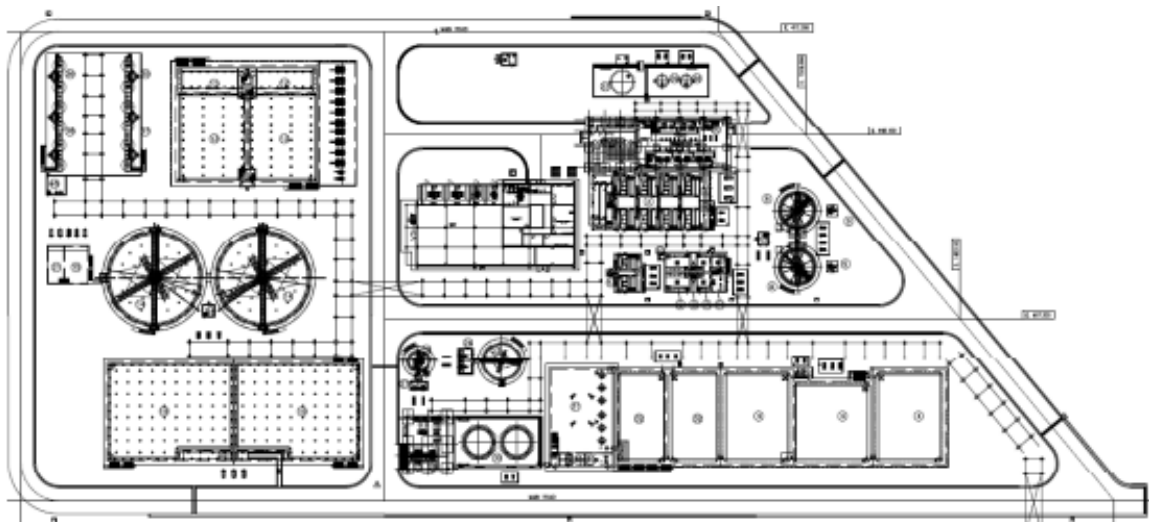
L'eau est très utilisée dans l'exploitation des installations de production pétrolière et au cours de ces applications elle subit des altérations de ses caractéristiques notamment par la pollution aux hydrocarbures liquides et même gazeux (faible dissolution du gaz dans l'eau), autres éléments chimiques, présence de particules solides, or une bonne partie de cette eau est rejetée dans le milieu naturel qui peut être un cours d'eau ou la mer. Par respect de l'environnement et les populations avoisinantes il est hors de question de renvoyer l'eau brute de retour de ses utilisations dans son milieu naturel sans la purifier. Pour cela elle subit un traitement constitué de plusieurs phases successives jusqu'à parvenir à une teneur de 25 à 40 ppm en hydrocarbures (suivant les pays) [14].

Dans la raffinerie de Skikda il existe deux unités de traitement des effluents la première ETP1 est inefficace. Alors en 2013 sont créée une autre unité de traitement avec une grande capacité et très développée par apport à l'autre pour traiter les effluents de toute la raffinerie reçus de 10 courants différents qui sont :

- 1- Les effluents bruts des Eaux usées huileuses OWS
- 2- Contaminated rain water sewer, CRWS (sec) et contaminated rain water, CRW (humid)
- 3- Effluent sanitaire (riche en matière organique biodégradable)
- 4- Effluent de dessaleur (riche en hydrocarbures)
- 5- Eau acide dépouillée
- 6- Caustique épuisé
- 7- Blow- Down de chaudière : qui représente l'eau et les sédiments qui sont évacués lors de vidange des chaudières.
- 8- NRE
- 9- Blow-down de la Tour de refroidissement
- 10- ETP existant (l'eau récupérée de centrifugeuse et l'eau de lavage des filtres...) [15].

**Tableau II.1 :** Conditions estimées des Effluents à l'entrée de l'unité ETP II, Raffinerie de Skikda, Algérie

	Quantité maximale journalière (m <sup>3</sup> /j)	Huile totale (kg/j)	Huile libre (kg/j)	Huile émulsionné (kg/j)	TSS (kg/j)	DBO5 (kg/j)	DCO (kg/j)
OVS (CRWS)	1830	631.35	505.08	69	128.1	109.8	301.95
(CRW)	80	80	64	200	32	104	112
	5230	70.082	56.0656	2.68	28.242	91.002	98.324
Effluent sanitaire	255				102	51	102
Effluent de dessaleur	3797	379.7	303.76	20	569.55	11139.150	1898.5
Eau acide dépouillée	1200	240	192	40	180	960	1800
Caustique épuisé	6.75						
Caustique épuisé	360						
NRE	2400						
Blow-down de la Tour de refroidissement	8160						
Effluent de ETP existant	300	1410	1128	94	360	855	1515



**Figure II.1 :** Plan d'implantation de l'unité de traitement des effluents ETP II, raffinerie de Skikda



## II.1.1 Les étapes de traitement des effluents dans l'unité ETP II :

### II.1.1.1 Traitement primaire :

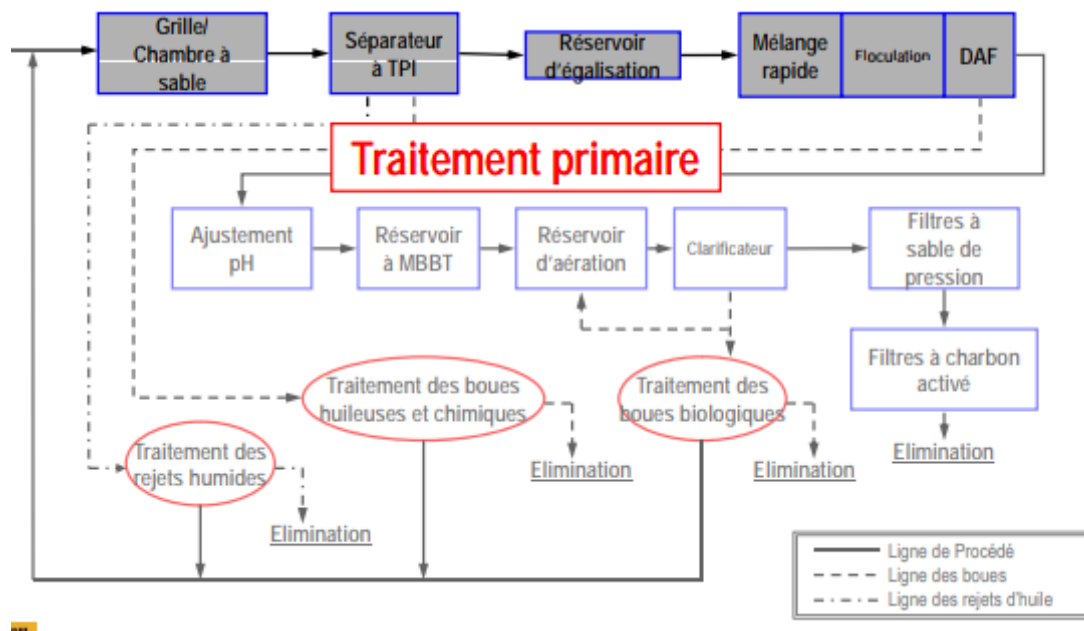


Figure II.2: Schéma représentant les étapes de traitement primaire

#### II.1.1.1.1 Criblage et dessablage :

Les effluents bruts des Eaux usées huileuses (OWS) sont dirigés vers la Grille et la Chambre à sable pour enlever des sables et des matières lourdes en suspension avant de les acheminer vers le système d'enlèvement d'huile. La disposition en attente est fournie pour faciliter le nettoyage (il existe deux grilles chambres et deux chambres à sables l'une en service et l'autre en attente).

La grille est utilisée pour enlever physiquement les particules d'une dimension élevée, telles que pièces en bois, sacs en plastiques, et torchons, au moyen de grilles grossières afin de protéger les pompes, vannes, tuyauteries, et autres accessoires de l'endommagement ou du colmatage. L'espacement net entre grilles est moins de 25 mm, et le crible est manuellement maintenu. La chambre à sable est conçue pour enlever des gravillons, se composant de sables, de graviers, ou d'autres matières solides lourdes qui ont les vitesses de sédimentation ou les gravités spécifiques considérablement plus élevées que les solides organiques en suspension dans les eaux usées.

La grille et la chambre à sable reçoivent le mélange des courants décrits ci-dessous :

- Eaux usées huileuses (OWS)

Ces courants sont représentés par les effluents d'ETP existants :

- Drainages des Filtres à sable de pression (PSF), Filtres à charbon activé (ACF)
- Eau contre-lavée de PSF, ACF, ...
- Surnageant de l'Épaississeur des boues huileuses et chimiques et de l'épaississeur des boues biologiques (à travers le Puisard des boues épaissies)
- Central de Centrifuge des boues huileuses et chimiques et de Centrifuge des boues biologiques (à travers le Puisard des boues épaissies)
- Fuite des réservoirs de produits chimiques (à travers le Puisard du Local des produits chimiques)
- Drainages des Bassins de protection
- Drainages des Réservoirs désémulsionnants, Réservoirs de mélange rapide, et Réservoirs de floculation (à travers le Pré-traitement OWS et le Puisard de séparateur à TPI)

#### **II.1.1.1.2 Décanteur TPI (intercepteurs à plaque inclinée) :**

Les effluents évacués de la grille et de la chambre à sable sont mélangés avec les courants ci-dessous :

- Effluents de dessaleur
- Effluents d'ETP existant
- Eaux acides dépouillées
- Eaux de lavage du sol du puisard de réception de FW

Pour enlever l'huile libre et les solides en suspension (dont le diamètre de globule est supérieur à 60 µm) on utilise la différence de densité entre l'huile et l'eau (la densité de l'eau est supérieure à celle des huiles), on récupère alors la boue huileuse en bas et les HC en haut et l'eau entre les deux).

Le nombre de chaînes d'alimentation est de 8 dans le séparateur à TPI dans la chaîne principale de traitement, et de 2 dans le séparateur à TPI de CRW sur la chaîne de traitement de CRW<sub>s</sub>.

Les intercepteurs sont inclinés de **40°- 50°** et l'espacement entre les plaques est de **16-22 mm** pour fournir correctement l'enlèvement efficace d'huile libre et des solides en suspension. Les unités sont également fournies d'installations de réchauffage de serpentin à vapeur pour un enlèvement facile d'huile durant le temps froid. L'élimination des huiles en haut est réalisée manuellement grâce à un tuyau fendu.



**Figure II.3 :** Bassin de séparation des huiles avec intercepteur à plaque inclinée Su-2

### **Égalisation :**

Dû aux fluctuations de la charge hydraulique et polluante typiquement associées à différents courants d'effluents,

- effluents huileux,

- effluents de CRW,

- courants de caustique épuisé, le réservoir d'égalisation est fourni en tenant les charges de pointe, en les égalisant, et en retirant les effluents à taux contrôlé avec PH bien défini. Les réservoirs d'égalisation OWS et les réservoirs de stockage des effluents de CRW sont fournis

avec les installations pour enlever des couches d'huile flottante et des boues de fond. Les réservoirs de stockage de caustique épuisé sont de type à toit conique vertical et fournis des installations pour enlever des boues de fond.

Ce procédé est conçu pour fournir uniquement l'égalisation des fluctuations de courants et pour obtenir un mélange d'effluents homogènes. Cette étape représente aussi une deuxième décantation pour améliorer l'élimination des huiles.



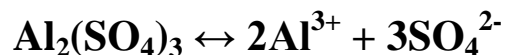
**Figure II.4 :** Bassin d'égalisation TN-1(A )

#### **II.1.1.1.4 Élimination de l'huile émulsionnée :**

L'huile émulsionnée présente dans les effluents huileux est d'abord mélangée avec un agent des émulsifiant et avec un agitateur à palette. On exerce une forte agitation pendant 20 à 30 minutes pour briser l'émulsion d'huile dans l'eau. Ces réservoirs désémulsionnants sont fournis de l'arrangement d'entrée en haut et de sortie en bas pour le mélange supplémentaire.

##### **II.1.1.1.4.1 Coagulation :**

Dans un réservoir de mélange rapide, on injecte l'agent coagulant (sulfate d'alumine  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ). L'alumine fournit des ions d'Aluminium à l'eau,



Les ions d'Aluminium réagissent avec de l'eau et forment des précipités d'hydroxyde comme montré ci-dessous :



L'efficacité d'alumine est la plus élevée dans une gamme de pH de 5,5 à environ 7,7, si pour cela, dans le réservoir d'égalisation il faut égaliser le pH dans l'intervalle [5,5 ; 7,7], l'alumine aide à débiter la formation de particules appelées floc, ...

#### **II.1.1.1.4.2 Flocculation :**

On ajoute au mélange un autre agent qui s'appelle agent flocculant (poly électrolyte de déshuilage (DOPE) qui permet l'accumulation des particules coagulées en trois dimensions sans liaison chimique structurées et qui se déposeront ou flotteront.

#### **II.1.1.1.4.3 Flottation à air dissout (système DAF) :**

Les ballons de saturation sont également fournis pour dissoudre de l'air dans l'eau à la pression appropriée pour le relâcher dans l'unité de flottation afin de faciliter la formation des bulles d'air. Les ballons de saturation sont alimentés de l'eau et de l'air au moyen des pompes de recyclage à DAF et de l'air de service (plant air).

L'eau recyclée saturée d'air dans les ballons de saturation est retournée vers les réservoirs à DAF, et les bulles fines se relâchent et s'attachent aux particules flocculées. Les particules avec bulles d'air flottant au premier niveau d'eau et enlevées avec un racleur qui accumule cette boue chimique et l'envoie dans un bassin de stockage des boues chimiques et l'eau produite va passer au bassin d'ajustement de PH dans l'intervalle [6,5 ; 7,5]. L'alimentation au système à traitement biologique doit être dans une gamme convenable de pH.



**Figure II.5:** Bassin de flottation à air dissout TN-4A

### II.1.1.2 Traitement secondaire (Traitement biologique) :

Après l'enlèvement d'huile libre et d'huile émulsionnée et la correction de pH avec un traitement aérobiologique à deux étages. Ce système se compose d'un bioréacteur à lit mobile suivi d'un système de traitement à boue active.

Les effluents huileux sont alimentés pour le traitement de biofilm à lit mobile (MBBR) par les pompes d'alimentation de MBBR. Ils sont mélangés avec les nutriments à base de phosphate DAP (phosphate de di-ammonium) et l'autre à base de nitrate (UREA) en plus du courant sanitaire qui est reçu dans le MBBR par tamis et porte de distribution pour réservoirs à MBBR. Les deux bassins de traitement contiennent : - un dispositif d'extraction des boues en excès et un autre dispositif qui fournit l'oxygène à l'eau et des appareils de mesure de l'oxygène.

