

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & Hydraulique

Spécialité : hydraulique et technique des eaux

Présenté par : Medjeldi F Zahra

Hamici Selma

---

---

# **SIMULATION DES PERFORMANCES EPURATOIRES D'UNE STATION D'EPURATION PAR LE MODELE ASM1**

---

---

Sous la direction de : Mme Bouragbi Née Lekouaghet Nassima

---

Juin 2017

---

# Remerciement

Avant tout, nous remercions ALLAH le tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Nous tenant à remercier :

Mme **Bouragbi Nassima** d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail ;

Et Mr. **Hammar Yahia** Professeur d'hydraulique à l'université d'Annaba pour sa disponibilité, ces conseils et ces orientations d'utilisation du logiciel GPS-X.

Nous tenant également à remercier le président ainsi que les membres de jury qui nous ont honorés pour examiner notre travail.

Nous souhaitons également exprimer Nos remerciement a tous les enseignants et le personnel administratif du département de génie civil de l'université de 8 mai 1945 Guelma.

Nous remercions infiniment :

Le directeur de la station d'épuration de Guelma **Mr Boudjahem Fayçal** et **Mme Karaali rym** pour leur accueil, disponibilité et leur contribution par les données et les documents nécessaires ainsi que la réalisation des analyses physico-chimiques des eaux au niveau du laboratoire de Bactériologie ;

Sans oublier de remercier le personnel de la direction d'hydraulique de Guelma et précisément **Mme Assia**.

Nous désirons remercier aussi toutes les personnes qui nous ont apporté de près ou de loin leur aide, leurs encouragements et leurs conseils et qui ont contribuées ainsi à rendre possible la présentation de ce travail.

Finalement nous tenons à remercier tous les étudiants et nos collègues de la promotion 2017 de master hydraulique, ainsi que tous les autres camarades du département de Génie Civil.

# DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

Mes plus chers être au monde :

Ma mère et mon père pour leurs amour, leurs tendresses, et pour leurs soutiens,  
les encouragements permanents, morale et matériel durant toutes les  
étapes de ma vie.

Mon mari qui m'a encouragé, et m'a aidé et qui a toujours été la lorsque j'avais  
besoin d'il

Et bien sur ma belle-fille : Roudaina

A mes chers frères : Chawki, Amar et abd elhak

A mes sœurs : Noura, Sihem

Mes belle- sœur : Wafa et Saida

Les neveux : sadjed, Iyed, Moundre

Et les nièces : Aridje, Kawtar

Et n'oublier pas la belle-mère, et le beau-père

Et à tous les membres de ma famille

A mes chers amis

Salwa, Imen, Manel, Asma, Mona, sousou, Manar, Sirine et Amani

Et enfin ma binome Selma

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

**Medjeldi F/Zahra**

# DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

Mes plus chers être au monde :

Ma mère et mon père pour leurs amour, leurs tendresses, et pour leurs soutiens,  
les encouragements permanents, morale et matériel durant toutes les  
étapes de ma vie.

A mes chers frères : Hichem, Rida

Ma belle- sœur : khadidja

Et bien sûr nous n'oublions pas mon petit gaté : Ayhem Tadj Eddine

A mes sœurs : Lina, Shayma, Asma.

Et à tous les membres de ma famille, petits et grands.

A mes chers amis : Rahma, Merieme et Amine

Et enfin ma binome : marwa

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

**Résumé :**

Les eaux usées épurées de la station de Guelma sont normalement rejetées avec des concentrations répondant aux normes de rejet dans le milieu récepteur Oued Seybouse.

Dans la suite de notre mémoire une simulation numérique du régime du fonctionnement de la STEP par le logiciel GPS-X 6.3 est réalisée par variation des paramètres physiques et opérationnels de la station afin de déterminer le régime optimal de fonctionnement quel que soit les variations des débits et des charges polluantes arrivant à la STEP.

Les résultats présentent des rendements épuratoires satisfaisants de 75% des Matières en suspension (MES), Le taux d'abattement de la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO<sub>5</sub>) sont respectivement de 84% et de 96,37%.

Notre étude montre que la STEP de Guelma a un bon fonctionnement.

**Mots clés :** Eau usée, Simulation, GPS-X, ASM1, STEP de Guelma, Performance épuratoire, norme de rejet.

## ملخص

يتم تفريغ مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة قادمة عادة مع تركيزات تتوافق مع معايير التصريف في البيئة المستقبلية المتمثلة في واد سييوس.

تتناول مذكرتي فيما يلحق نتائج متابعة تقنية المياه المستعملة المعالجة ومحاكاة رقمية لنظام تشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي باستعمال برنامج X6.3-GPS لنظام التشغيل الحالي للمحطة باستخدام نموذج ASM1.

قد أوضحت النتائج مردودية مرضية تقدر ب 77% بالنسبة للمواد العالقة اما فيما يخص معيار الطلب الكيميائي والبيولوجي الاكسيجين فقد قدر مردودهما ب 84% و 96.37% على التوالي.

نتائج هذا البحث أظهرت أن محطة التطهير للصرف الصحي ب قادمة تعمل جيدا.

**كلمات البحث:** مياه الصرف الصحي معايير التصريف مردود التنقية محاكاة X-GPS ASM1

**Abstract:**

The treated wastewater from Guelma station are normally discarded with a concentrations responding to the discharge standards, in the receiving environment Oued Seybouse.

In the remainder of my project, a numerical simulation by GPS-X 6.3 of the operation system of WWTP has realized. By variation of the physical and operational parameters of the station to determine the optimum operating regime regardless of variations in flow and pollution loads arriving at the WWTP.

The results present satisfactory outputs purifying 75% of the suspended matter. The outputs of the chemical oxygen demand (COD) and five-day biological oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) are respectively 84% and 96,37%.

Our study shows that the station of purification (STEP) Guelma have a well performance.

**Keywords:** Wastewater, discharge standard, Simulation, GPS-X, ASM1.WWTP of Guelma, treatment performance.

## Liste des abréviations

<b>ERU</b>	: Les eaux résiduaires urbaine.
<b>STEP</b>	: Station d'Épuration.
<b>GPS-X</b>	: Global Purpose System.
<b>ASM1</b>	: Activated Sludge Model 1.
<b>ASM2</b>	: Activated Sludge Model 2.
<b>ASM2d</b>	: Activated Sludge Model 2d.
<b>ASM3</b>	: Activated Sludge Model 3d.
<b>T</b>	: La température.
<b>CE</b>	: La conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).
<b>MST</b>	: Matière solides totales (mg/l).
<b>MES</b>	: Matière en suspension (mg/l).
<b>MD</b>	: Matière Décantables.
<b>MO</b>	: Matière organique.
<b>MSF</b>	: Matières solides fixes (mg/l).
<b>MVS</b>	: Métièrs solides volatiles (mg/l).
<b>MTD</b>	: Matière Dissoutes totales (mg/l).
<b>MFD</b>	: Matières fixes Dissoutes (mg/l).
<b>MVD</b>	: Matières volatiles Dissoutes (mg/l).
<b>MFD</b>	: Matières fixes Dissoutes (mg/l).
<b>MVS</b>	: Les matières volatiles en suspension (mg/l).
<b>MMS</b>	: Les matières minérales séchés (mg/l).
<b>PH</b>	: Le potentiel d'hydrogène.
<b>DBO5</b>	: La demande biologique en oxygène pendant 5 jours (mg/l).
<b>DCO</b>	: La demande chimique d'oxygène (mg/l).
<b>COT</b>	: Le carbone organique total.
<b>N</b>	: Azote organique.
<b>N<sub>2</sub></b>	: Azote moléculaire.
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	: Azote ammoniacal (mg/l).
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	: Nitrites (mg/l).