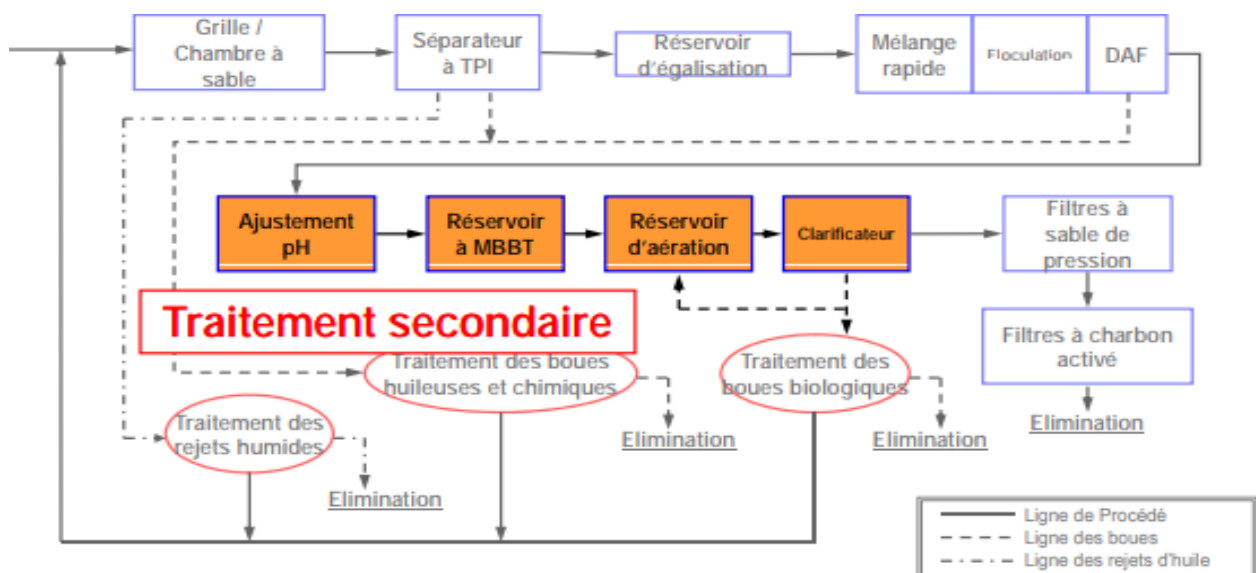


Figure II.6: représente les étapes de traitement biologique

#### II.1.1.2.1 Le traitement de biofilm à lit mobile (culture fixe) :

Les micro-organismes sont fixés sur un support et forment un biofilm. La fixation se fait par l'intermédiaire d'une matière gélatineuse à base d'exopolymère produit par les bactéries, et à l'intérieur des biofilms les bactéries se développent et se nourrissent. L'eau et les nutriments sont véhiculés par l'eau à traiter par diffusion à travers l'épaisseur des biofilms.



**Figure II.7** Bassin MBBR

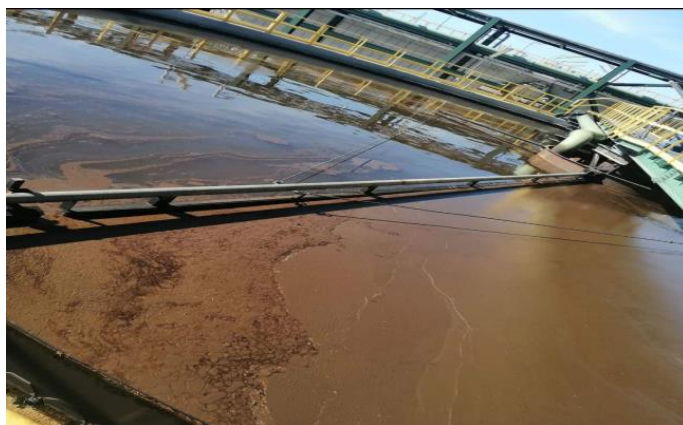
#### **II.1.1.2.2 Traitement par boue active (culture libre) :**

L'eau qui sort de MBBR va passer au 2ème stade de traitement avec un pourcentage de bactérie qui traverse le gréage avec l'eau. Il existe deux phases essentielles dans ce traitement, une phase de contact entre l'eau à épurer et les floes bactériens en présence d'Oxygène et la 2ème phase est la phase de séparation de floes (clarification) dans le clarificateur. Il existe un dispositif qui permet le retour de boue active décantée vers les bassins de traitement.



**Figure II.8** Bassin de traitement par boue active TN6

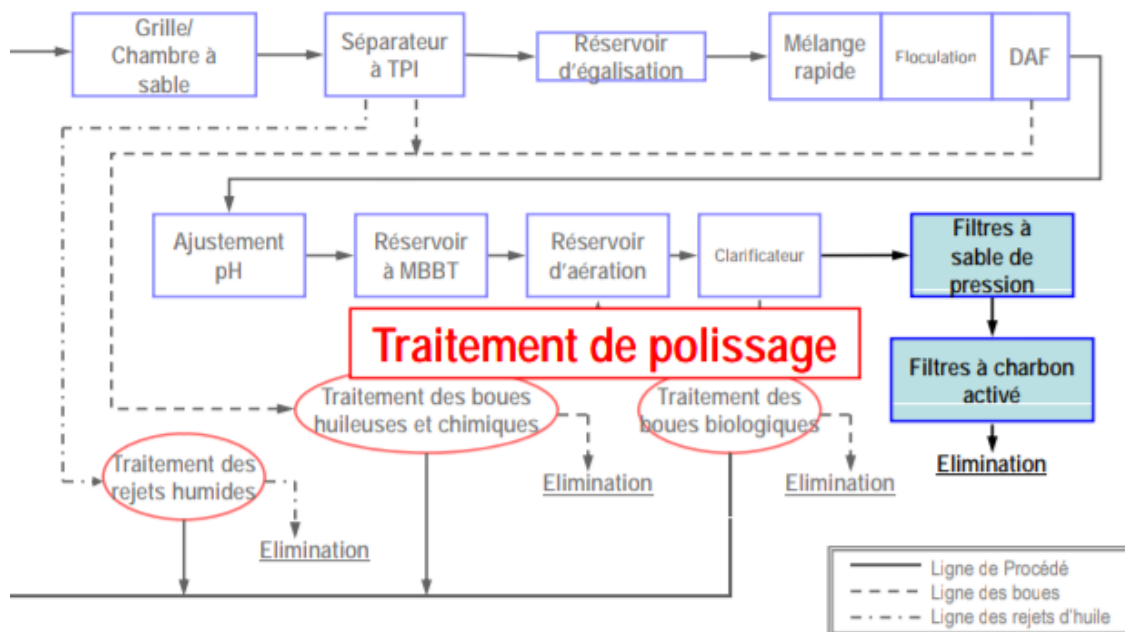




**Figure II.9:** Clarificateur pour séparer la boue biologique CL-1A/B

### II.1.1.3 Traitement final (Filtration) :

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation des filtres et du type de matériau utilisé [6].



**Figure II.10 :** Schéma représente les deux étapes de filtration existant dans l'unité ETP II



Il existe dans ETPII 4 filtres à sable et 4 filtres à charbon actif pour le traitement final.

**Filtre à sable de pression (PSF) :**

Pour enlever des résidus solides en suspension.

**Filtre à charbon activé (ACF) :**

Pour enlever les BOD, COD (matières organiques) résiduelles et d'autres hydrocarbures.

**Bassin de protection :** C'est un bassin qui rassemble l'eau traitée

- Pour vérifier la qualité des effluents.
- Pour homogénéiser les contenus des effluents traités.



**Figure II.11 :** bassin de protection GP-1A/B

**II.1.1.4 Traitement des rejets :**

**II.1.1.4.1 Des rejets humides :**

Sont des rejets desquels l'huile écrémée/enlevée des différentes unités de traitement d'huile par les écumeurs d'huile appropriés, et sont acheminés vers un puisard des rejets d'huile humide. Les contenus de puisard sont acheminés vers les réservoirs des rejets d'huile humides au moyen des pompes de transfert des rejets d'huile. Les rejets secs sont acheminés vers le réservoir existant des rejets de la raffinerie par les pompes de transfert des rejets secs. L'eau décantée à partir du fond de réservoir des rejets d'huile est acheminée sous gravité vers la Grille de CRW/FW et la chambre à sable pour traitement.

**II.1.1.4.2 Traitement des boues (huileuse chimique et biologique)**

La boue huileuse produite par le prétraitement, la boue chimique générée par le système DAF et la boue biologique rejetée par le système de séparation dans le traitement biologique sont dirigées après chaque traitement vers le puisard, chacune seule et ensuite elles sont acheminées vers le déhydratateur centrifuge pour le séchage. L'eau récupérée va être mélangée avec le mélange initial pour le prétraitement.



**Figure II.12:** Séchage des boues produites par le traitement chimique et biologique. 1101-CF-1

## **II.2 Explication du procédé de décantation :**

La décantation est une opération unitaire parmi les techniques de séparation liquide-solide basé sur les phénomènes de sédimentation, qui consiste à séparer d'un liquide les particules en suspension en utilisant les forces gravitaires.

### **II.2.1 Les types de décantation :**

#### ***II.2.1.1 Décantation statique :***

C'est la décantation des particules solides dans un liquide (eau) en continue sous l'effet de la pesanteur.

#### ***II.2.1.2 Décantation accélérée :***

On applique cette technique à des suspensions très diluées avec des solides finement divisés et qui exigent un traitement de coagulation-floculation. La technique de floculation permet à la fois de grossir les plus fines particules solides et de coaguler les matières colloïdes en neutralisant tout ou une partie des charges électriques dont ces colloïdes sont dotés à leur

surface. Les particules s'agglutinent (coalescence), flocculent et décantent avec une vitesse croissante dans un bassin à flux hydraulique horizontale la trajectoire de décantation est curviligne l'efficacité de la décantation diffuse sera liée non seulement à la charge hydraulique superficielle mais au temps de décantation dans la pratique industrielle, on est presque toujours confronté à des milieux non newtonien. Les suspensions de particules fines, spécialement en milieu aqueux présentent une tendance à la floculation. La floculation naturelle consiste dans le grossissement des flocons, alors que la floculation artificielle exige une opération supplémentaire de dispersion du flocculant dans la suspension.

Il existe deux manières de mise en œuvre :

*a- La décantation à recirculation des boues :*

Qui consiste à augmenter la concentration en particules solides par un recyclage des boues décantées, la suspension à traiter est mélangée aux boues recyclées et aux flocculats dans un réacteur séparé avant son admission dans un décanteur. On obtient ainsi des boues très concentrées.

*b- La décantation à lit fluidisé :*

Qui demande la formation d'une boue fluidisée traversée par un liquide flocculé. La suspension est injectée à la base du bassin à l'aide d'une rampe de tuyaux perforés, les particules de la suspension s'accrochent aux particules du lit de boue ce qui mène à une augmentation de leur masse volumique apparente et aussi à l'augmentation de leur vitesse de sédimentation.

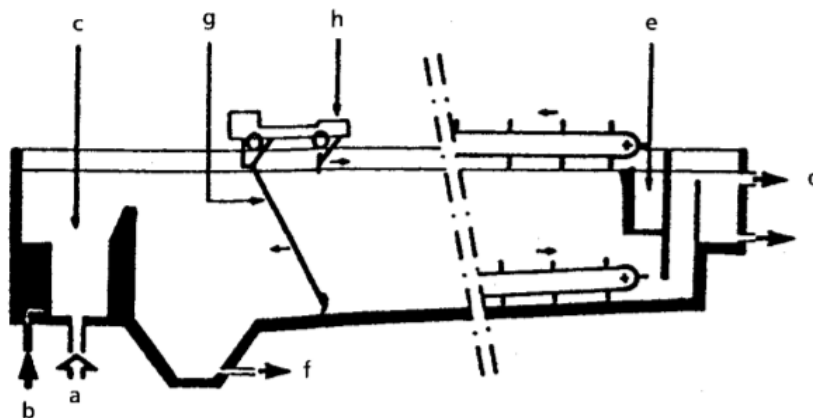
*c-décantation lamellaire (coalescence à plaques inclinéesCPI) :*

Afin d'obtenir des débits importants sans que les cuves atteignent des volumes considérables aux formes prohibitive (très faible hauteur et très grandes surface). On peut équiper la cuve des plaques inclinée de 60° et espacées de 10 à 15cm, dont l'effet et de réduire le trajet accompli par les particules solides pour être captées par une paroi et ainsi séparée de la phase liquide. La traversée de ce faisceau de plaque peut se faire aussi bien à co-courant à courant croisé ou bien à contre-courant en fonction du trajet de la boue, ces bassins permettent une importante économie de place. La décantation lamellaire pour des rendement d'élimination équivalant à la décantation classique .fonction avec des charges

hydrauliques superficielles très élevées le temps de séjour de l'eau est réduit environ de 10 à 12min en parallèle 2h dans un décanteur ordinaire.

La décantation des particules solides dans le liquide peut être accélérée et peut être aussi changé de sens en mètre les particules solide moins dense que le liquide par injection de l'air la séparation est obtenu en mettant en contact les particules en suspension dans le liquide avec l'air repartie en fines bulles. Les particules ayant une surface non mouillant vont s'attacher à la bulle d'air et la densité apparente de couples particule-bulle deviendra inférieure à celle de l'eau.

Le constituant non mouillable se retrouvera sous la forme d'une mousse à la surface de bassin de flottation à air dissout, par contre les particules mouillées s'échappent par le fond du bassin sous la forme d'une boue. Dans la flottation à air dissout (aérofotation) on procède à une saturation de l'eau en air sous pression (3 à 6 bar) détendu ensuite brusquement à la pression atmosphérique, l'eau provoque l'apparition spontanée d'un véritable (lit de bulles) que remonte à la surface de bassin de manière que chaque bulle entraîne avec elle un ou plusieurs grains de solide. Ainsi l'action de moussant permet l'apparition d'une écume stable englobant les particules de solides qui flottent à la surface de bassin que permet de le racler et l'évacuer à la suite.



**Figure II.13:** flotteur longitudinal : a) arrivée de l'eau brute ; b) arrivée d'eau pressurisée ; c) zone de mélange ; d) sortie de l'eau traitée ; e) sortie des flottants ; f) Extraction des boues ; g) Raclage de boue fond ; h) Raclage de surface ; i) Eau recyclée pour pressurisation [16]



**Chapitre III :**  
**Traitement biologique**

### III.1 Introduction :

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution. Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des micro-organismes, présents dans l'eau, qui dégradent les matières organiques [17].

On peut grossièrement classer les micro-organismes en germes aérobies, facultatifs et anaérobies. Les micro-organismes aérobies exigent de l'oxygène pour assurer leur métabolisme. Au contraire celles anaérobies tirent leurs besoins énergétiques de la matière organique en absence d'oxygène. Les micro-organismes facultatifs ont un métabolisme aérobie en présence d'oxygène et un métabolisme anaérobie en absence d'oxygène. La majorité des micro-organismes présents dans les procédés d'épuration biologique sont du type facultatif [18].

### III.2 Cultures aérobies, cultures anaérobies :

Les traitements biologiques utilisés en traitement d'eau ne font que reprendre des phénomènes naturels. Deux voies sont possibles pour dépolluer les effluents :

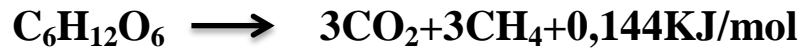
. **La voie aérobie** si l'oxygène est associé aux réactions. Cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment aérées. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO<sub>2</sub> et de biomasse.

. **La voie anaérobie**, si les réactions s'effectuent en l'absence de l'air, en milieu réducteur. Le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et biomasse. Le faible potentiel d'oxydo-réduction fait passer l'azote sous forme NH<sub>3</sub>, le soufre sous forme H<sub>2</sub>S ou de différents types de composés soufrés organiques, tels que les mercaptans. D'une façon générale, il est possible de schématiser la dégradation du glucose selon ces deux voies [19] :

Par voie aérobie :



Par voie anaérobie :



### III.3 Les procédés biologiques :

Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et intensifs :

#### III.3.1 Les procédés biologiques extensifs :

##### III.3.1.1 Le lagunage :

Le lagunage utilise la capacité épuratrice de plans d'eau peu profonds. Concrètement, les eaux usées sont envoyées dans une série de bassins, au minimum trois. L'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère au niveau du plan d'eau et par l'activité de photosynthèse des micro-algues de surface [20].

La pollution organique se dégrade sous l'action des bactéries présentes dans le plan d'eau. Le rayonnement solaire détruit en outre certains germes (lagunage de finition, dans les derniers bassins). La durée de séjour des eaux usées dans les bassins peut atteindre 60 jours et les eaux à traiter doivent avoir subi une décantation préalable (lagunage primaire) [21].

Une lagune aérée utilise le même principe que le lagunage simple dans lequel, l'apport d'oxygène est augmenté par la mise en place d'aérateurs mécaniques. Une lagune aérée est assimilée à un vaste bassin aérobie. Il existe deux types de lagunes aérées :

**.Les lagunes aérobies** dans lesquelles on maintient une concentration en oxygène dissous dans tout le bassin.

**.Les lagunes facultatives** dans lesquelles l'oxygène n'est maintenu que dans la partie supérieure du bassin. Une zone anaérobie est donc présente au fond du bassin. Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 à 90% de la DBO, 20 à 30% de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année [22, 23, 24,25].

### **III.3.2 Les procédés biologiques intensifs :**

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. Cela inclut les procédés de traitement biologique pour enlever DBO avec DCO correspondante, etc. des effluents principalement traités. Compte tenu des niveaux DBO/DCO dans les effluents bruts et la limite de DCO dans les effluents traités, les traitements aérobiologiques à deux-étages sont employés pour efficacité maximale d'enlèvement des polluants. Le système se compose d'un bio-réacteur à taux élevé suivi d'un système des boues activées. Ce système à deux étages non seulement offre la résistance aux fluctuations des polluants, mais aussi accomplit des boues biologiques plus stabilisées [15].

Deux types d'installation sont inclus dans le procédé biologique intensif et qui sont :

#### **III.3.2.1 À cultures libres :**

Utilisés uniquement en traitement d'eaux résiduaires, on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de floccs, au sein du liquide à traiter. On utilise pour cela un bassin brassé pour conserver en suspension la culture, et dans lequel on maintient soit, une certaine concentration en oxygène : ce sont les procédés aérobies tels que les boues activées, le lagunage aéré ou naturel, soit, au contraire, en l'absence d'oxygène ce sont les procédés anaérobies tels que les procédés contact-clarification, à lit de boue, le lagunage anaérobie [19].

Il s'agit d'un système d'épuration aérobie. La culture bactérienne est maintenue dans un bassin aéré et brassé. Un système d'aération permet à la fois d'apporter l'oxygène nécessaire à l'épuration et de brasser les eaux usées. Ce brassage est indispensable pour homogénéiser le mélange et éviter les dépôts. Les bactéries se développent aux dépens des matières organiques oxydables de l'effluent, et forment de multiples floccs qui constituent la boue activée [26].

#### **III.3.2.2 Les techniques à cultures fixées :**

On utilise la capacité qu'ont la plupart des micro-organismes à produire des exopolymères permettant leur fixation sur des supports très divers, pour former un biofilm (bio réacteur à lit



mobile). Les cultures fixées, comme les cultures libres, peuvent s'utiliser en traitements aérobies ou anaérobies (biofiltres à milieu granulaire fin, lits bactériens, disques biologiques...). D'où on distingue différents types de supports pour les cultures bactériennes fixes :

#### **A. Disques biologiques :**

C'est une technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants autour d'un axe horizontal où se développent les micro-organismes et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi immergés, leur rotation permet alternativement de l'oxygénation de la biomasse fixée et le contact avec l'eau à traité cette technique consomme moins de l'énergie par apport à autre techniques.

#### **B. Lits bactériens :**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération ce fait soit par ventilation forcée soit par tirage naturel. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO5 [23, 27,28].

### **III.4 La différence entre les deux installations :**

Les cultures libres ont comme avantage essentiel une relative simplicité de mise en œuvre. Elles sont limitées cependant par les concentrations en micro-organismes admissibles dans les bassins et conduisent ainsi à des volumes d'ouvrages importants. Par contre, les cultures fixées permettent d'obtenir dans les réacteurs des concentrations en biomasse (et parfois des activités) plus importantes, ce qui permet de réduire leur taille. Il est à noter qu'aussi bien en

cultures libres qu'en cultures fixées, il y a production d'une biomasse en excès, qu'il est nécessaire d'extraire, de traiter et d'évacuer [19].

### **III.5 Les micro-organismes :**

Dans les traitements biologique des ERI il existe 7 types différents des bactéries sont :



**Figure III.1:** *Vorticella*



**Figure III.2:** *Podophrya*



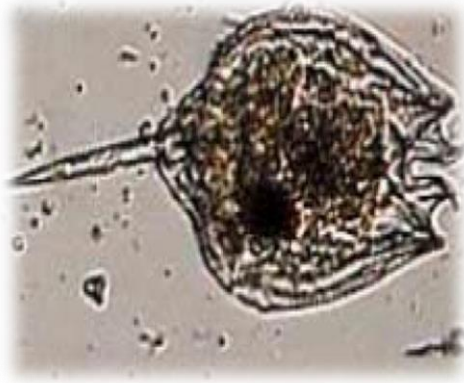
**Figure III .3 : Ramecium**



**Figure III.4 : Rotaria**



**Figure III.5 : Arcella**



**Figure III.6 :** *Monostyla*



**Figure III.7 :** *Euplotes*

### **III.6 Caractéristiques du substrat :**

Le substrat est l'ensemble des produits contenus dans une eau et susceptibles d'être utilisés par les bactéries pour leur croissance. Ces éléments peuvent être classés de la façon suivante :

-*éléments majeurs* : C, H, O et N.

-*éléments mineurs* : P, K, S et Mg.

-*vitamines et hormones*.

-*les éléments traces ou oligo éléments* (Co, Fe, Ni, etc.).

Dans le milieu particulièrement complexe que représente la plupart des eaux résiduaires, les éléments traces, les vitamines et les hormones sont généralement en concentration suffisante pour assurer une épuration correcte. Il en est de même pour K, S et Mg. Par contre, il peut arriver que l'eau à traiter ne contienne pas assez de phosphore, ni même d'azote; il faut alors en rajouter. La lutte contre l'eutrophisation peut nécessiter l'élimination de ces éléments. Pour qu'un effluent puisse être traité par voie biologique, il doit présenter des caractéristiques compatibles avec la croissance bactérienne : pH, température, absence de produits inhibiteurs ou toxiques [19].

### **III.7 Evolution d'une culture bactérienne :**

Après ensemencement, une culture bactérienne se développe jusqu'à épuisement du milieu nutritif si l'environnement est favorable. Si l'on suit l'évolution d'une culture bactérienne en fonction du temps, on remarque la succession de plusieurs phases :

- *Phase de latence ou d'acclimatation* : des micro-organismes au milieu de culture (phase d'adaptation) ;
- *Phase exponentielle de croissance* : Cette phase est obtenue quand le taux de reproduction cellulaire atteint son maximum et reste constant ;
- *Phase de ralentissement* : Elle correspond à l'épuisement du milieu de culture avec disparition d'un ou plusieurs éléments nécessaires à la croissance bactérienne ;
- *Phase stationnaire* : La croissance s'arrête, même si les cellules conservent une certaine activité métabolique ;
- *Phase de décroissance* (ou encore phase de respiration endogène) : Pendant cette période les micro-organismes ne sont plus alimentés, une partie d'entre eux disparaît par auto-oxydation. Ces différentes phases et les équations qui les régissent sont valables en milieu aérobie ou anaérobie [22, 29].

### **III.8 Facteur limitant la biodégradabilité :**

**III.8.1 Détergents** : ils posent le problème d'une biodégradabilité imparfaite en diminuant le taux de transfert de l'oxygène.

**III.8.2 Métaux lourds et composés chimiques** : De nombreux métaux et métalloïdes font l'objet de cycles biologiques. Ces biotransformations peuvent conduire à l'apparition de

composés plus ou moins toxiques qui s'accumulent dans l'environnement. Quant aux composés chimiques, ils sont plus ou moins rapidement biodégradables. Leur décomposition dépend notamment du pouvoir d'adaptation des souches bactériennes.

**III.8.3 Pesticides :** Les pesticides sont essentiellement liés à la source de la pollution des eaux de ruissellement et d'infiltration. Ils sont difficilement biodégradables.

### **III.8.4 Les autres facteurs limitant (pH, température, salinité) :**

Le développement bactérien est possible dans un intervalle de pH assez large : de 5 à 9.

*La température :* est un facteur très important de l'activité biologique. En fonction des températures optimales, les bactéries sont dites :

*Psychrophiles :* organismes pouvant vivre jusqu'à des températures de 0°C,

*Mésophiles :* organismes dont la croissance est favorisée entre 25 et 40°C,

*Thermophiles :* organismes dont la croissance est favorisée à des températures égales ou supérieures à 50°C. La concentration en sels dissous peut être un élément limitant de la croissance bactérienne et donc de la biodégradabilité d'un effluent [30].

### **III.9 Toxicité et inhibition :**

Le bon déroulement d'une fermentation aérobie ou anaérobie, demande des conditions de milieu assez strictes. Parmi ces conditions, la température et le pH ont un rôle important. Mais il est également nécessaire que le milieu ne contienne pas de produits toxiques ou inhibiteurs susceptibles de ralentir, voire de stopper de façon irréversible l'activité bactérienne.

La plupart des métaux lourds se comportent comme des toxiques vis-à-vis de la flore bactérienne. C'est le cas plus particulièrement du cuivre, du chrome, du nickel, du zinc, du mercure et du plomb. Ces métaux agissent, soit en se fixant sur certains sites enzymatiques, qu'ils bloquent, soit en dénaturant certains enzymes, soit enfin en modifiant la perméabilité de la membrane cellulaire. Des anions comme les cyanures, les fluorures, les arsénates, les chromates et bichromates ont un comportement analogue. Les halogènes et certains composés organiques, peuvent intervenir également en dénaturant les protéines ou d'autres composants de la cellule. Les bactéries n'ont pas la même sensibilité aux différents toxiques. Leur sensibilité à tel ou tel produit dépend également de leur état physiologique. Certaines souches

sont même capables de dégrader des toxiques comme les cyanures ou les phénols. Dans la pratique, il est souvent possible d'adapter une culture bactérienne à la présence de toxiques ou d'inhibiteurs, et de reculer ainsi les seuils de toxicité.

Certains métaux peuvent se fixer sur le floc bactérien sous forme de complexes organométalliques insolubles, sans qu'ils perturbent la croissance bactérienne. A noter cependant que la présence de ces métaux dans les boues en excès peut les rendre impropres à une réutilisation agricole, si les teneurs dépassent certaines limites. Au-delà d'un certain seuil, quelques métabolites peuvent être eux-mêmes inhibiteurs de l'activité bactérienne [19].

### **III.10 Traitement biologique à lit mobile MBBR (moving bed biofilm reactor MBBR):**

Les Procédés à Réacteur filtrant sur lit mobile, améliorent la fiabilité, simplifient l'opération, et demandent moins d'espace que les systèmes traditionnels de traitement des eaux usées.

#### **III.10.1 Principes du Procédé MBBR :**

La technologie MBBR emploie des milliers de conteneurs de biofilm polyéthylène en opération en motion mélangée dans un bassin de traitement des eaux usées aérées. Chaque bio-conteneur individuel augmente la productivité en fournissant des zones de surface protégées pour aider la croissance de bactérie dans ses cellules. C'est cette population à haute densité de bactérie qui accomplit la bio-dégradation à haut degré dans les systèmes, tout en fournissant également la fiabilité du procédé et la facilité d'opération.

Le procédé MBBR utilise un média mobile comme substrat pour favoriser la croissance de la biomasse (**Figure III.8**). Le biofilm formé à la surface du média, regroupera les bactéries responsables de la décomposition des produits carbonés et azotés.

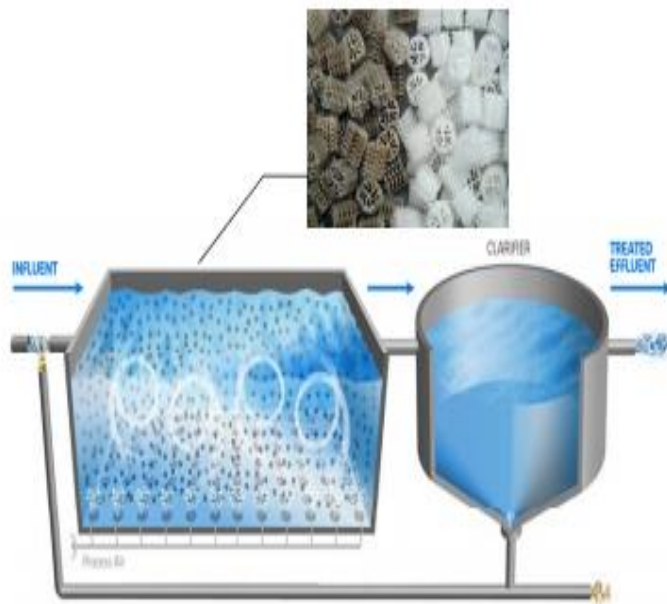
Ces médias en polyéthylène d'une densité proche de celle de l'eau ( $0,95 \text{ g/cm}^3$ ), et d'un diamètre de 12mm, sont maintenus en mouvement et mélangés avec l'affluent dans un réacteur muni d'un tamis situé au niveau de son orifice de sortie afin de retenir les supports.

Un système d'aération ou un dispositif mécanique assurent la circulation constante dépendamment des conditions aérobies recherchées.

Le procédé MBBR peut être utilisé pour la réduction de la charge polluante DCO/DBO, la nitrification et la dénitrification, en utilisant plusieurs bassins selon la nature de l'affluent à traiter :

Les eaux usées d'origine domestiques ou industrielles non traitées présentent un risque sur la santé publique et sur les écosystèmes, lorsqu'elles sont rejetées au milieu naturel. Les différentes chaînes de traitement qui existent visent à réduire ou à éliminer les polluants présents dans les eaux usées avant leur rejet, conformément aux exigences de rejet environnemental (ERE) établies par le Ministère chargé de l'environnement. Parmi les polluants à contrôler se retrouvent les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO5-C), l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4$ ) et le phosphore total (TP).

L'assainissement des eaux usées requiert plusieurs niveaux de traitement : prétraitement, traitement primaire, secondaire, tertiaire ou avancé. Le traitement par boues activées (BA) figure parmi les procédés de traitement biologique les plus utilisés qui nécessitent la recirculation d'une fraction des boues produites. Ce procédé permet de réduire la DBO5-C, d'effectuer la nitrification, la dénitrification et la déphosphatation biologique [31].



MBBR à conteneur de biofilm:  
 Matériau: HDPE (poly-éthylène à haute densité)  
 Diamètre/longueur: 12mm/12mm  
 Zone par pièce: 1910 mm<sup>2</sup> / pièce  
 Nombre par m<sup>3</sup>: 450.000 pièces/m<sup>3</sup>  
 Zone protégée: 704 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>  
 Porosité: 085  
 Zone totale: 859 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>  
 Masse volumique: 150 kg/m<sup>3</sup>  
 Densité de matériau: 0,95 kg/l.