---

<b>NO<sub>3</sub></b>	: Nitrates (mg/l).
<b>NH<sub>3</sub></b>	: Ammoniac (mg/l).
<b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	: Ortho phosphates (mg/l).
<b>OD</b>	: L'oxygène dissous (mg/l).
<b>Ts</b>	: Temps de séjour (h).
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Gaz de carbone
<b>Cv</b>	: La charge volumique exprimé en kg O <sub>2</sub> .m <sup>-3</sup> . J <sup>-1</sup> .
<b>UV</b>	: Le rayonnement ultraviolet.
<b>Cl<sub>2</sub></b>	: Le chlore gazeux.
<b>NaOCl</b>	: L'hypochlorite de sodium.
<b>NaClO<sub>2</sub></b>	: Le chlorite de sodium.
<b>Im</b>	: Indice de Mohlman (mg/l).
<b>V</b>	: Volume de boue obtenu après 30 minutes de décantation (ml/l).
<b>VBA</b>	: Volume de bassin d'aération (m <sup>3</sup> ).
<b>Ce</b>	: C'est la concentration exprimée en mole par litre de la solution de sel de Mohr déterminée par étalonnage.
<b>E</b>	: Volume prise d'essai en ml.
<b>VI</b>	: Volume initial
<b>VF</b>	: Volume final
<b>TSS</b>	: Total Suspended Solides.
<b>VSS</b>	: Volatiles Suspended Solides.
<b>AC SL</b>	: Advance Control Simulation.
<b>Xi</b>	: Concentration de la matière en suspension organique inerte.
<b>Si</b>	: Concentration en DCO soluble inerte
<b>Ss</b>	: Concentration de DCO rapidement biodégradable.
<b>Xs</b>	: Concentration de la matière organique lentement biodégradable.
<b>Xba</b>	: Concentration de biomasse autotrophe.
<b>Xbh</b>	: Concentration de biomasse hétérotrophe.
<b>XP</b>	: Concentration de la matière issue de la décomposition de la biomasse.
<b>Snh</b>	: Concentration d'azote ammoniacal soluble.
<b>Sno</b>	: Concentration d'azote nitrate soluble.
<b>Sni</b>	: Concentration d'azote inerte organique soluble.

- 
- Snd** : Concentration d'azote organique biodégradable soluble.
- Xnd** : Concentration de l'azote organique lentement biodégradable.
- Xni** : Concentration de l'azote organique particulaire inerte.

## Liste des figures

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure (1-1)</b>	Configuration de la STEP de Guelma.	<b>(08)</b>
<b>Figure (1-2)</b>	Les différentes étapes d'épuration des eaux usées (Station de Guelma).	<b>(09)</b>
<b>Figure (2-1)</b>	Composition moyenne d'une eau usée domestique.	<b>(34)</b>
<b>Figure (3-1)</b>	Schéma d'un dégrilleur.	<b>(52)</b>
<b>Figure (3-2)</b>	Déssableur-dégraisseur.	<b>(53)</b>
<b>Figure (3-3)</b>	Schéma d'un décanteur avec pont racleur à entraînement périphérique.	<b>(54)</b>
<b>Figure (3-4)</b>	Coupe schématique d'une station à lagunage.	<b>(58)</b>
<b>Figure (3-5)</b>	L'épuration par le lit bactérien.	<b>(60)</b>
<b>Figure (3-6)</b>	Schéma d'une filière type de disques biologiques.	<b>(60)</b>
<b>Figure (3-7)</b>	Boues activées à faible charge.	<b>(62)</b>
<b>Figure (4-1)</b>	Interface du GPS-X en mode Modélisation.	<b>(71)</b>
<b>Figure (4-2)</b>	Interface du GPS-X en mode Simulation.	<b>(72)</b>
<b>Figure (4-3)</b>	Un schéma d'une STEP dans GPS-X.	<b>(74)</b>
<b>Figure (4-4)</b>	Fractionnement de la DCO.	<b>(76)</b>
<b>Figure (4-5)</b>	Fractionnement de l'azote.	<b>(77)</b>

## Liste de photographes

N°	Titre	Page
<b>Photo (1-1)</b>	Photo aérienne de la STEP Guelma (Google Earth, 2015).	<b>(03)</b>
<b>photo (1-2)</b>	Derailleur (STEP Guelma, 2015).	<b>(10)</b>
<b>Photo (1-3)</b>	Bassins de dessablage, déshuilage et dégraissage (STEP Guelma, 2015).	<b>(11)</b>
<b>Photo (1-4)</b>	Décanteur primaire (STEP Guelma, 2015).	<b>(12)</b>
<b>Photo (1-5)</b>	Bassin de traitement biologique (STEP Guelma, 2015).	<b>(13)</b>
<b>Photo (1-6)</b>	Bassin de clarification (STEP Guelma, 2015).	<b>(13)</b>
<b>Photo (1-7)</b>	Bassin de désinfection (STEP Guelma, 2015).	<b>(16)</b>
<b>Photo (1-8)</b>	Lits de séchages (STEP Guelma, 2015).	<b>(17)</b>
<b>Photo (1-9)</b>	Ph mètre, conductimètre.	<b>(18)</b>
<b>Photo (1-10)</b>	Oxymètre.	<b>(19)</b>
<b>Photo (1-11)</b>	DBO Oxymètre.	<b>(21)</b>
<b>Photo (1-12)</b>	Dessiccateur.	<b>(23)</b>
<b>Photo (1-13)</b>	Filtre à pompe.	<b>(23)</b>
<b>Photo (1-14)</b>	installation pour mesurer la DCO.	<b>(25)</b>
<b>Photo (3-1)</b>	Décanteur secondaire « clarificateur ».	<b>(60)</b>

## Liste des courbes

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Courbe (1-1)</b>	Evolution des precipitations moyennes annuelles (Station de Guelma 1994-2008).	<b>(06)</b>
<b>Courbe (1-2)</b>	Evolution des temperatures maximales annuelles.	<b>(06)</b>
<b>Courbe (5-1)</b>	courbe affichée par le logiciel pour le mois de janvier 2017	<b>(87)</b>
<b>Courbe (5-2)</b>	courbe affichée par le logiciel pour le mois de Février 2017	<b>(87)</b>
<b>Courbe (5-3)</b>	courbe affichée par le logiciel pour le mois de Mars 2017	<b>(88)</b>
<b>Courbe (5-4)</b>	courbe affichée par le logiciel pour le mois d'Avril 2017	<b>(88)</b>
<b>Courbe (5-5)</b>	Comparisons des résultats de (MES).	<b>(89)</b>
<b>Courbe (5-6)</b>	Comparisons des résultats de (DCO).	<b>(90)</b>
<b>Courbe (5-7)</b>	Comparaison des résultats de la (DBO <sub>5</sub> )	<b>(91)</b>
<b>Courbe (5-8)</b>	Variation journalière de la concentration des Matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 12/01/2014 au 17/07/2014).	<b>(92)</b>
<b>Courbe (5-9)</b>	Variation journalière de la concentration des Matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 13/01/2015 au 17/07/2015).	<b>(93)</b>
<b>Courbe (5-10)</b>	Variation journalière de la concentration des Matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 03/01/2016 au 26/07/2016)	<b>(93)</b>
<b>Courbe (5-11)</b>	Variation journalière de la concentration de la (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 12/01/2014 au 17/07/2014).	<b>(95)</b>
<b>Courbe (5-12)</b>	Variation journalière de la concentration de la (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 13/01/2015 au 28/07/2015).	<b>(95)</b>
<b>Courbe (5-13)</b>	Variation journalière de la concentration de la (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 03/01/2016 au 26/07/2016).	<b>(96)</b>
<b>Courbe (5-14)</b>	Variation journalière de la demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 12/01/2014 au 17/07/2014).	<b>(97)</b>

---

<b>Courbe (5-15)</b>	Variation journalière de la demande biologique en oxygène (DBO5) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 13/01/2015 au 29/07/2015).	<b>(98)</b>
<b>Courbe (5-16)</b>	Variation journalière de la demande biologique en oxygène (DBO5) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 03/01/2016 au 26/07/2016).	<b>(98)</b>
<b>Courbe (5-17)</b>	variation journalière de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 12/01/2014 au 17/07/2014)	<b>(100)</b>
<b>Courbe (5-18)</b>	variation journalière de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 13/01/2015 au 28/07/2015)	<b>(100)</b>
<b>Courbe (5-19)</b>	variation journalière de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 03/01/2016 au 26/07/2016)	<b>(101)</b>
<b>Courbe (5-20)</b>	variation journalière de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 12/01/2014 au 17/07/2014).	<b>(102)</b>
<b>Courbe (5-21)</b>	variation journalière de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 13/01/2015 au 28/07/2015)	<b>(103)</b>
<b>Courbe (5-22)</b>	variation journalière de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 03/01/2016 au 26/07/2016).	<b>(103)</b>

## Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau (1-1)</b>	Données climatiques de la station météo de Guelma (de 1994 à 2008).	<b>(04)</b>
<b>Tableau (1-2)</b>	Charges polluantes (STEP Guelma, 2015).	<b>(06)</b>
<b>Tableau (1-3)</b>	Charges hydrauliques (STEP de Guelma, 2015).	<b>(06)</b>
<b>Tableau (1-4)</b>	Station SR1 (STEP Guelma, 2015).	<b>(07)</b>
<b>Tableau (1-5)</b>	Station SR2 (STEP Guelma, 2015).	<b>(07)</b>
<b>Tableau (1-6)</b>	Quantité de chlore a Dosé.	<b>(15)</b>
<b>Tableau (2-1)</b>	Proportion des volumes rejetés pour chacune des activités domestique polluantes.	<b>(32)</b>
<b>Tableau (2-2)</b>	Classification des eaux d'après leur conductivité.	<b>(35)</b>
<b>Tableau (2-3)</b>	Caractérisation des matières solides.	<b>(36)</b>
<b>Tableau (2-4)</b>	Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température.	<b>(40)</b>
<b>Tableau (2-5-1)</b>	Normes de rejets internationales.	<b>(43)</b>
<b>Tableau (2-5-2)</b>	Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur.	<b>(44)</b>
<b>Tableau (5-1)</b>	Les caractéristiques de l'effluent d'entrée (ONA 2017).	<b>(76)</b>
<b>Tableau (5-2)</b>	Ratios des charges polluantes des eaux usées à l'entrée de la station de Guelma.	<b>(77)</b>
<b>Tableau (5-3)</b>	Débits de recirculation de chaque mois.	<b>(79)</b>
<b>Tableau (5-4)</b>	Débits d'extraction de chaque mois.	<b>(80)</b>
<b>Tableau (5-5)</b>	Comparaison entre les valeurs moyennes observées avec ceux simulées (Bilan 2017).	<b>(80)</b>

# Sommaire :

**Résumé**

**Abstract**

**ملخص**

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des photographes**

**Liste des courbes**

**Liste des tableaux**

**Introduction générale (01)**

## **Chapitre 01 : présentation de la zone d'étude**

**Introduction**

**1-1. Situation géographique de la STEP de Guelma (03)**

1-1-1. Localisation (03)

1-1-2. Emplacement et accès (03)

**1-2. Climatologie de la zone d'étude (04)**

1-2-1. La pluviométrie (04)

1-2-2. La température (05)

**1-3. Nature du réseau d'assainissement et points de rejet (06)**

**1-4. Charge Hydraulique et polluantes (06)**

**1-5. Les différents procédés d'épuration utilisée au niveau de la station (07)**

**de Guelma :**

1-5-1. Objectives de la STEP (07)

1-5-2. Prétraitements et élimination des sous-produits (10)

1-5-3. Traitement primaire (11)

1-5-4. Traitement secondaire (12)

1-5-5. Le Traitement tertiaire (14)

1-5-6. Traitement des boues (16)



<b>1-6. Matériel et méthode d'analyse:</b>	<b>(17)</b>
1-6-1. Les paramètres physiques	(17)
1-6-2. Les paramètres chimiques	(20)

## **Conclusion**

# **Chapitre 02 : Généralité sur les eaux usées**

## **Introduction**

<b>2-1. Composition des eaux usées</b>	<b>(31)</b>
<b>2-2. Les principales origines de pollution :</b>	<b>(31)</b>
2-2-1. Les eaux usées domestiques.	(31)
2-2-2. Les eaux usées industrielles	(32)
2-2-3. Les eaux usées pluviales	(33)
2-2-4. Les eaux usées agricole	(33)
<b>2-3. Type de pollution des eaux usées :</b>	<b>(33)</b>
2-3-1. Pollution minérale	(33)
2-3-2. La pollution microbiologique	(33)
2-3-3. Pollution chimique	(34)
2-3-4. La pollution physique	(34)
2-3-5. Pollution par le phosphore	(34)
2-3-6. Pollution par l'azote	(34)
<b>2-4. Critères analytiques des eaux usées :</b>	<b>(35)</b>
2-4-1. Les critères physiques	(35)
2-4-2. Les critères chimiques	(37)
2-4-3. Les critères bactériologiques	(41)
<b>2-5. Les normes de rejets :</b>	<b>(42)</b>
2-5-1. Les Norme international	(42)
2-5-2. Les Normes Algériennes	(43)

## **Conclusion**

## **Chapitre 03 : Composantes d'une chaine du traitement**

### **Introduction**

<b>3-1. La nécessité de l'épuration</b>	<b>(46)</b>
<b>3-2. La chaine d'épuration</b>	<b>(47)</b>
<b>3-2-A. Les prétraitements</b>	<b>(47)</b>
3-2-A-1. Le dégrillage	(48)
3-2-A-2. La Dilacération	(48)
3-2-A-3. Le Dessablage – dégraissage, Déshuilage	(49)
<b>3-2-B. Traitement primaire (physico- chimique)</b>	<b>(50)</b>
3-2-B-1. Procédés de décantation physique	(51)
3-2-B-2. Procédés de décantation chimique	(51)
<b>3-2-C. Traitement secondaire (traitement biologique)</b>	<b>(53)</b>
3-2-C-1. Procédés biologiques naturels	(54)
3-2-C-2. Procédés biologiques artificiel « cultures fixées »	(55)
3-2-C-3. Les procédés biologiques à culture libre	(57)
<b>3-2-D. Traitement de clarification (Décantation secondaire)</b>	<b>(60)</b>
<b>3-2-E. Traitement tertiaire (la désinfection) :</b>	<b>(61)</b>
3-2-E-1. La chloration	(61)
3-2-E-2. L'ozonation	(61)
3-2-E-3. Le rayonnement ultraviolet	(62)
3-2-E-4. La chaleur	(62)
3-2-E-5. La filtration sur membrane	(62)
<b>3-2-F. Traitements complémentaires :</b>	<b>(62)</b>
3-2-F-1. Traitement et élimination des boues	(62)
3-2-F-2. Traitement des odeurs	(64)
3-2-F-3.	