**Figure III.8** : traitement par MBBR [32]



### **III.10.2 Les avantages de cette technique :**

La recherche d'une technologie possédant les avantages des procédés de boues activées et du biofiltre a mené à la création d'un nouveau procédé plus compact, appelé bioréacteur à lit mobile ou Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) [33], qui présente les avantages suivants :

- le traitement dépend moins de la séparation de la biomasse qui est 10 fois moins facile que dans un procédé de boues activées ;
- les exigences en infrastructures pour la mise à niveau d'installations existantes (retrofit) sont réduites ;
- la biomasse attachée devient plus spécialisée puisqu'il n'y a pas de retour de liqueur mixte ; la clarification des effluents de MBBR demeure problématique, puisque la séparation conventionnelle de la biomasse s'effectue dans un décanteur secondaire par sédimentation difficilement réalisable en raison de la faible concentration des MES (150 et 200 mg MES/L) à l'effluent de MBBR. Ce phénomène peut s'expliquer par le modèle du double exponentiel.
- Elle occupe moins de l'espace par rapport aux procédés de boue activée [34].

### **III.11 Traitement biologique par boues activées (aérobie) :**

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester et repose sur la constatation suivante Une eau d'égout aérée permet le développement rapide d'une flore bactérienne capable de dégrader des matières organiques polluantes. Dans les conditions idéales d'aération, les micro-organismes d'une eau usée se développent et s'agglomèrent en floes.

Au repos, ces derniers se séparent très bien de la phase liquide par décantation. A l'aide d'un clarificateur que fait la séparation entre la boue et l'eau clarifiée. Une partie des boues est renvoyée dans l'aérateur pour le réensemencement permanent ou réinjectée en tête de station, l'autre en excès, est éliminée et doit faire l'objet d'un traitement séparé.

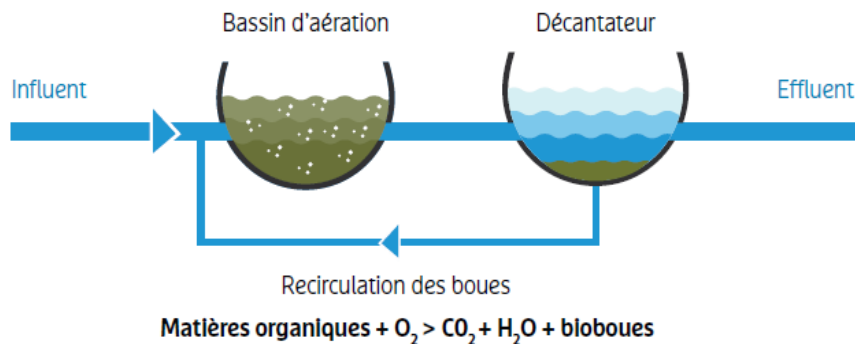
#### **III.11.1 Le principe du procédé à boues activées :**

Il consiste à provoquer le développement d'un floe bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation). Afin d'éviter la décantation des floes dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante. Le bassin d'activation peut être précédé d'un décanteur primaire dans

le but d'éliminer les matières décantables et suivi d'un clarificateur pour la séparation de l'effluent épuré et des boues.

### III.11.2 Bassin d'aération :

Le bassin d'aération constitue le cœur même du procédé dans lequel s'effectue le métabolisme bactérien à l'origine de l'épuration.



**Figure III.9:** Schéma de base du procédé de boues activées

C'est dans ce bassin que la majeure partie des réactions biochimiques de transformation de la pollution carbonée (voire azotée et phosphorée) ont lieu. On y maintient généralement 3 à 4g L<sup>-1</sup> de biomasse active en état d'aérobiose à une concentration de 2 à 2,5 ppm en oxygène dissout.

### III.11.3 Le système d'aération :

La qualité d'un système d'aération est évaluée, d'une part, par sa capacité d'oxygénation et d'autre part, par l'énergie nécessaire pour dissoudre un kg d'oxygène. La capacité d'oxygénation est par définition la quantité d'oxygène fournie en une heure à l'eau propre, à teneur en oxygène constante et nulle à 10 °C et à pression atmosphérique.

Les conditions opératoires sont standards et permettent la comparaison des différents systèmes d'aération utilisables en pratique à savoir :

Les dispositifs d'injection d'air surpressé à fines bulles (diffuseurs poreux à haut rendement d'oxygénation : 12 %), à moyennes bulles (diffuseurs à clapets) ou à grosses bulles (diffuseurs à larges orifices) à faible rendement d'oxygénation : 5 %.



**Figure III.10 :** Surpresseur d'air dans un bassin aéré



**Figure III.11 :** Bassin aéré par diffusion d'air

#### **III.11.4 Epuration biologique aérobie :**

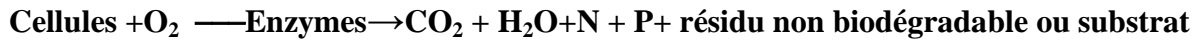
Pour la dégradation aérobie de la matière organique, deux processus consommateurs d'oxygène se développent parallèlement. Ce sont :

L'oxydation de la matière organique : Cette opération fournit l'énergie aux micro-organismes (catabolisme), énergie nécessaire à la synthèse cellulaire et à la multiplication des micro-organismes (anabolisme), le processus d'oxydation aboutit à un accroissement de la masse cellulaire totale.

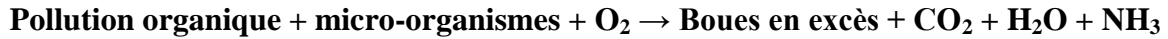
Réaction de synthèse de la biomasse:

**Mat. Org. + O<sub>2</sub> + N + P ———Enzyme——> cellules nouvelles + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + résidu réfractaire ou substrat**

Auto-oxydation progressive de la masse cellulaire : respiration endogène



Le bilan global de l'épuration se traduit par :



### III.12 Elimination de la pollution azotée :

Dans les ERI ou ERU l'azote se trouve sous deux formes différant sous la forme organique et ammoniacale. L'élimination de la pollution azotée est assurée biologiquement par la nitrification-dénitrification

#### III.12.1 Nitrification :

C'est la transformation de l'azote ammoniacal en nitrate. Cette oxydation biologique s'effectue en deux phases sous l'action de micro-organismes autotrophes qui utilisent l'énergie de la réaction pour réduire le  $\text{CO}_2$  et ainsi incorporer le carbone.

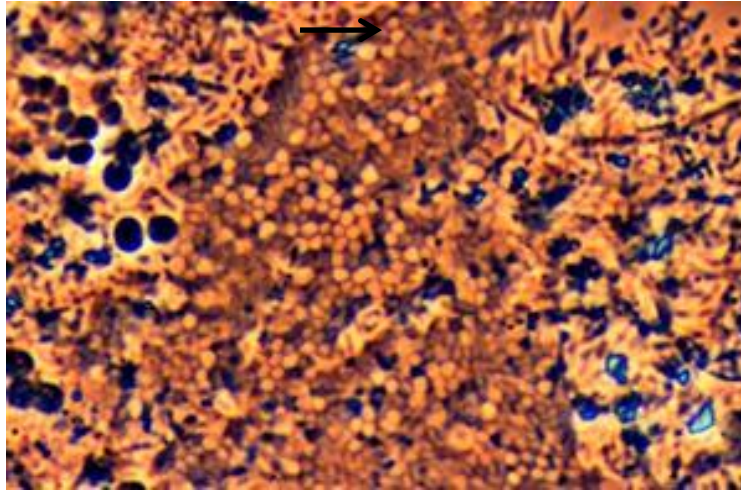
Phase 1 : oxydation de  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NH}_2^-$  .

phase 2 : oxydation de  $\text{NH}_2^-$  en  $\text{NH}_3^-$  .

La nitritation, qui est la transformation de l'ammonium en nitrite, est essentiellement liée aux Nitrosobactéries, alors que la nitratisation, au cours de laquelle les nitrites sont oxydés en nitrates, est principalement l'œuvre des Nitrobactéries (genre Nitrobacter). Ces bactéries nitrifiantes, du fait de leur très faible taux de croissance se trouvent en large minorité au sein des boues activées (de 0,1 à 5% de la biomasse totale d'une boue activée).

La réaction globale de nitrification est :





**Figure III.12:** Nitrosomonas 1000x

### **III.12.2 Dénitrification :**

C'est le processus de réduction de l'azote nitrique à un degré d'oxydation plus faible. Certains micro-organismes, généralement hétérotrophes, sont en fait capables, en période d'anoxie, d'utiliser les ions nitrites et nitrates au lieu de l'oxygène dissous dans leur chaîne respiratoire et donc de réaliser cette transformation de l'azote nitrique, alors les bactéries de la dénitrification tirant leur besoin énergétique de celle libérée lors de transfère des électrons de composé organiques vers  $O_2$ ,  $NO^-$ ,  $NO_3^-$ . On estime que 25 à 40% de la biomasse d'une boue activée est dénitrifiant facultatif. La réaction globale de la dénitrification est :



La source des électrons est le carbone organique on l'absence de celui-ci la masse bactériennes elle-même [35].

### **III.13 Déshydratation et stabilisation chimique :**

La déshydratation a pour but d'amener les boues aux teneurs en matière sèche désirée pour les traitements ultérieurs. Elle est réalisée par des procédés mécaniques de filtration (par filtres à bande ou filtres presses) ou de centrifugation et/ou thermiques via des fours. Leurs teneurs en matière sèche peuvent atteindre 70 à 80 % en fonction de leurs destinations finales.

Une boue qui est à 50% de matière sèche a perdu 90% de son volume. Le mélange des boues avec des produits stabilisants empêche les fermentations et détruit des micro-organismes pathogènes. Pour cela on mélange les boues avec de la chaux par exemple. Dans

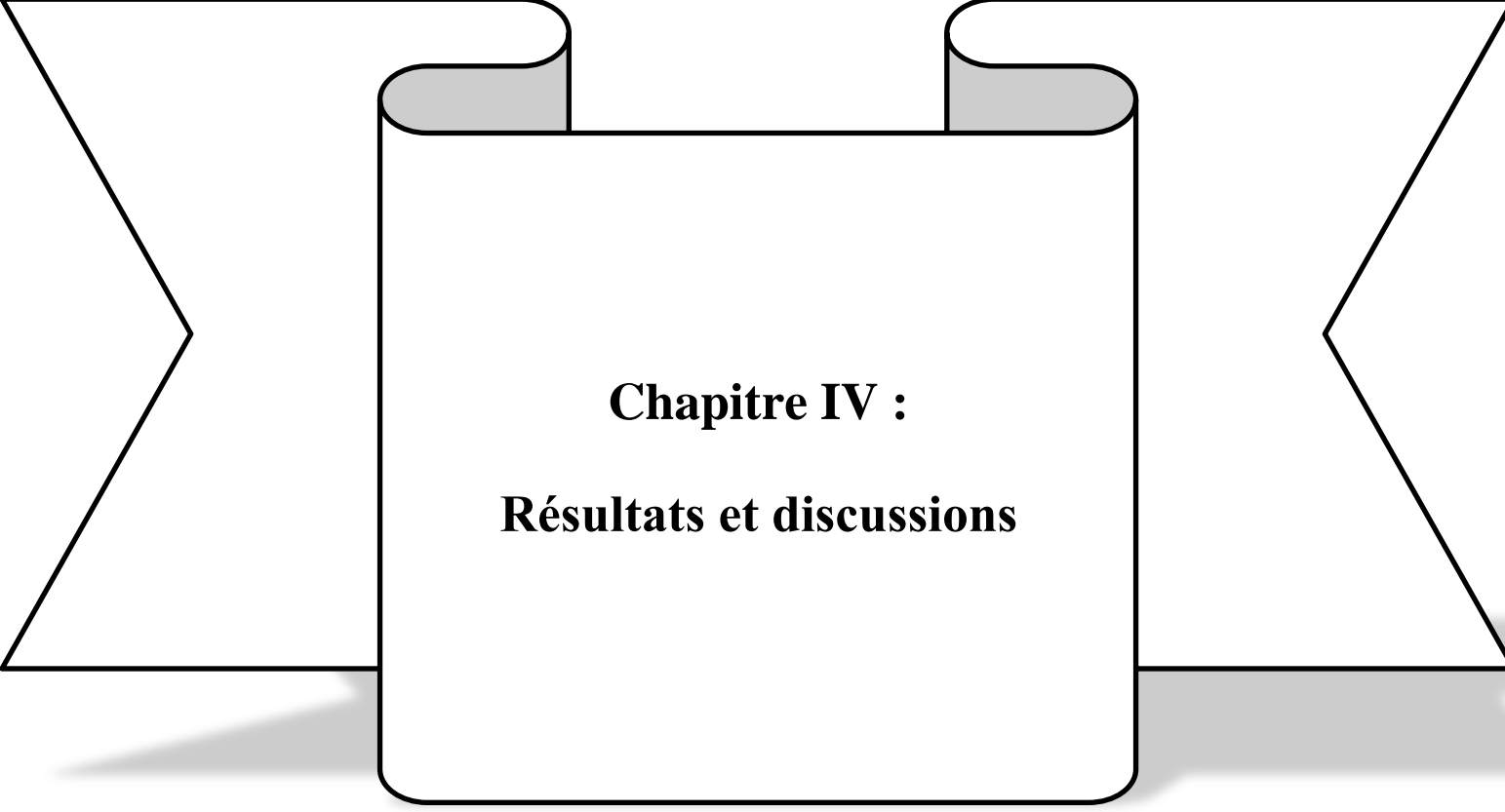
les petites stations d'épuration du secteur rural on utilise d'autre technique de déshydratation. Dans les zones très ensoleillées, on épand les boues sur des surfaces de sable et de graviers ou elles vont sécher au soleil.

On peut aussi accumuler des boues dans un bassin et y mettre des plantes adaptées. Pendant plusieurs années les racines des plantes vont, l'eau drainée vers le fond et les feuilles vont éliminer de l'eau grâce à l'évapotranspiration. Les eaux récoltées dans les deux cas retournent à la station d'épuration [36].

### **Conclusion :**

Le traitement biologique permet d'éliminer les matières organiques présentes dans l'eau qui sont responsables de la présence des agents pathogènes, des mauvaises odeurs ainsi que la couleur de l'eau, qui implique la basse teneur en oxygène de cette dernière.

Toutes les techniques et les procédés de traitement sont basés sur des opérations biologiques regroupant des phénomènes d'auto épuration existant dans la nature, et sont bien maîtrisés par les ingénieurs des procédés et de biologie, qui créent des conditions d'oxygénation (aérobie, anaérobie), de nourritures (N,P,C...) et les caractéristiques de milieu (PH,T, oxygène dissout, produits inhibés ou toxiques qui limitent la croissance des floc bactériens). Ces procédés varient d'une technique d'épuration à l'autre (MBBR, boue active, lagunage,...).



**Chapitre IV :**  
**Résultats et discussions**

## IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre, la discussion va porter sur les résultats obtenus après analyse des différents paramètres physico-chimiques inclus dans notre protocole expérimental.

Il est à noter que, pour présenter les résultats des analyses effectuées, nous avons effectué au niveau de chaque point de prélèvement de nos échantillons, sept (07) itérations.

Les prélèvements ont été effectués sur une période de sept (07) jours, période accordée par les responsables du complexe au cours de notre stage d'étude au sein de la RA1K, et comme l'appareil qui mesure le DBO5 est arrêté nous n'avons pas d'analyse pour ce paramètre, et nous n'avons pas pu revenir une autre fois en raison de la crise sanitaire mondiale causée par le COVID19.