### **Conclusion**

## **Chapitre 04 : Présentation du logiciel**

<b>4-1. Présentation du logiciel utilise :</b>	<b>(65)</b>
4-1-1. Description	(65)
4-1-2. Objectifs d'une simulation	(66)
4-1-3. Utilité du GPS-X	(67)
4-1-4. Choix du modèle	(68)
<b>4-2. Présentation du modèle ASM1</b>	<b>(69)</b>
<b>4-3. Unité utilisée</b>	<b>(70)</b>
<b>4-4. Variables</b>	<b>(70)</b>
<b>4-5. Processus du modèle</b>	<b>(72)</b>
<b>4-6. Les paramètres stœchiométriques et cinétiques</b>	<b>(73)</b>
<b>4-7. Matrices de calcul et outil de simulation dynamique</b>	<b>(74)</b>
<b>Conclusion</b>	

## **Chapitre 05 : simulation et étude des performance opératoire de la STEP de Guelma**

### **Introduction**

<b>5-1. Caractéristiques de l'effluent d'entrée :</b>	<b>(76)</b>
<b>5-2. La Simulation du fonctionnement de la STEP</b>	<b>(77)</b>
5-2-1. Configuration de la STEP	(78)
5-2-2. Choix et calage du modèle	(78)
5-2-3. Comparaison des Résultats et interpretations des analyses	(83)
<b>5-3. Performance de la station d'épuration en fonction des critères analytique des eaux usées durant 3 ans (2014, 2015, 2016)</b>	<b>(86)</b>
5-3-1. Matières en suspension (MES)	(86)
5-3-2. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)	(89)

<b>5-3-3.</b>	La Demande Biologique en Oxygène (DBO5)	<b>(91)</b>
<b>5-3-4.</b>	Le Potentiel d'hydrogène (pH)	<b>(94)</b>
<b>5-3-5.</b>	La Température (T°C)	<b>(96)</b>

## **Conclusion**

### **Conclusion Générale**

### **Référence Bibliographiques**

**problématique**

## Expose de la problématique et objectifs du présent mémoire

La protection de l'environnement est actuellement l'un des objectifs prioritaires de notre Pays, Les cours d'eau sont affectés par des pollutions ponctuelles et chroniques. Ces atteintes résultent pour l'essentiel de l'activité des industries, des exploitations agricoles, des eaux usées urbaines. Les conséquences de ces rejets liquides sur les écosystèmes sont parfois très graves.

Par conséquent, aujourd'hui de nombreux pays se sont dotés de normes plus ou moins sévères qui fixent les seuils de rejets de pollution à ne pas dépasser.

L'Algérie s'est dotée de la loi sur l'eau portant sur la protection et la préservation des ressources en eau décret exécutif n 05-12 du 04 septembre 2005. Dans ce contexte, pour faire face aux rejets liquides (eaux usées) la wilaya de Guelma s'est dotée d'une station d'épuration. Cette dernière a été réalisée en 2008 et occupe un terrain agricole de 8 ha. Elle se situe à 1 km environ au Nord de la ville sur le flanc droit de la vallée développée par l'Oued Seybouse et sur la route nationale N° 21 menant à Annaba à la sortie de l'agglomération (ONA, 2011). Les responsables de la station se fixent comme objectif l'épuration de 43 388 m<sup>3</sup>/j d'eaux usées de la ville de Guelma qui sont collectées par deux stations de relevage, l'une se trouvant au niveau de la cité Gehdour : point de rejet de Oued Lemeiz avec un débit de 1575 m<sup>3</sup> /h, et la seconde au niveau du point de rejet de Oued Skhoun (son débit est de 1125 m<sup>3</sup>/h) (Dadci, 2008).

L'enveloppe financière du projet est de 181 millions de dinars, après réévaluation. La charge maximale, pour laquelle a été conçue la Step, est de 200 000 équivalents habitants (EH). Ce chiffre représente la quantité journalière de pollution (eaux usées) émise par les habitants de la ville de Guelma, soit 43 388 m<sup>3</sup>/jour. La Step de Guelma permet un suivi continu de l'évolution des paramètres liés à la qualité du traitement des eaux usées. Sur ce point, le chef d'exploitation de la Step pour le compte de l'ONA, nous a dit « Conformément au cahier des charges, nous devons respecter trois critères sur lesquels nous nous sommes engagés : il s'agit après épuration, d'assurer au rejet un taux maximal de 90 mg/l de DCO (demande chimique en oxygène), 30mg/l pour la DBO (demande biochimique en oxygène) et enfin, de 30 mg/l de MES (matière en suspension produites par les rejets urbains et industriels) »

Les eaux usées épurées sont normalement rejetées avec des concentrations répondant aux normes de rejet dans le milieu récepteur l'Oued Seybouse.

Depuis sa mise en service en 2008, les exploitants de la STEP trouve toujours des difficultés pour adopter un régime de fonctionnement, vu les fluctuations journalières de charge polluante (DCO, DBO, MES etc....) et de charge hydraulique (volumes des eaux usées arrivant à la Step), bien que les eaux rejetées répondent aux exigences des normes du rejet.

C'est dans ce contexte qu'une simulation numérique du régime du fonctionnement de la STEP par le logiciel GPS-X 6.3 en tenant compte des paramètres physiques et opérationnelles de la station pour déterminer les paramètres optimaux de fonctionnement et gagner beaucoup de temps aux exploitants pour adapter un régime de fonctionnement quel que soit les variations des débits et des charges arrivant à la STEP.

Notre but principal dans ce mémoire est d'obtenir le fonctionnement optimal de la STEP à partir un logiciel GPS-X, et callé les données de la STEP par les résultats obtenu par GPS-X.

Mon objectif est le suivi des performances épuratoire de la STEP de Guelma Pour atteindre mon objectif :

- Un suivi des eaux usées épurées est réalisé durant mon stage pratique au sein de la STEP.
- Une simulation numérique par le logiciel GPS-X du régime actuelle fonctionnement de la STEP en utilisant le modèle ASM1.

Mon mémoire sera structuré comme suit :

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Chapitre 2 : Généralité sur les eaux usées

Chapitre 3 : Composantes d'une chaine du traitement

Chapitre 4 : Présentation du logiciel

Chapitre 5 : simulation et étude des performance épuratoire de la STEP de Guelma

# **Introduction générale**



## Introduction générale :

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les micros organismes. Pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau. L'eau n'est donc pas uniquement espace vital, vecteur énergétique ou moyen de transport, mais également un élément essentiel pour tout genre de production. Par conséquent, elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un résidu, et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques....

En Algérie, d'après un premier rapport publié par le ministère de l'hydraulique et des forêts, l'Algérie compte 49 stations d'épurations réparties à travers tout le territoire national. Le rapport précise que l'état de 63% de ces stations nécessite une réhabilitation, 18% d'entre elles sont abandonnées et 19 % ne fonctionnent pas correctement.

Cette situation est due essentiellement à :

- La mauvaise conception de certains ouvrages.
- L'inadéquation de certains équipements.
- Le manque de pièces de rechange et de réactifs chimiques.
- L'insuffisance des moyens opérationnels pour assurer une bonne exploitation des réseaux d'assainissement et de leur maintenance.
- Le manque d'expert dans le domaine d'épuration.

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physique, physico-chimique et biologique. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Certains procédés permettent même l'élimination de l'azote du phosphore. Une grande majorité de ces polluants est transférés de la phase liquide vers une phase concentrée boueuse.

Le procédé d'épuration à boue activée est le procédé le plus utilisé en Algérie pour traiter les eaux usées (EU). Bien que les performances épuratoires et la fiabilité de ce procédé soient approuvées, plusieurs types de dysfonctionnements peuvent apparaître. Le plus fréquent est le développement excessif de bactéries filamenteuses, susceptibles d'entraîner une dégradation

de la décantation des boues (consécutive à l'augmentation de l'indice de boue) ou un moussage stable.

Dans notre étude on essayer de répondre aux questions suivant :

- Quel est le procédé d'épuration des eaux usée urbaines au niveau de la STEP de Guelma ;
- Quelles sont les caractéristiques des eaux usées au niveau de la STEP ;
- Quelles sont les limites de performance d'une station d'épuration.

Et pour cela on à réaliser ce simple travail dont l'objectif est d'évaluer et simuler les performances épuratoires de la station d'épuration de Guelma en analysant les critères analytiques des eaux usées ce travail est organisé en cinq chapitre selon deux parties :

- Une Partie théorique divisée en trois chapitres :
  - Le premier c'est la présentation de la zone d'étude ;
  - Le deuxième consacré à donner des idées générales sur les eaux usées et leur origine et composition ;
  - Le troisième est la présentation d'une chaine du traitement.
    - Et une Partie pratique divisée en deux chapitres :
      - Le quatrième présente le logiciel de simulation utilisée (GPS-X) ;
      - Le dernier, constitue la simulation et l'étude de performance d'une STEP.
        - Enfin une conclusion générale

# **Chapitre I**

## **présentation de la zone d'étude**

## Introduction :

Le présent chapitre comporte la situation géographique de la STEP de Guelma, ainsi que les différents procédés d'épuration depuis l'entrée jusqu' à ce que cette eau soit rejetée dans la nature.

### 1-1. Situation géographique de la STEP de Guelma :

#### 1-1-1. Localisation:

La STEP de Guelma est située sur la route nationale 21 (RN21), pont Héliopolis près d'oued Seybouse. Elle est fonctionnelle depuis le 18 Février 2008 à raison de traiter d'environ : 32000 m<sup>3</sup>/jour au temps sec et 43000 m<sup>3</sup>/jour au temps de pluie.



**Photo (1-1) : Photo aérienne de la STEP Guelma (Google Earth, 2015).**

#### 1-1-2. Emplacement et accès:

La station est implantée sur un terrain agricole de 08 Hectares à un (01) kilomètre environ au nord de la ville de Guelma, sur le flanc droit de la vallée développée par oued SEYBOUSE, et sans habitations existantes à la proximité. Elle est alimentée par 02 conduites de refoulement, l'une de diamètre 700mm en provenance du premier poste de refoulement SR1 (OUED MAIZ) avec un débit de 1575m<sup>3</sup>/h, l'autre de diamètre 500mm en provenance du second poste de refoulement SR2 (OUED SKHOUNE) son débit est de 1125m<sup>3</sup>/h (**STEP Guelma, 2015**).

## 1-2. Climatologie de la zone d'étude :

Les caractéristiques climatiques influencent les variations de la qualité des eaux de surface et par conséquent les eaux usées. De ce fait il est impératif de connaître leurs évolutions dans le temps et dans l'espace. Aujourd'hui de nombreuses questions se posent concernant l'avenir de la planète terre vis-à-vis des changements des caractéristiques climatiques.

Dans cette partie nous avons procédé à une étude des variations des paramètres influençant directement la qualité des eaux usées de la station d'épuration de Guelma.

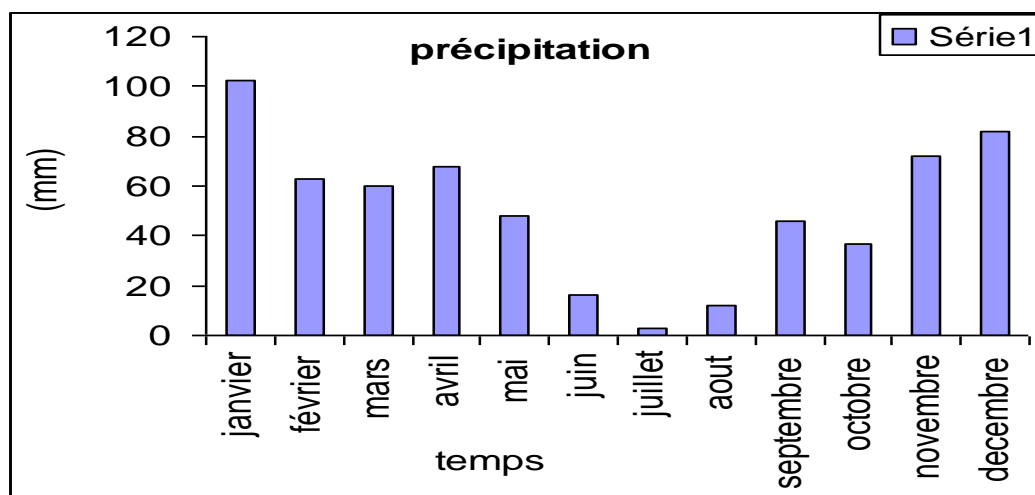
Les mois	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	
T°C	Mini	4.7	5	6	8.2	12.1	16	18	19	17.2	13.7	9.13	6.2
	Max	20.5	16.0	19.6	22.0	25.3	32.8	36.0	36.2	31.3	25.7	20.6	16.6
	Moye	12.5	10.4	12.8	15.1	18.7	24.3	26.9	28.1	24.3	19.7	14.8	11.4
Précipitation	102.2	62.7	60.1	67.7	48.1	16.4	2.96	11.8	45.7	37.0	71.6	81.9	

**Tableau (1-1) : Données climatiques de la station météo de Guelma (de 1994 à 2008)**

### 1-2-1. La pluviométrie:

Les précipitations constituent le premier facteur important dans le cycle de l'eau, leur distribution dans le temps et dans l'espace conditionne la forme des écoulements et les apports aux nappes.

La précipitation annuelle dans la région de Guelma équivaut à : 635mm. D'après les données climatiques, le mois de janvier est le mois le plus pluvieux avec une précipitation moyenne de 102,03 mm, par contre le mois de juillet est le mois le plus sec avec une précipitation moyenne de 2,96 mm (**Courbe 1-1**)



**Courbe (1-1) : Evolution des précipitations moyennes annuelles**

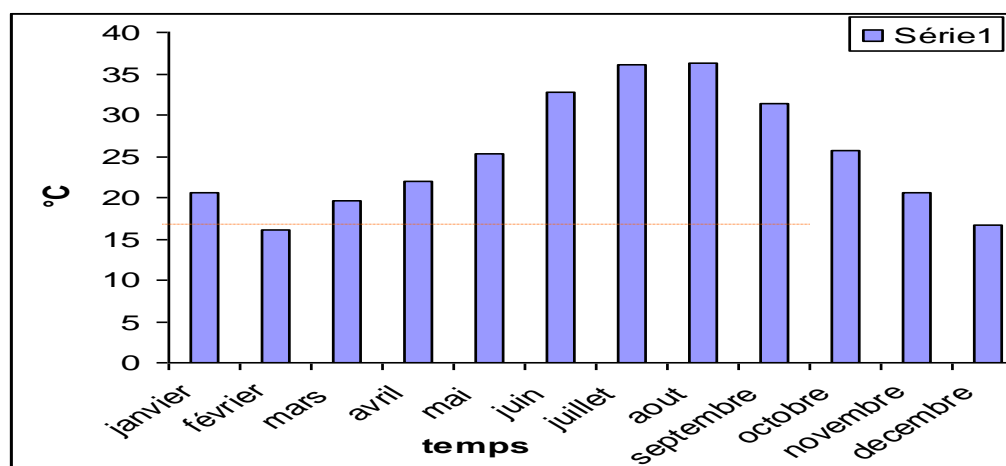
(Station de Guelma 1994-2008).