## IV.2 Protocole d'échantillonnage :

Les échantillons sont prélevés directement dans les bassins :

- le prélèvement dans le **bassin d'alimentation du bassin d'aération (MBBR) SU<sub>3</sub>** pour contrôler le milieu favorable des bactéries (pH, le nutriment «TKN, PO<sub>4</sub>», DCO).
- le prélèvement dans le bassin d'aération ou réacteur biologique (**MBBR**) pour confirmer le milieu favorable analysé précédent.
- le prélèvement à la sortie de l'effluent (**PG**) donne une estimation sur la qualité des eaux traitées et l'efficacité de la chaîne de traitement.
- La comparaison entre les valeurs trouvées en **PG** et **les normes Algériennes** nous décidera de la performance de la station de traitement de la 'RA1K' [37].



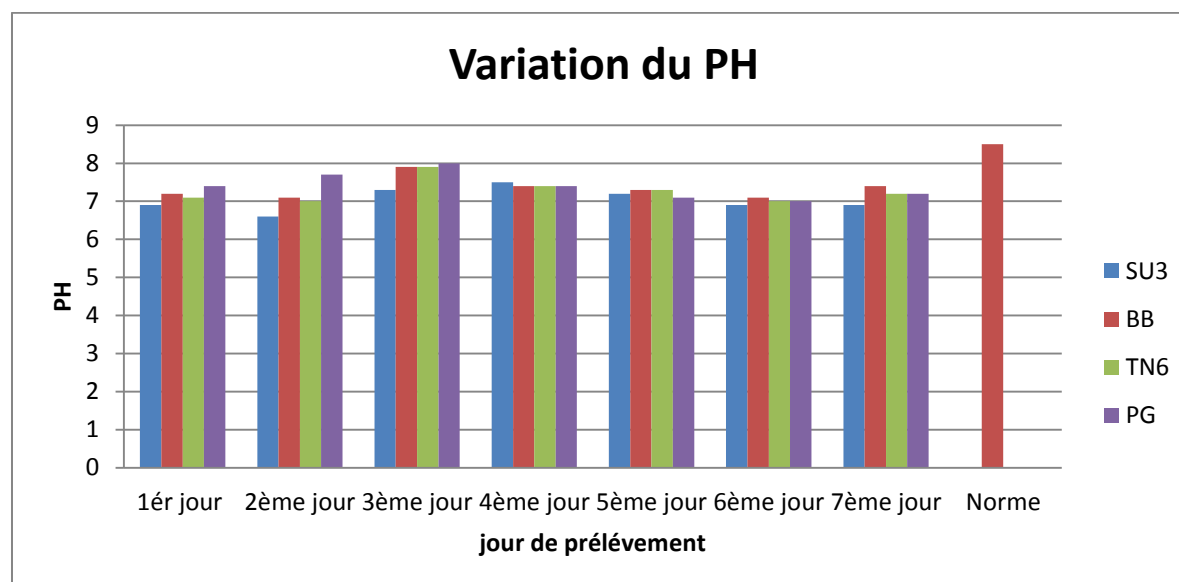
## IV.3 Discussion des résultats :

### IV.3.1 Variation du pH :

D'après les résultats figurant aux tableaux sur le pH on remarque que les valeurs au niveau des différents bassins en fonction du temps ne montrent pas de grandes différences seulement au niveau du bassin de PG la valeur du pH pour l'essai est toujours élevée. Néanmoins cette augmentation de pH reste dans la norme qui est de 8,5 mg/l.

**Tableau IV.1 :** Variation du PH au niveau des différents bassins

Jour de prélèvement	SU3	BB	TN6	PG
1 <sup>er</sup> jour	6,9	7,2	7,1	7,4
2 <sup>ème</sup> jour	6,6	7,1	7	7,7
3 <sup>ème</sup> jour	7,3	7,9	7,9	8
4 <sup>ème</sup> jour	7,5	7,4	7,4	7,4
5 <sup>ème</sup> jour	7,2	7,3	7,3	7,1
6 <sup>ème</sup> jour	6,9	7,1	7	7
7 <sup>ème</sup> jour	6,9	7,4	7,2	7,2
Norme	8,5			



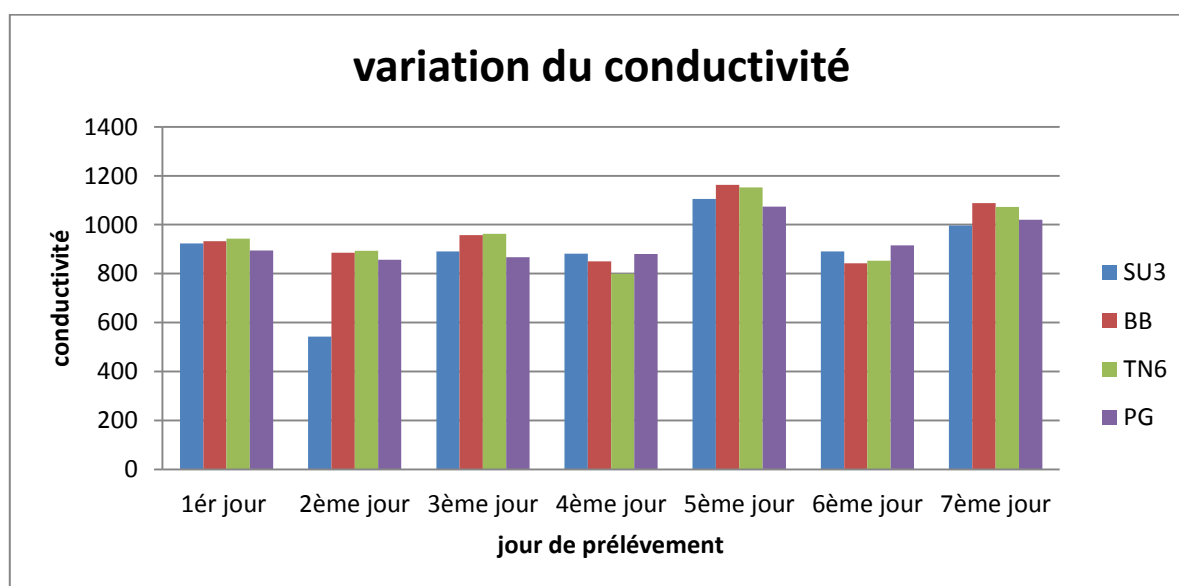
**Figure IV.1 :** Variation du pH au niveau des différents bassins

### IV.3.2 Variation de la conductivité :

La valeur de la conductivité mesurée aux différents bassins en fonction du temps est presque la même dans les quatre (04) premiers jours. Cependant, on constate une augmentation de la conductivité aux cinquième (5<sup>ème</sup>) et septième (7<sup>ème</sup>) jour.

**Tableau IV.2:** Variation de la conductivité au niveau des différents bassins

Jour de prélèvement	SU3	BB	TN6	PG
1 <sup>er</sup> jour	923	932	943	894
2 <sup>ème</sup> jour	543	886	893	857
3 <sup>ème</sup> jour	890	957	963	867
4 <sup>ème</sup> jour	882	850	799	880
5 <sup>ème</sup> jour	1105	1163	1152	1074
6 <sup>ème</sup> jour	890	842	853	916
7 <sup>ème</sup> jour	997	1088	1073	1020



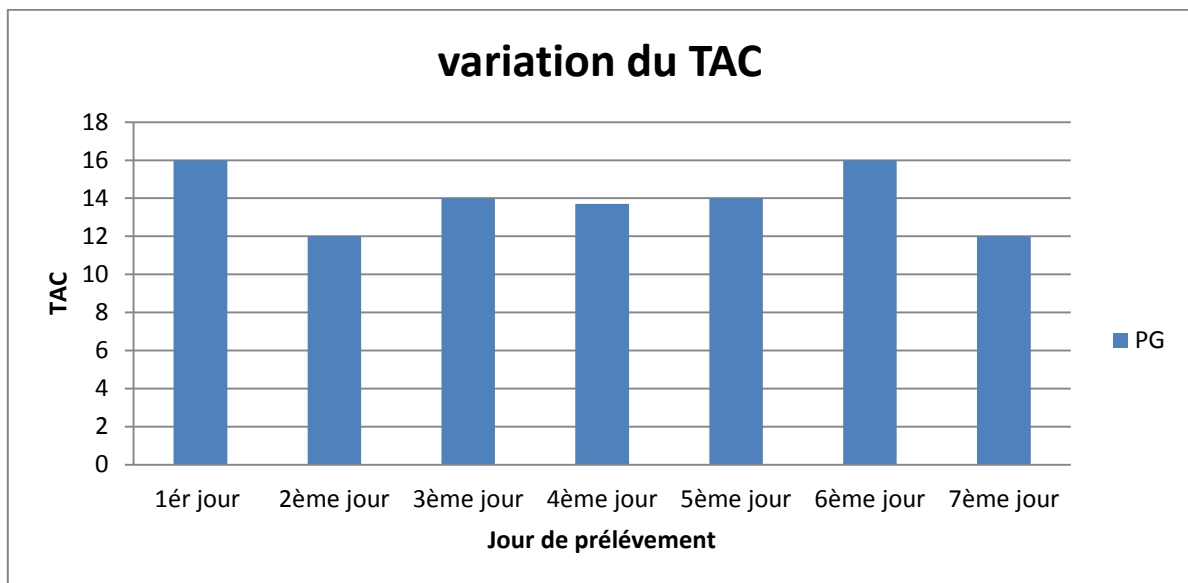
**Figure IV.2 :** Variation de la conductivité au niveau des différents bassins

### IV.3.3 Variation du TAC :

D'après le tableau (IV.3) et la figure (IV.3) ci-après on remarque une fluctuation des valeurs du TAC car elles étaient à leur valeur la plus élevée, puis diminuées au deuxième (2<sup>ème</sup>) jour, puis augmentées au troisième (3<sup>ème</sup>) jour, et diminuées à nouveau le jour suivant et ainsi de suite jusqu'au dernier jour.

**Tableau IV.3 : Variation du TAC au niveau de bassins PG**

Jour de prélèvement	PG
1 <sup>er</sup> jour	16
2 <sup>ème</sup> jour	12
3 <sup>ème</sup> jour	14
4 <sup>ème</sup> jour	13,7
5 <sup>ème</sup> jour	14
6 <sup>ème</sup> jour	16
7 <sup>ème</sup> jour	12



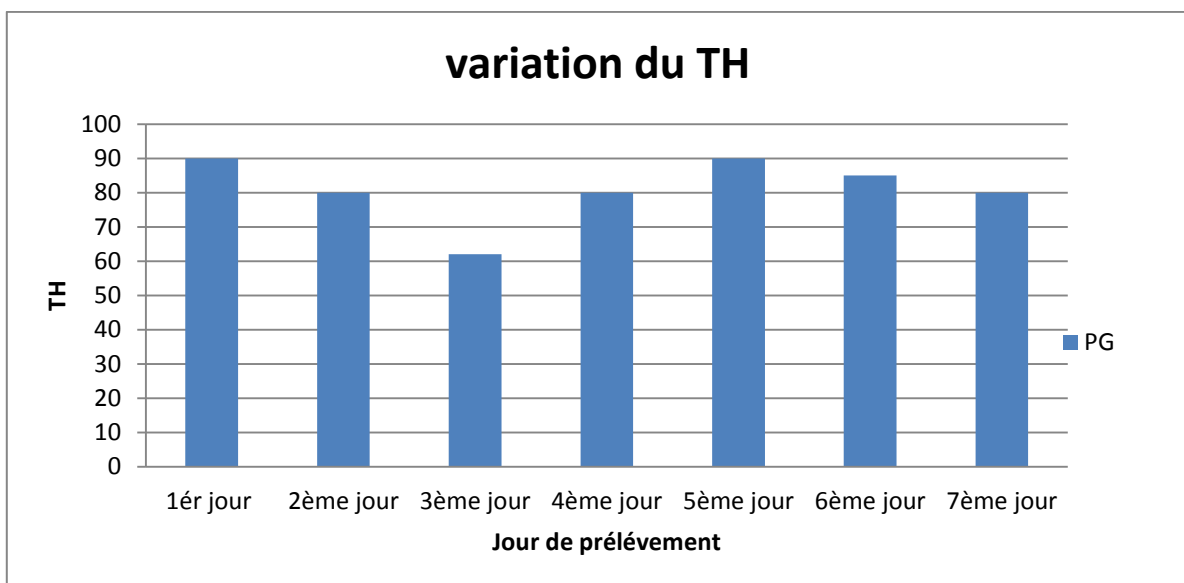
**Figure IV.3 : Variation du TAC au niveau de bassins PG**

#### **IV.3.4 Variation du TH :**

À partir des données représentées dans le tableau (IV.4) et figure (IV.4) sur le TH, on remarque que les valeurs au niveau du bassin de PG ont diminué en fonction du temps jusqu'au troisième (3<sup>ème</sup>) jour. Après, elles commencent à augmenter en fonction du temps pour atteindre leur valeur la plus élevée au cinquième (5<sup>ème</sup>) jour, puis vont en diminuant jusqu'au dernier jour.

**Tableau IV.4 : Variation du TH au niveau de bassins PG**

Jour de prélèvement	PG
1 <sup>er</sup> jour	90
2 <sup>ème</sup> jour	80
3 <sup>ème</sup> jour	62
4 <sup>ème</sup> jour	80
5 <sup>ème</sup> jour	90
6 <sup>ème</sup> jour	85
7 <sup>ème</sup> jour	80



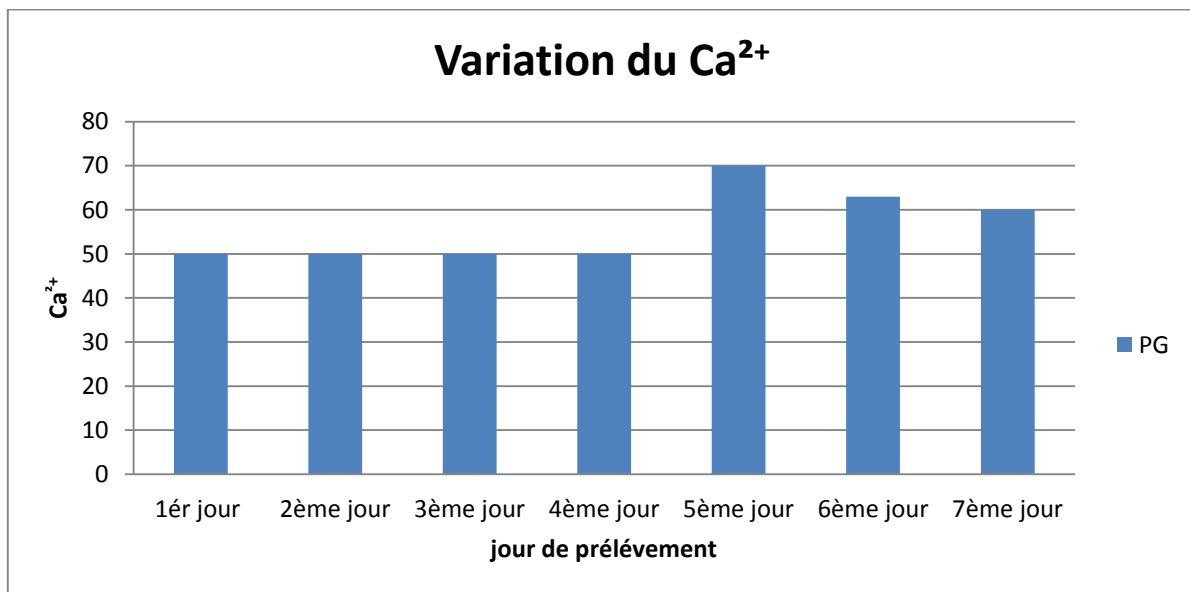
**Figure IV.4 : Variation du TH au niveau de bassins PG**

#### **IV.3.5 Variation du Ca<sup>2+</sup> :**

Les résultats obtenus et résumés dans le tableau (IV.5) et la figure (IV.5), ci-après montrent une stabilisation des valeurs du calcium au niveau du bassin de PG dans les quatre (04) premiers jours, puis elles ont augmenté à la valeur la plus élevée au cinquième (5<sup>ème</sup>) jour, puis ont diminué pour les jours suivants.