### 1-2-2. La température :

C'est un facteur écologique important du milieu. Est le deuxième élément important dans l'étude du climat, elle joue un rôle important dans la détermination des paramètres climatiques particulièrement la détermination du bilan hydrologique.

Une élévation de la température perturbe fortement le milieu et elle peut être un facteur d'accroissement de la productivité biologique (Gaujous, 1995). La mesure de la température se fait directement sur le terrain en utilisant un thermomètre à mercure.

À partir de ces données nous constatons que le mois d'août est le mois le plus chaud avec une température maximale de 36,34°C et que janvier est le mois le plus froid avec une température minimale de 15,64°C. (courbe .1-2), (station de Guelma 1994,2008).



**Courbe (1-2) : Evolution des températures maximales annuelles.**

### 1-3. Nature du réseau d'assainissement et points de rejet :

Les eaux usées domestiques de la ville de Guelma sont collectées gravitairement sur 02 bassins versant par un ensemble de réseaux d'assainissement existant. Les 02 tronçons gravitaires rejoignent chacun le point bas (ou il y'a les 02 poste de refoulement).

Le réseau d'assainissement est du type unitaire (c'est-à-dire ; englobe tous en même temps : les égouts, les rejets individuels...etc.).

Le rejet est réalisé dans l'Oued SEYBOUSE situé en contrebas de la station d'épuration à 331m de distance, les effluents sont acheminés jusqu'à l'Oued par une canalisation de rejet.

La qualité de traitement est assurée lorsque les rendements correspondent aux normes mentionnées dans le journal officiel de la République Algérienne ou celles des normes internationales.

### 1-4. Charges Hydrauliques et Polluantes:

Les différents nombres de charges à retenir sont mentionnés sur les tableaux 1-2 et 1-3.

Paramètres	DBO		DCO		MES	
	Mg/l	Kg/j	Mg/l	Kg/j	Mg/l	Kg/j
Charge première Phase Perspective 2015	338	10800	500	16000	438	14000

**Tableau (1-2) : Charges polluantes (STEP Guelma, 2015).**

	Volume Journalier Eaux Usées (m <sup>3</sup> /j)		Débit moyen (m <sup>3</sup> /j)		Débit de pointe (m <sup>3</sup> /j)	
	Temps sec	Temps pluie	Temps sec	Temps pluie	Temps sec	Temps pluie
Charge Première Phase Perspective 2015	32000	43388	1333	1807	2091	4182

**Tableau (1-3) : Charges hydrauliques (STEP de Guelma, 2015).**

Notons qu'il existe une différence entre le débit maximum relevé par les 02 postes de refoulement (2700m<sup>3</sup>/h) et la capacité maximale de la station d'épuration par temps de pluie (4182m<sup>3</sup>/h).

La capacité des postes de refoulement cité dans les tableaux suivants (Tab.1-4 et 1-5).

Débit Global	1125	m <sup>3</sup> /h
HMT Global	27	M

**Tableau (1-4): Station SR1 (STEP Guelma, 2015).**

Débit Global	1575	m <sup>3</sup> /h
HMT Global	59	M

**Tableau (1-5) : Station SR2 (STEP Guelma, 2015).**

➤ **Les sous-produits issus de l'épuration :**

- **Les boues** : Les boues sont épaissies puis hydratées sur lits de séchage avant leur envoi en décharge (ou autres= utilisation Agricole).
- **Les produits de Dégrillage** : Les refus de dégrillage sont évacués par un tapis transporteur, ou une vis de convoyage dans une benne à ordures.
- **Graisses et Huiles** : Elles sont stockées dans une fosse à graisse avant enlèvement.
- **Sables** : Ils sont extraits de l'ouvrage de prétraitement, séparés de leur eau par un classificateur, puis stockés dans une benne relevable.

## **1-5. Les différents procédés d'épuration utilisée au niveau de la station de Guelma :**

### **1-5-1. Objectives de la STEP:**

L'objectif principal du traitement est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

Le rôle principal de la station de traitement des eaux usées est de réduire la pollution « en nettoyant » les eaux usées domestiques et industrielles de façon à rejeter à la rivière des eaux traitées compatibles avec la qualité souhaitée et dans les normes idéales.

Pour la station de la ville de GUELMA le rejet doit se conformer aux normes ci-après :



- **DBO** : inférieure à 30 mg/l sur 24h. Sans dépasser 40mg/l sur 02 heures.
- **MES** : inférieure à 30mg/l sur 24heures.
- **DCO** : inférieure à 90mg/l sur 24h sans dépasser 120mg/l sur 02heures.

Ceci conduit aux rendements d'élimination moyens suivant :

- **DBO**: 91,12%
- **MES**:93,15%
- **DCO**: 82,00

La station permet ainsi de respecter l'environnement et de produire des boues (amendement organique et substance fertilisantes utilisés éventuellement en agriculture). (STEP Guelma, 2003)

Les eaux usées contiennent des matières minérales et organiques en suspension et en solution, ainsi qu'un certain nombre de déchets divers (végétaux, plastiques, ...).

A la sortie des égouts, les eaux usées urbaines de la ville de Guelma sont épurées directement dans la station d'épuration, une série de traitement primaires permettent d'éliminer rapidement les déchets les plus grossiers mais aussi les sables, les graisses, et des matières en suspension. Ensuite un traitement biologique permet d'éliminer le reste de la pollution (STEP Guelma, 2008).



Figure (1-1) : Configuration de la STEP de Guelma.

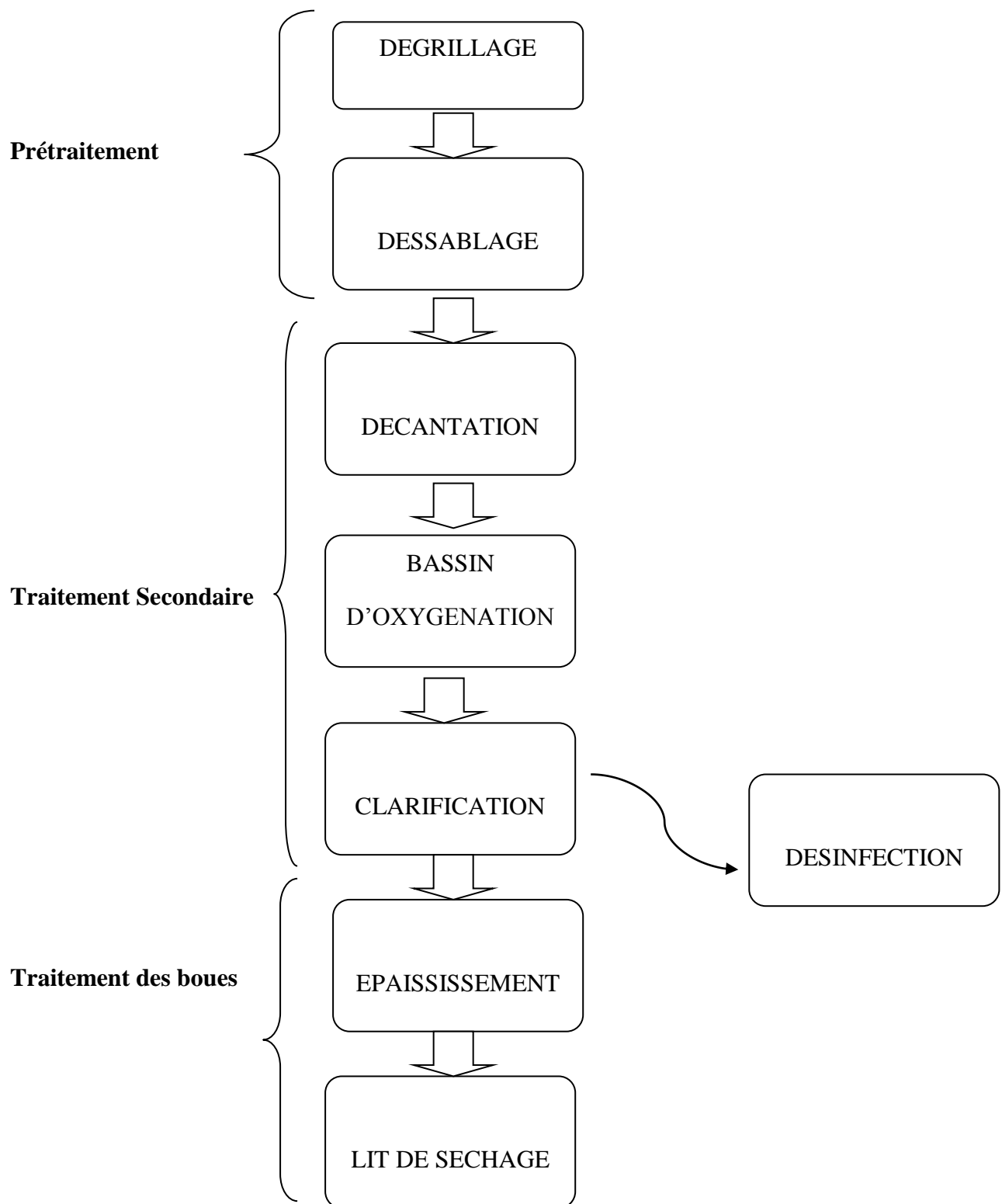


Figure (1-2) : Les différentes étapes d'épuration des eaux usées (Station de Guelma).

### 1-5-2. Prétraitements et élimination des sous-produits :

Les dispositifs de prétraitement sont présents dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés mis en œuvre à l'aval.

Le prétraitement comporte une succession d'opérations physiques ou mécaniques destinées à séparer les eaux usées des matières volumineuses, en suspension ou flottantes, qu'elles véhiculent, pour extraire le maximum gêne ultérieurement. Ces opérations sont :

#### 1-5-2-1. Le dégrillage

Consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux plus ou moins espacés (espacement des barreaux : 20mm pour le dégrilleur automatique et 30mm pour les dégrilleur manuel).

Retiennent les éléments les plus gros tel que chiffons étoupes, fragments de bois, etc....susceptibles de provoquer, lors de la séparation de l'évacuation et du traitement des boues, ou dans le fonctionnement des pompes dans les tuyauteries et les vannes, des difficultés d'exploitations.



**Photo (1-2) : Dégrilleur (STEP Guelma, 2015).**

Après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels ou automatiques, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères par une vis convoyeuse vers la benne. Le tamisage, qui utilise des grilles de plus faible espacement, peut parfois compléter cette phase du prétraitement.

### 1-5-2-2. Le dessablage – déshuilage et le dégraissage :

Consistent à faire passer l'eau dans des bassins où la réduction de vitesse d'écoulement fait déposer les sables et flotter les graisses. L'injection des microbulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses. Les sables sont récupérés par pompage alors que les graisses sont raclées en surface (**Karaali et al, 2008**).



**Photo (1-3) : Bassins de dessablage, déshuilage et dégraissage (STEP Guelma, 2015).**

### 1-5-3. Traitement primaire:

Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules (**Karaali et all, 2008**).

La décantation classique est possible lorsque les eaux prétraitées séjournent en eaux calmes dans le bassin de décantation primaire (**Figure 1-6**). Les matières en suspension, organiques ou non, se déposent dans le fond du bassin simplement par gravité. Elles y sont raclées et évacuées formant ainsi "les boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement élimine 30 à 40 % des matières en suspension et réduit d'environ 30 % la DBO et la DCO.



**Photo (1-4) : Décanteur primaire (STEP Guelma, 2015).**

#### **1-5-4. Traitement secondaire:**

La dégradation est assurée par voie biologique aérobie à l'aide d'une biomasse épuratrice, elle est constituée des micro-organismes de petite taille, inférieure au millimètre.

Ce principe naturel de floculation permet de séparer l'eau traitée de la biomasse par simple décantation et de recycler une partie de la masse active vers le réacteur biologique pour maintenir une activité biologique optimale.

Dans le cas des eaux usées urbaines, on favorise le développement de bactéries aérobies, c'est-à-dire, qui utilisent l'oxygène pour se développer (**Karaali et al, 2008**).

Il comporte deux étapes principales :

##### **1-5-4-1. Un Traitement biologique:**

Le traitement biologique se déroule au niveau de bassin d'aération et comporte :

###### **➤ Elimination de Carbone:**

Pour l'élimination du carbone dans les effluents la voie aérobie est utilisée car l'oxygène est associé aux réactions de dégradation et elles s'instaurent spontanément dans les eaux suffisamment aérées. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO<sub>2</sub> et de biomasse. Après la dégradation des matières organiques la cellule passent par différentes phase de croissance et décroissance. Mais la croissance bactérienne nécessite la présence d'autres

éléments nutritifs en particuliers l'azote et le phosphore contenus dans les effluents et dont l'élimination est également nécessaire.



**Photo (1-5) : Bassin de traitement biologique (STEP Guelma, 2015).**

#### **1-5-4-2. Une décantation secondaire:**

Une décantation permet de recueillir sous forme de boue les matières agglomérées par les bactéries. (Les boues, plus denses que l'eau, tombent au fond du bassin où elles sont raclées).

Un clarificateur permet de séparer par décantation l'eau épurée et les boues obtenues lors des traitements de dépollution (boue secondaire) et à recycler vers les bassins d'aération. L'eau clarifiée se situant à la surface du décanteur est ensuite dirigée vers un filtre.



**Photo (1-6) : Bassin de clarification (STEP Guelma, 2015).**

### 1-5-5. Le Traitement tertiaire:

On fait appel aux traitements tertiaires lorsqu'il est nécessaire d'assurer une protection complémentaire du milieu récepteur (rejet à proximité d'une prise d'eau potable) ou en raison d'une réutilisation de l'eau en industrie ou en agriculture.

Les traitements tertiaires qui s'ajoutent aux traitements primaires et secondaires sont très nombreux et dépendent de l'usage qu'on fera de l'eau traitée.

#### ➤ **Élimination de l'azote:**

Les eaux résiduaires contiennent différents composés azotés : protéines, urée et produits de décomposition ainsi que de l'azote sous forme minérale. Son élimination biologique se réalise en deux étapes qui sont chronologiquement la nitrification et la dénitrification. Parallèlement une partie de l'azote est utilisée pour la synthèse bactérienne par assimilation.

La nitrification consiste en l'oxydation de l'azote organique sous forme d'un ammoniac ( $\text{NH}_4^+$ ) en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) puis en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) par l'intermédiaire de micro - organismes autotrophes :



Ces bactéries autotrophes utilisent le carbone minéral pour constituer leurs cellules, elles peuvent effectuer une synthèse. Mais leur taux de croissance est moins rapide que celui des bactéries dégradant la pollution carbonée (**Karaali et al, 2008**).