**Tableau IV.5:** Variation du  $\text{Ca}^{2+}$  au niveau de bassins PG

Jour de prélèvement	PG
1 <sup>er</sup> jour	50
2 <sup>ème</sup> jour	50
3 <sup>ème</sup> jour	50
4 <sup>ème</sup> jour	50
5 <sup>ème</sup> jour	70
6 <sup>ème</sup> jour	63
7 <sup>ème</sup> jour	60



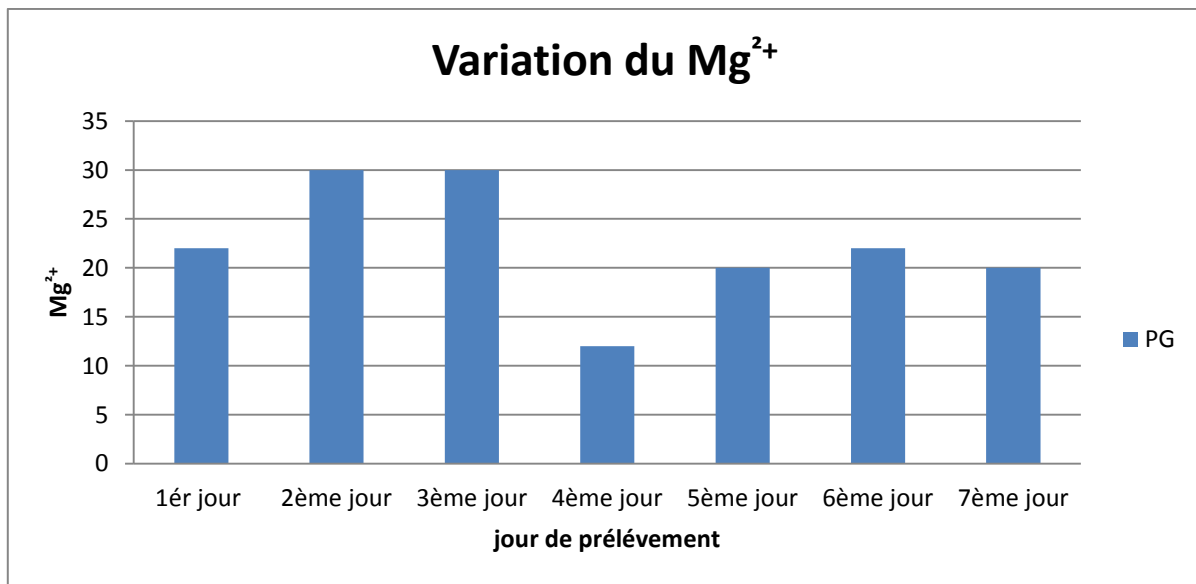
**Figure IV.5 :** Variation du  $\text{Ca}^{2+}$  au niveau de bassins PG

### IV.3.6 Variation du $\text{Mg}^{2+}$ :

D'après les résultats résumés dans le tableau (IV.6), On remarque que les valeurs du magnésium sont augmentées dans les trois premiers jours et diminuées à sa valeur la plus basse au quatrième (4<sup>ème</sup>) jour, suivi d'une petite augmentation des valeurs du cinquième (5<sup>ème</sup>) au dernier jour.

**Tableau IV.6 :** Variation du  $Mg^{2+}$  au niveau de bassins PG

Jour de prélèvement	PG
1 <sup>er</sup> jour	22
2 <sup>ème</sup> jour	30
3 <sup>ème</sup> jour	30
4 <sup>ème</sup> jour	12
5 <sup>ème</sup> jour	20
6 <sup>ème</sup> jour	22
7 <sup>ème</sup> jour	20



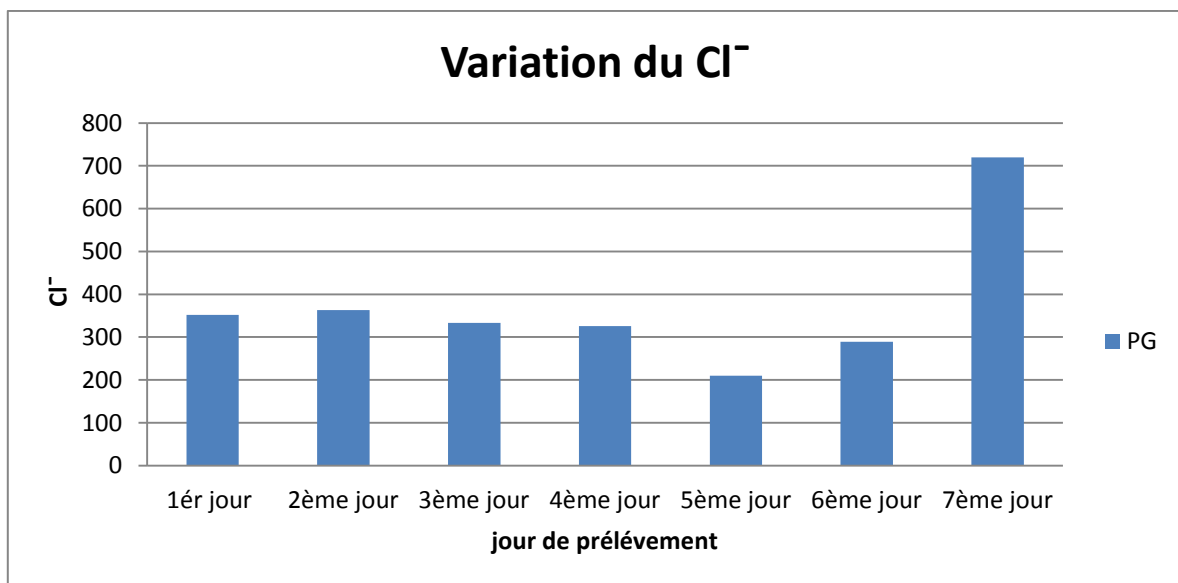
**Figure IV.6:** Variation du  $Mg^{2+}$  au niveau de bassins PG

#### IV.3.7 Variation du $Cl^-$ :

En examinant les valeurs du tableau (IV.7) et de la figure (IV.7) , on constate une fluctuation dans les doses de chlorure, car la valeur augmente au deuxième (2<sup>ème</sup>) jour, puis elle commence à diminuer au fil des jours jusqu'au cinquième (5<sup>ème</sup>) jour, lorsqu'elle atteint sa valeur la plus basse, et revient ensuite à la hausse pour la valeur la plus élevée au dernier jour.

**Tableau IV.7 : Variation du Cl<sup>-</sup> au niveau de bassins PG**

Jour de prélèvement	PG
1 <sup>er</sup> jour	352
2 <sup>ème</sup> jour	363
3 <sup>ème</sup> jour	333
4 <sup>ème</sup> jour	325,86
5 <sup>ème</sup> jour	210
6 <sup>ème</sup> jour	289
7 <sup>ème</sup> jour	720



**Figure IV.7 : Variation du Cl<sup>-</sup> au niveau de bassins PG**

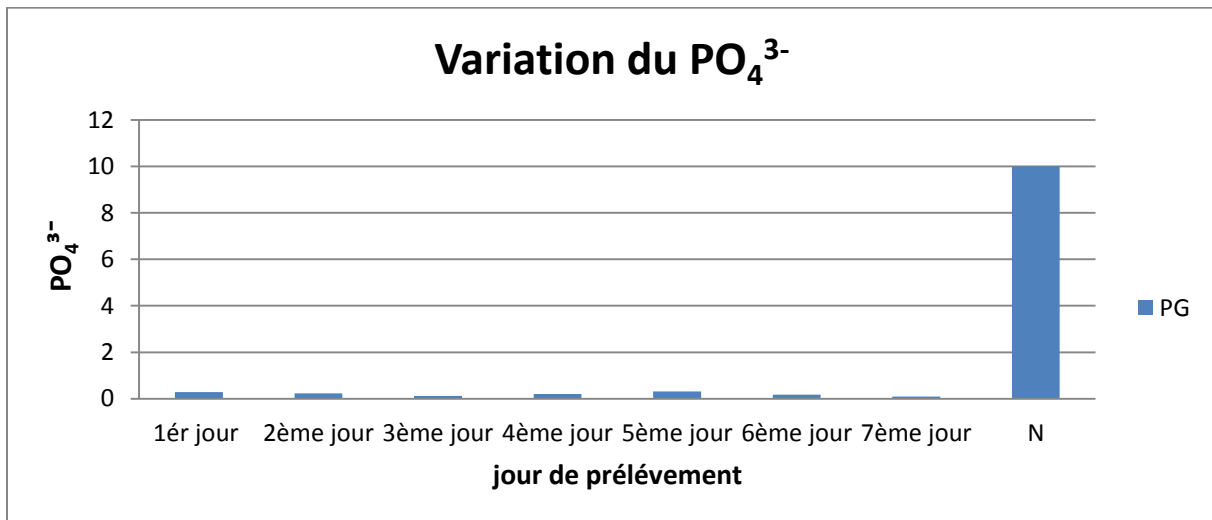
#### **IV.3.8 Variation du PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> :**

D'après le tableau(IV.8) on remarque une fluctuation de la teneur en phosphate au niveau du bassin de PG car les valeurs ont diminué dans les trois premiers jours puis ont commencé à augmenter, pour diminuer une autre fois jusqu'au dernier jour à sa valeur la plus basse.

De façon générale les valeurs de la teneur en phosphate dans l'eau sont très en dessous de la norme qui est de 10 mg/l. Donc la station de traitement libère dans la nature une eau qui contient une faible concentration en phosphate.

**Tableau IV.8 :** Variation du  $\text{PO}_4^{3-}$  au niveau de bassins PG

Jour de prélèvement	PG
1 <sup>er</sup> jour	0,28
2 <sup>ème</sup> jour	0,23
3 <sup>ème</sup> jour	0,12
4 <sup>ème</sup> jour	0,2
5 <sup>ème</sup> jour	0,32
6 <sup>ème</sup> jour	0,18
7 <sup>ème</sup> jour	0,09
Norme	10



**Figure IV.8 :** Variation du  $\text{PO}_4^{3-}$  au niveau de bassins PG.

### IV.3.9 Variation des hydrocarbures :

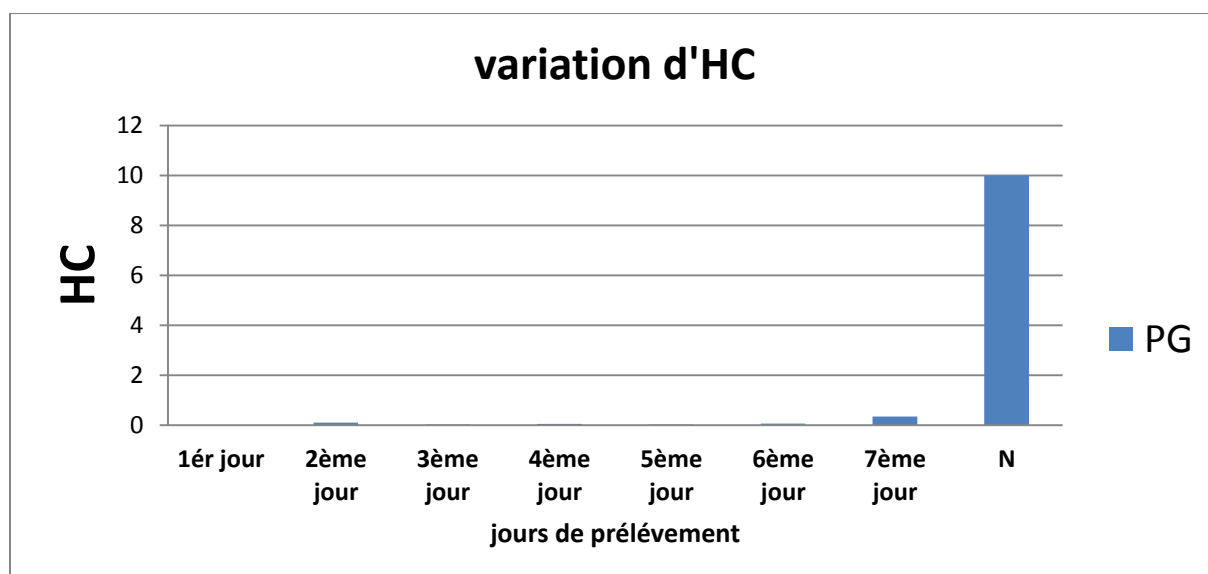
Les résultats sur les hydrocarbures au niveau du bassin de PG, du tableau (IV.9) et de la figure (IV.9), montrent une absence d'hydrocarbures au premier (1<sup>er</sup>) jour, puis on constate une fluctuation des valeurs du deuxième (2<sup>ème</sup>) jour jusqu'au cinquième (5<sup>ème</sup>) jour, qui augmente ensuite à partir du sixième (6<sup>ème</sup>) jour jusqu'au dernier jour.

On remarque que les valeurs d'analyse sont en dessous de la norme de 10 mg/l, donc l'unité de traitement libère dans la nature une eau presque sans hydrocarbures.



**Tableau IV.9 :** Variation d'HC au niveau de bassins PG

Jour de prélèvement	PG
1 <sup>er</sup> jour	Abs
2 <sup>ème</sup> jour	0,1
3 <sup>ème</sup> jour	0,02
4 <sup>ème</sup> jour	0,05
5 <sup>ème</sup> jour	0,03
6 <sup>ème</sup> jour	0,06
7 <sup>ème</sup> jour	0,35
Norme	10



**Figure IV.9 :** Variation d'HC au niveau de bassins PG.

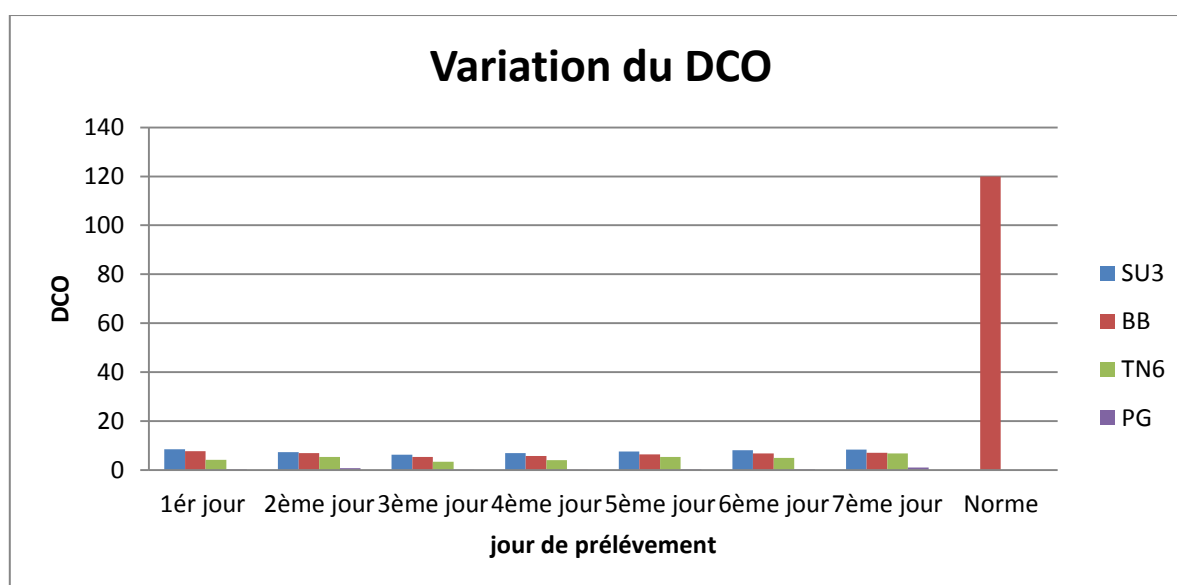
#### **IV.3.10 Variation du DCO :**

Les données de ce paramètre montrent une grande différence entre le bassin du PG et les autres bassins.

D'une façon générale les valeurs de l'échantillon final sont très en dessous de la norme qui est de 120 mg/l. Donc les analyses du laboratoire montre que les résultats sont de loin meilleurs et que la dépollution s'est bien faite.

**Tableau IV.10 : Variation du DCO au niveau des différents bassins**

Jour de prélèvement	SU3	BB	TN6	PG
1 <sup>er</sup> jour	8,53	7,66	4,21	0,24
2 <sup>ème</sup> jour	7,34	6,84	5,39	0,79
3 <sup>ème</sup> jour	6,27	5,31	3,34	0,11
4 <sup>ème</sup> jour	6,86	5,78	4,05	0,15
5 <sup>ème</sup> jour	7,54	6,32	5,36	0,22
6 <sup>ème</sup> jour	8,14	6,78	4,93	0,27
7 <sup>ème</sup> jour	8,39	7,01	6,71	0,97
Norme	120			



**Figure IV.10 : Variation du DCO au niveau des différents bassins**

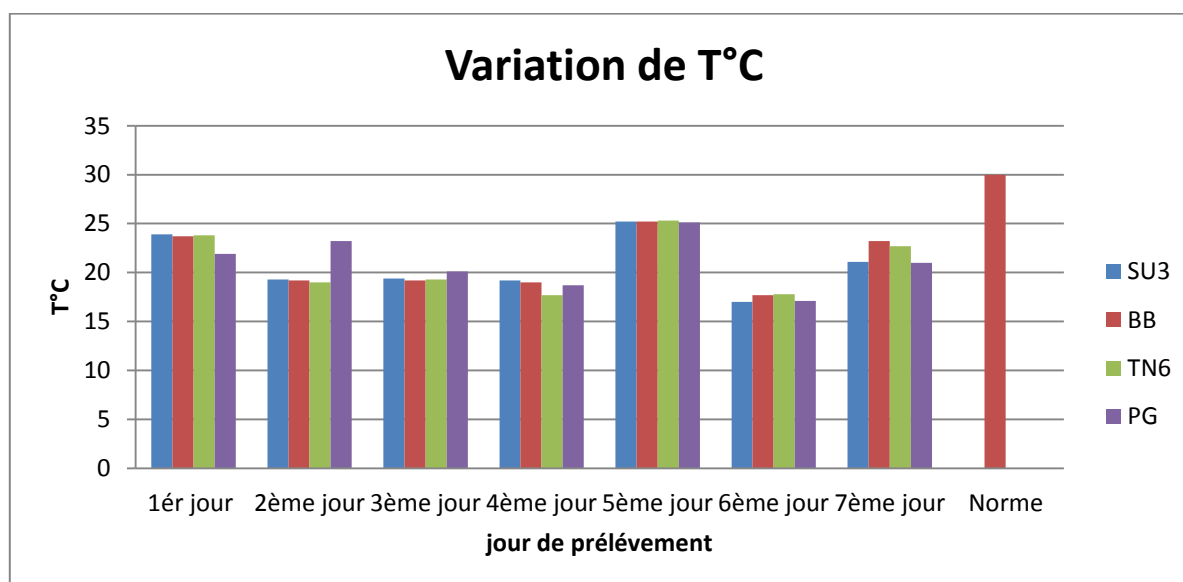
### IV.3.11 Variation de la température :

Le tableau (IV.11) et la figure (IV.11) nous renseignent sur la variation de la température ; il est bon de rappeler que la température est un des paramètres primordiaux dans le bon déroulement d'une station de traitement.

La température diminue en fonction du temps dans les quatre (04) premiers jours ; on constate ensuite une augmentation au cinquième (5<sup>ème</sup>) jour, et par rapport aux normes la température est restée dans les normes de 30°C.

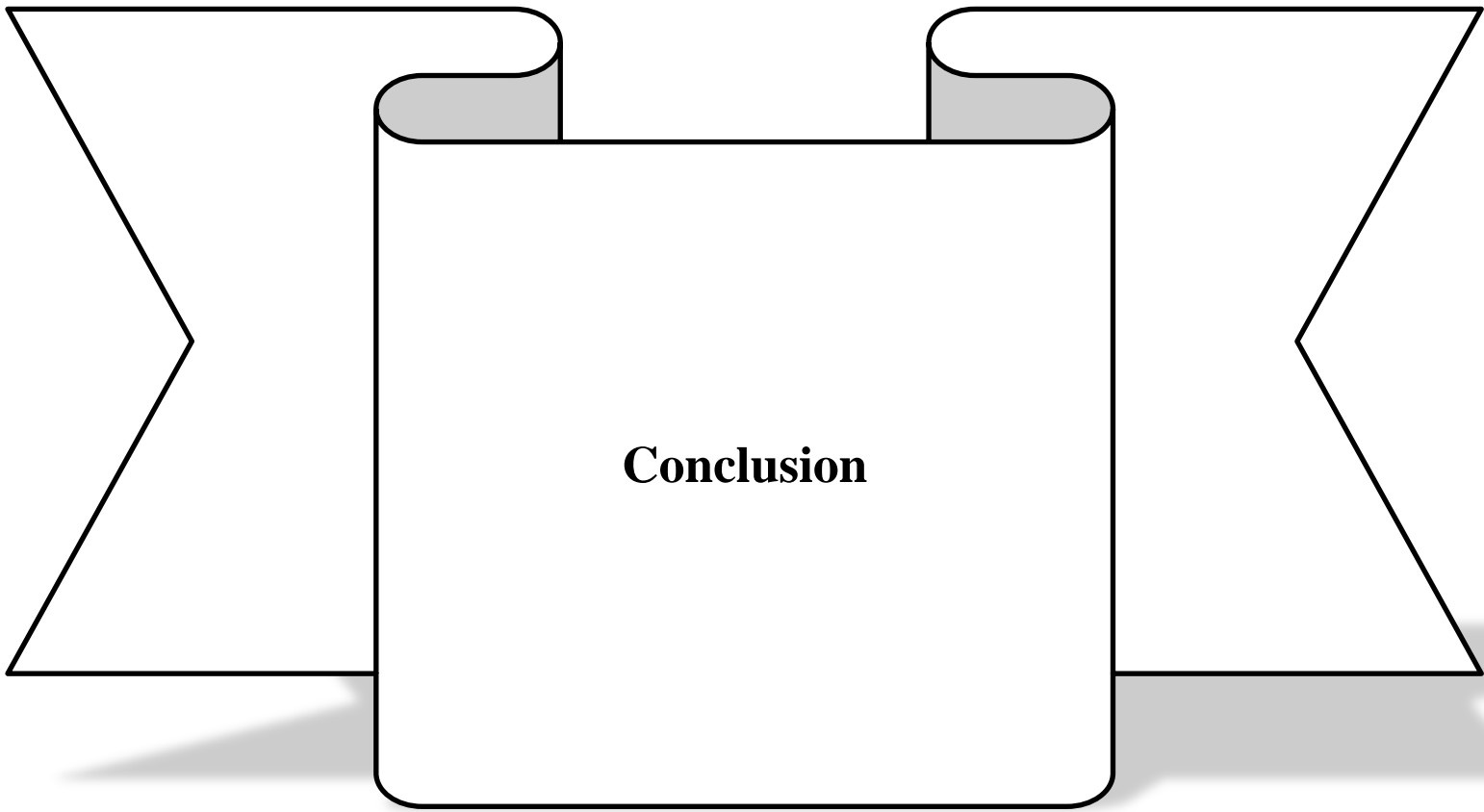
**Tableau IV.11** : Variation de la température au niveau des différents bassins

Jour de prélèvement	SU3	BB	TN6	PG
1 <sup>er</sup> jour	23,9	23,7	23,8	21,9
2 <sup>ème</sup> jour	19,3	19,2	19	23,2
3 <sup>ème</sup> jour	19,4	19,2	19,3	20,1
4 <sup>ème</sup> jour	19,2	19	17,7	18,7
5 <sup>ème</sup> jour	25,2	25,2	25,3	25,1
6 <sup>ème</sup> jour	17	17,7	17,8	17,1
7 <sup>ème</sup> jour	21,1	23,2	22,7	21
Norme	30			



**FigureIV.11** : Variation de la température au niveau des différents bassins

En examinant toutes les analyses physicochimiques effectuées au niveau du laboratoire de la raffinerie DCO, DBO5, TH, TAC, les hydrocarbures, CE, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, on remarque que chaque jour, un certain changement dans les valeurs qui peut être dû au changement des effluents qui entrent dans l'unité. Toutefois elles restent dans l'intervalle des normes nationales.

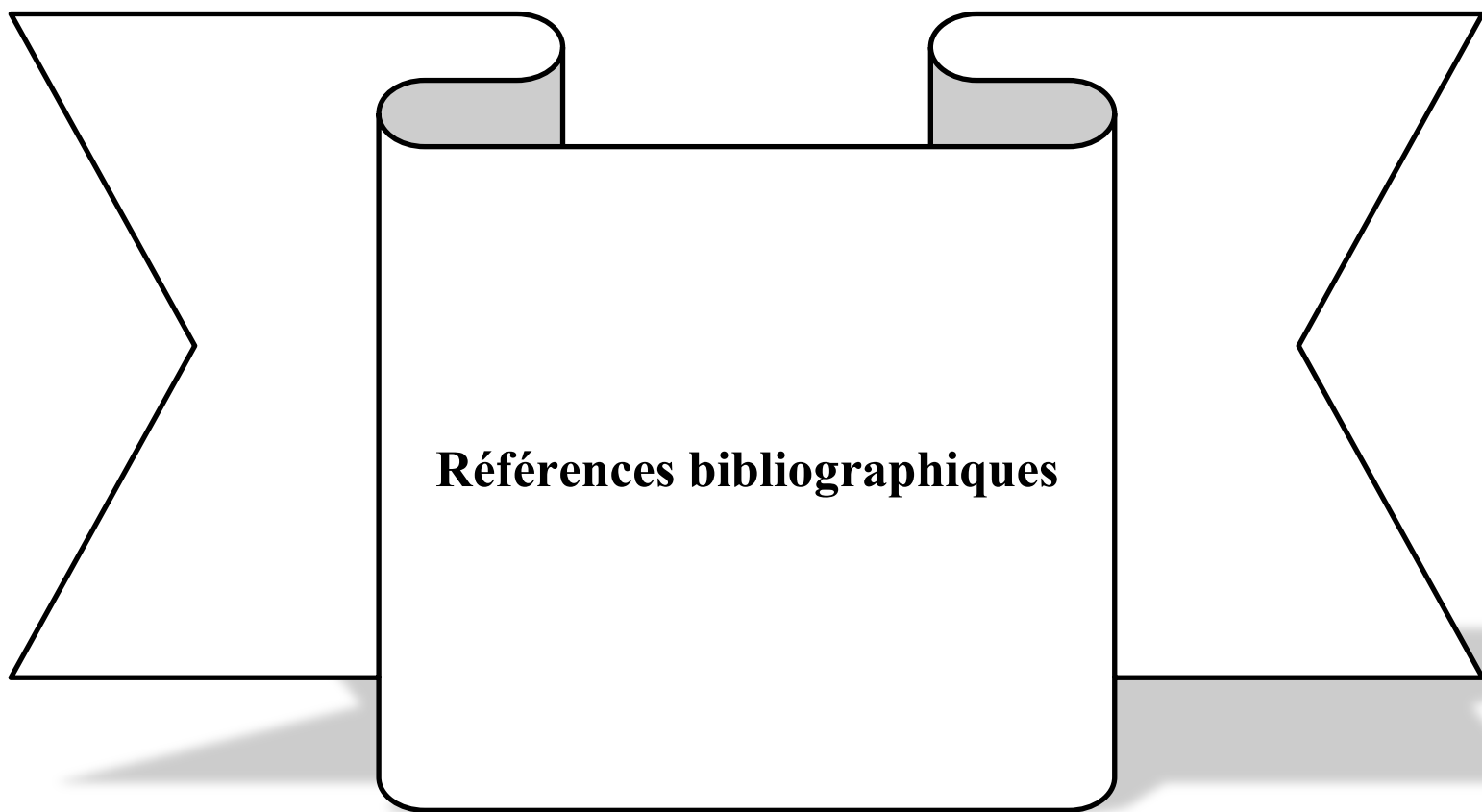


La pollution d'origine pétrolière est la plus dangereuse ; la santé des personnes et l'écosystème sont directement impactés. De là, l'objectif du travail portait sur l'étude et la vérification de l'efficacité des techniques successives utilisées dans le traitement des eaux industrielles par l'unité de traitement des effluents de la raffinerie de Skikda, et la comparaison des valeurs obtenues après traitement aux normes nationales imposées par le décret relatif aux rejets industriels.

Les prélèvements ont été effectués sur une période de sept (07) jours, période accordée par les responsables du complexe au cours de notre stage d'étude au sein de la RA1K, en raison de la crise sanitaire mondiale causée par le COVID19. Les échantillons ont été prélevés directement dans les bassins. La comparaison entre les valeurs trouvées en **PG** et **les normes Algériennes** a montré la performance de la station de traitement de la 'RA1K'.

Toutes les techniques et tous les procédés alternatifs utilisés dans l'unité commencent par le décanteur TPI jusqu'à la correction du pH et les systèmes d'évacuation des boues de chaque bassin, les choix des agents chimiques les plus efficaces dans le traitement des effluents, le traitement biologique à deux étages, les 4 filtres à sables et les 4 filtres à charbon. Tous ces équipements reflètent la taille et l'importance de cette unité.

Enfin on peut conclure que l'examen des analyses physicochimiques effectuées au niveau du laboratoire de la raffinerie DCO, DBO5, TH, TAC, les hydrocarbures, CE,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ , montrent que chaque jour, un certain changement dans les valeurs qui peut être dû au changement des effluents qui entrent dans l'unité. Toutefois elles restent dans l'intervalle des normes nationales (Annexe 01).



**Références bibliographiques**

[1] Politique HSE à SONATRACH, Service environnement, Direction AUI-Division Technologie et Développement-Boumerdes

[2] CHERFAOUI A., " *Etude de traitement des eaux résiduaires de la raffinerie de pétrole d'Alger* ", Article Institut Algérien du Pétrole, IAP, Boumerdes, 2002,10 p.

[3] DEROUICHE F., " *Contribution à l'étude des boues résiduaires comme amendement organiques pour les cultures maraichères* ", Mémoire de magister en Biologie, Université d'Oran, 2012, 102 p.

[4] KOLLER E., " *Traitement des pollutions industrielles : Eau, air, déchets, sols, boues* ", ed. Dunod, 2009

[5] BELAZZOUZ Fella et KHELIFAOUI Meriem," *Traitement des eaux huileuse de l'unité de déshuilage de Hassi R'mel par la photo catalyse hétérogène* ", Mémoire de master en génie des procédés, le 22 juin 2017

[6]MEKHALIF Faiza , " *Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement* ", Mémoire de Magister,2009

[7] BRAIK Meriem, " *Analyse de la performance du traitement de l'unité de déshuilage de Hassi R'mel et application du traitement par photocatalyse hétérogène solaire aux eaux huileuses* ", mémoire de master, 2016

[8] BOULHOUT Ahlem et MERIKHI Amina., " *La qualité physico-chimique des eaux industrielles (cas de la raffinerie de Skikda)* " Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master Écologie des écosystèmes aquatiques Intitulé, 2015/2016

[9] MIZI A., " *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, 2006

[10] "*Traité l'environnement* ", Technique de l'ingénieur, Volume G1210

[11] BOTTA Alain et BELLON Lurence., " *Pollution de l'eau et santé humaine* " Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale, Université EuroMéditerranée TEHYS, Avril 2001

- [12] RODIER Jean et all., " *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition* ", DUNOD, PARIS, 199
- [13] OLIVE Gilles, " *Chimie Industrielle* ", Tome 2 - L'eau, 2008
- [14] " *Le process : les eaux de rejet* ", TOTAL, manuel de formation cours exp-pr-pr190 révision 0.1
- [15] Description de Procédé pour Usine de Traitement des Effluents, Raffinerie de Skikda manuel de l'unité ETP II
- [16] KOLLER Emolian. , Aide-mémoire de l'ingénierie génie chimique, 2001, p 63.
- [17] BERNE F., " *Traitements des eaux usées, épuration des eaux résiduaires de raffinage* " ,p303.
- [18] GHERROUI S, AMAMAR L. et BOUDEN S., " *Tentative d'expertise de la STEP de la Raffinerie de Skikda avec dimensionnement d'une unité d'osmose inverse en vue de réutilisation des eaux usées traitées* ", Mémoire d'ingénieur d'état en chimie industrielle, Université d'Annaba promotion ,1997/1998
- [19] Chapitre 4, Processus élémentaires du génie biologique du traitement de l'eau
- [20] " *Processus de traitement des eaux* " par GEDO
- [21] ZEROUALI D., " *Traitement des eaux résiduaires* " Centre inter- entreprises de formation industrielle, séminaire juin 2000
- [22] Traitement des eaux, [www.univ-ubs.fr](http://www.univ-ubs.fr)
- [23] BRODART E. et al. " *Modélisation statistique d'une usine de traitement de l'eau potable*", Rencontres Internationales Eau et Technologies Avancées, Montpellier 1989
- [24] Dégremont ,Memento Technique De L'eau, 1998 "Tome 1 et 2"
- [25] " *Eaux usées et assainissement* ", Les traitements adaptés. C.C.I TROYES 2002
- [26] " *Traitement biologique des eaux usées* ", cours de génie des procédés
- [27] GAID A. " *Epurations Biologiques Des Eaux Usées Urbaines* ", "Tome 1 et 2".O.P.U. Alger. 1984



- [28] Document technique FNDAE n°22. (Internet)
- [29] Dégremont, Memento Technique De L'eau, Huitième édition, 1978
- [30] " *Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités* ", Office des publications officielles des Communautés européennes Luxembourg
- [31] COMEAU Yves, " *Biodégradation du résidu endogène des boues activés* ",2010
- [32] Procédé simplifié pour ETP2 raffinerie de Skikda, Sonatrach
- [33] ODEGAARD H., RUSTEN B., WESTRUM T., " *a new moving be reactor – application end results* ", 1994
- [34] TAKÀCS I., PATRY G.G., NOLASCO N., " *A dynamic model of the clarification-thickening process* ", Water Research, Vol. 25, Issue 10, 1991, pp. 1263-1271
- [35] DHAOUADI Hatem, " *Traitement des Eaux Usées Urbaines Les procédés biologiques d'épuration* ", Université Virtuelle de Tunis 2008
- [36] MOLETTA R., " *Le traitement des boues des stations d'épuration* ", Document d'information générale -Diffusion référencée libre (Rédaction 2003)
- [37] BERTHOLON J., " *La gestion durable des boues de station d'épuration* ", Mémoire Académique en des sciences de la terre et de l'environnement, Université de CERGY-PONTOISE, 2003

## Annexe 01 :

### Résumé des conditions des eaux traitées

Parameter	Unit	Value
Temperature	°C	30
pH	-	6.5 – 8.5
Total Hydrocarbons	mg/L	10
Oils & Grease	mg/L	20
TSS	mg/L	35
BOD <sub>5</sub>	mg/L	35
COD	mg/L	120
Phenol Index	mg/L	0.3
TKN	mg/L	30
Total Phosphate	mg/L	10
Aluminum	mg/L	3
Bio Accumulatable Toxic Substances	mg/L	0.005
Cyanides	mg/L	0.1
Fluorine and Compounds	mg/L	15
Cadmium	mg/L	0.2
Total Copper	mg/L	0.5
Total Mercury	mg/L	0.01
Total Lead	mg/L	0.5
Total Chromium	mg/L	0.5
Total Tin	mg/L	2
Manganese	mg/L	1
Total Nickel	mg/L	0.5
Total Zinc	mg/L	3
Iron	mg/L	3
Chlorinated Organic Compounds	mg/L	5

## **Annexe 02 :**

### **1. Conservation des échantillons :**

Les échantillons ont été récoltés dans des bouteilles en plastique de contenance d'un (01) litre. Les analyses ont été effectuées soit immédiatement après les prélèvements, ou conservés à une température de 4°C puis réalisées sans dépasser les 30 heures après prélèvement. Toutes les mesures ont été effectuées au niveau de laboratoires de la raffinerie [37].

### **2. Les méthodes d'analyses :**

#### **2.1 Détermination du potentiel d'hydrogène (pH) :**

##### **a. Principe :**

Si l'on plonge une électrode indicatrice en verre dans le milieu à analyser, il s'établit entre celui-ci et l'électrode une différence de potentiel, qui est en fonction du pH. Il s'agit donc de mesurer cette différence de potentiel.

##### **b. Mode opératoire :**

Etablir les connexions électriques nécessaires de pH-mètre, on lave l'électrode avec l'eau distillée, et on verse l'échantillon d'eau dans le bêcher puis y plonger les électrodes et lire la valeur du pH indiquée sur l'écran de l'appareil [6].

#### **2.2 Détermination de la conductivité électrique (CE) :**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

#### **2.3 Détermination de l'alcalinité TAC :**

1. A la solution précédente, ajouter 2 à 3 gouttes d'indicateur mixte (couleur bleu)
2. Continuer à titrer avec l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) à 0,02 N jusqu'au virage du bleu à la couleur rose pâle et noter le volume ( $V_b$ ) en ml

**a-Expression du résultat :**

$$\text{TAC en ppm de CaCO}_3 = V_b \times 10$$

Avec :  $V_b$  : volume de l'acide sulfurique

**b-Remarques importantes :**

TA : Correspond à la somme des hydroxydes  $[\text{OH}^-]$  plus la moitié des carbonates  $1/2 [\text{CO}_3^{2-}]$

TAC : Correspond à la somme des hydroxydes  $[\text{OH}^-]$  ; des carbonates et bicarbonates  $[\text{HCO}_3^-]$

**2.4 Détermination de la dureté totale (TH) :**

**a-Document de référence: ASTM D 1126**

**b-Principe de la méthode :**

C'est un titrage direct avec le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique (EDTA) qui forme avec les cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  des complexes ou chélates stables dans lesquels les cations sont dissimulés à leurs réactifs habituels. En présence de l'indicateur ériochrome, noir T, ces complexes se colorent en rouge cerise, et vire au bleu quand la quantité d'EDTA a suffisamment complexé tous les  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  présents dans la solution.

**c-Instruction :**

1. Prendre 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 300 ml
2. Ajouter 2 ml de solution tampon
3. Ajouter une pincée d'indicateur noir ériochrome T. En présence de dureté la solution se colore en rouge cerise
4. Titrer avec l'EDTA à 0,01 M jusqu'au virage bleu de l'indicateur

**d-Expression du résultat :**

$$\text{TH en ppm de CaCO}_3 = V(\text{EDTA}) * 10$$

**e-Remarques importantes :**

La solution doit être tamponnée à  $\text{pH} = 10$

## 2.5 Détermination du calcium $\text{Ca}^{+2}$ :

### **a. Document de référence : ASTM D 511**

Objet de l'essai : Les eaux industrielles

### **b. Instruction:**

1. Prendre 100 ml d'échantillon ou une partie aliquote mineure diluée à 100 ml dans un erlenmeyer de 300ml
2. Ajouter 2 ml de solution de NaOH à 1N
3. Agiter et ajouter une pincée d'indicateur murexide (de couleur rose foncée)
4. Titrer avec l'EDTA à 0,01 M, en agitant continuellement jusqu'au virage mauve claire, et note V(EDTA) le volume titre d'EDTA

### **c. Expression du résultat:**

$$[\text{Ca}^{+2}] \text{ en ppm de CaCO}_3 = V(\text{EDTA}) * 10$$

## 2.6 Détermination du magnésium $\text{Mg}^{+2}$ :

Par comparaison entre la dureté totale et la dureté calcique, on obtient la dureté du magnésium  $\text{Mg}^{2+}$  exprimée en ppm de  $\text{CaCO}_3$ .

Dureté du ( $\text{Mg}^{2+}$ ) en ppm de  $\text{CaCO}_3$  = dureté totale (TH) - dureté du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

## 2.7 Détermination des chlorures (Cl) hautes teneurs :

### **a-Document de référence: Norme ASTM- D 512**

### **b-Instruction:**

1. Introduire une prise d'essai de 100 ml dans un erlenmeyer
2. Ajouter 2 gouttes de Chromate de Potassium
3. Titrer avec la solution de nitrate d'Argent ( $\text{AgNO}_3$ ) à 0,02 N jusqu'au virage du jaune au rouge brique

### **c-Expression du résultat :**

$$[\text{Cl}^-] \text{ en ppm} = (V - \text{blanc}) * 7,1 \quad \text{Avec Blanc} = 0,4$$

## 2.8 Détermination des chlorures (Cl<sup>-</sup>) faibles teneurs :

**a-Document de référence** : Norme ASTM D 512-67

**b-Instruction** :

1. Introduire une prise d'essai de 100 ml dans un erlenmeyer
2. Ajouter 2 gouttes de bleu de Bromophénol
3. Ajouter goutte à goutte HNO<sub>3</sub> à 0,05 N jusqu'au virage du bleu au jaune clair
4. Ajouter 1 ml de Diphénylcarbazonne
5. Titrer avec le nitrate de mercure Hg (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> à 0,014 N jusqu'au virage au violet, noter le volume V titré.

**c-Expression du résultat** :

$$[\text{Cl}^-] \text{ en ppm} = (\text{V} - \text{blanc}) * 5 \quad \text{Avec Blanc} = 0,1$$

## 2.9 Détermination des ions phosphates (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) :

Le phosphate c'est un élément essentiel à la vie aquatique, peuvent être d'origine organique ou minérale les fortes concentrations à l'origine domestique, agricole et activité industrielle. Elles sont considérées comme responsable du phénomène d'eutrophisation.

**a. Principe de mesure** :

L'acide phosphorique forme avec le molybdate d'ammonium le complexe phospho-molybdique jaune, réduit avec l'acide 1 amino 2 -naphtol 4 sulfonique en solution acide donnent une couleur bleue par formation du bleu de molybdène.

**b. mode opératoire** :

A 100 ml échantillon, on ajoute 1 ml d'acide chlorhydrique 15%, 0,5 ml d'acide oxalique et 2 ml de molybdate d'ammonium puis 2 ml d'ANS (acide amino naphthol sulfonique). On agite et on laisse reposer pendant 5 min en suite on lit l'absorbance au spectrophotomètre à 650 nm [8].

### **c. Calcul :**

$$[\text{PO}_4^{3-}] \text{ (ppm)} = \text{A} \times \text{F}$$

**A** : Absorbance de la couleur.

**F** : Facteur (= 6,81).

### **2.10 Détermination des hydrocarbures (HC) :**

Les hydrocarbures sont des composés chimiques formés uniquement de carbone et d'hydrogène d'où leurs noms et dont l'importance politique et économique n'ont cessé de croître avec le développement relativement récent des produits pétroliers.

#### **a. Principe de mesure :**

Les hydrocarbures totaux sont extraits par le tétrachlorure de carbone en milieu acide, puis dosés, après purification, par spectrométrie infra-rouge à une longueur d'onde donnant un maximum d'absorption dans la région de 3290 à 3510 nm.

#### **b. Mode opératoire :**

1. A l'aide de la seringue de 10 ml prélever 10 ml de solvant S-316 (Tetra-chloro,hexa-fluoro,butane) et l'introduire dans l'injecteur.
2. Ajouter 01 ou 02 gouttes d'acide chlorhydrique 1/1.
3. A l'aide de la seringue de 20 ml prélever 20 ml d'échantillon et l'introduire dans l'injecteur.
4. Fermer la capsule de l'injecteur.
5. Presser sur extract et attendre 40 secondes.
6. Tourner le bouton extract cock vers open. Laisser se stabilise et presser sur meas ; la mesure clignote jusqu'à stabilisation, hold s'allume, lire la valeur en mg/l.
7. Tourner le bouton drain cock sur la position open et récupérer le contenu de l'injecteur dans un bêcher propre pour le régénérer [8].

## 2.11 La détermination de la demande chimique en oxygène DCO :

### a. Document de référence : Norme UOP 514

### b. Instruction :

1. Introduire 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml
2. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique .
3. Ajouter 15 ml de Permanganate de Potassium  $\text{KMnO}_4$  (0,01 N)
4. Faire bouillir pendant 10 mn au bain de sable (si l'analyse devient marron ou incolore durant le chauffage, refaire l'analyse en procédant de la même façon mais en faisant une dilution à 50% par exemple)
5. Après chauffage, ajouter 15 ml d'acide oxalique 0,01 N
6. Titrer la solution chaude avec du Permanganate de Potassium jusqu'à virage de la solution à une couleur rose persistante
7. Préparer un essai à blanc en parallèle en suivant les mêmes étapes que pour l'essai.

### c. Expression des résultats :

$$\text{O}_2 \text{ ppm} = ( 8000 (\text{AB}-\text{CD}) / \text{E} ) = (\text{Vt} \times 0.8)$$

- A. volume total versé de  $\text{KMnO}_4$  en ml
- B. normalité de  $\text{KMnO}_4$  (0,01 N)
- C. volume d'acide oxalique en ml
- D. normalité de l'acide oxalique (0,01 N)
- E. volume de l'échantillon en ml

### d. Remarques importantes :

1. Le résultat doit être exprimé en g/t (gramme par tonne)
2. Si une dilution a été réalisée, il faudra multiplier le résultat par le facteur de la dilution.



## **2.12 Détermination de la Température (T) :**

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de températures de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau [8].

## Annexe 03 :



**Appareille de titrage de chlorure**



**Appareille de titrage de TA et TAC**



**Appareille de titrage de TH**