Pour la dénitrification les bactéries ont besoin d'un environnement très pauvre en oxygène. L'arrêt des aérateurs ne permet pas à lui seul d'atteindre cet objectif, c'est en fait la surconsommation d'oxygène par les bactéries présentes dans le milieu qui engendre un environnement presque totalement anoxie.

Il s'agit donc d'une dénitrification combinée, qui utilise simplement comme substrat exogène l'eau d'égout elle-même. La cinétique est lente et la dénitrification n'est pas complète. Ce système profite de la recirculation des boues activées pour maintenir une teneur en substrat suffisante (**Karaali et al, 2008**).

➤ **Elimination de phosphore:**

Le principe de la déphosphatation biologique consiste en une suraccumulation de phosphore dans la biomasse. Si des teneurs de 2 à 3 % en phosphore dans les boues sont obtenues sous des conditions normales et correspondent aux besoins des bactéries, le mécanisme de suraccumulation nécessite de placer la biomasse alternativement en phase anaérobie et aérobie.

En phase anaérobie des bactéries céto-gènes anaérobies facultatives utilisent le carbone organique pour produire de l'acétate. Celui-ci est réutilisé par d'autres bactéries aérobies qui ne peuvent utiliser qu'une gamme de substrats plutôt limitées. Elles stockent celui-ci et l'énergie utilisée pour ce stockage provient de l'hydrolyse du poly phosphate ce qui explique la phase de relargage de phosphate dans le milieu.

La succession de phases anaérobies - aérobies, on peut obtenir une accumulation progressive du phosphore dans ces micro - organismes jusqu'à des valeurs pouvant atteindre 10 % de leur poids sec (**Karaali et al, 2008**).

L'élimination du phosphore peut être réalisée par un traitement chimique par l'utilisant des réactifs chimiques qui précipitent le phosphore, par exemple, la chaux (Cao), les sels d'aluminium et de fer.

➤ **Elimination des germes pathogènes (chloration) :**

- Débit à traiter : 2,180m<sup>3</sup>/h ;
- Dose de chlore : 05mg/l ;
- Choix de l'oxydant: NaClO;
- Concentration en chlore actif : 138g/l ;
- Degré chronométrique solution utilisée: 12%

Dose moyenne	Débit moyen	Débit de chlore	Débit d'hypochlorite de calcium
05mg/l	1333m <sup>3</sup> /h	6,665kg/h	48,30kg/h

**Tableau (1-6) : Quantité de chlore a Dosé.**

La chloration se fait dans un bassin à l'aide d'hypochlorite de calcium équipée de chicane pour permettre un temps de contact suffisant (**photo 1-7**).





**Photo (1-7) : Bassin de désinfection (STEP Guelma, 2015).**

### **1-5-6. Traitement des boues:**

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès afin de rendre leur destination finale fiable et sans nuisance (**Karaali et al, 2008**).

On distingue deux grands types de traitement :

- 1) **Traitements des stabilisations** : de type biologique, chimique ou thermique. Dont l'objectif est de réduire la fermentescibilité des boues pour atténuer ou supprimer les mauvaises odeurs.
- 2) **Traitements de réduction de la teneur en eau des boues** : visant à diminuer la quantité des boues à stocker et à épandre, ou améliorer leurs caractéristiques physiques par :
  - L'épaississement vise à augmenter la siccité (teneur en matière sèche) des boues sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue qui peut se faire simplement par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage, flottation ou centrifugation).
  - La déshydratation, qui correspond en fait à une augmentation forte de siccité, modifie l'état physique des boues, celles-ci passant de l'état liquide à l'état pâteux ou solide.

➤ Le séchage élimine en grande partie ou en totalité l'eau par évaporation, soit par voie naturelle (lits de séchage), soit par voie thermique (**Photo 8**). La boue sèche ainsi obtenue est être utilisée pour l'agriculture.



**Photo (1-8) : Lits de séchages (STEP Guelma, 2015).**

## **1-6. Matériel et Méthode d'analyse:**

### **1-6-1. Les paramètres physiques:**

#### **✓ Mesure de la température:**

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle influe sur la densité de l'eau et joue un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des lacs et des mers. Une élévation de la température perturbe fortement le milieu et elle peut être un facteur d'accroissement de la productivité biologique (**Gaujous, 1995**). La mesure de la température se fait directement sur le terrain en utilisant un thermomètre à mercure.

#### **✓ Mesure du pH, et conductivité :**

La conductivité électrique d'une eau augmente avec la température, car la mobilité des ions augmente avec Elle. (Rodier, 1989). Donc la conductivité s'agit de la capacité de l'eau à conduire le courant elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire qu'elle traduit la présence d'ions dans l'eau brute.

La mesure de ces paramètres est faite selon la méthode électrochimique. Un pH-mètre multifonctions (Multiline P4) est préalablement étalonné, ses deux électrodes sont plongées dans l'échantillon à analyser. L'appareil affiche directement le pH de la solution, sa conductivité en (mS/cm).

**• Appareillage :**

- ph mètre à électrode ;
- Récipient contient l'eau à analyser ;
- conductimètre à électrodes ;



**Photo (1-9) : ph mètre, conductimètre**

**• Mode opératoire :**

- Rincer plusieurs fois l'électrode de l'appareil d'abord avec de l'eau distillée
- prolonger l'électrode dans le récipient qui contient l'eau à examiner en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.
- faire la lecture après la stabilisation de ph au ph mètre.

**✓ L'oxygène dissous:**

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne la réaction biologique qui a lieu dans les écosystèmes.

Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose. Sa concentration est très faible et, le plus souvent proche du zéro dans les eaux résiduaires (ERU) brutes, du fait de la concentration importante en composés réducteurs et de l'activité des microorganismes présents. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs dont, les

températures, la pression de la force ionique du milieu. Elle est régie par la loi d'HENRY qui établit une proportionnalité entre la pression partielle en  $O_2$  dans l'atmosphère et sa concentration dans l'eau.

- **Principe:** L'opération consiste à mesurer L'oxygène dissous par l'oxymétrie comme appareil spécifique
- **Appareillage:**
  - bécher de 400ml
  - oxymètre portatif
  - l'eau à analyser
  - l'eau distillée.



**Photo (1-10) : oxymètre.**

- **Mode opératoire**
  - rincer l'électrode D'abord avec de l'eau distillée.
  - immerger l'électrode dans l'échantillon.
  - faire la lecture après la stabilisation d'oxydation dissous a' l'oxymétrie.

### 1-6-2. Les paramètres chimiques:

#### ✓ La demande biologique en oxygène DBO :

La demande biochimique en oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organique d'une eau par les microorganismes de milieu. Il s'agit d'un paramètre mesurant une oxydation biologique des matières organiques qui fait intervenir des réactions enzymatique complexes intra ou extracellulaires. (Rodier, 2005) Il s'agit donc d'une consommation partielle de dioxygène par voix biologique.

Ce paramètre consiste un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau au cours des procédés d'autoépuration. (Rejesk, 2002)

#### • Principe d'analyse:

La DBO est mesure au bout de 5joure à 20°C, (T° favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'oxygène) et à l'obscurité, (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

#### • Échantillons sont nécessaires:

Le 1er sert à la mesure de la concentration initiale en O<sub>2</sub>, et le second à la mesure de la concentration résiduaire en O<sub>2</sub> au bout de 5jours. La DBO<sub>5</sub> est la différence entre les O<sub>2</sub> concentrations.

Les mesures seront effectuées sur un même volume et le second échantillon sera conservé 5jours à l'obscurité et à 20°C. Deux mesures de l'oxygène dissout doivent être effectuées à l'instant : t<sub>0</sub>= 0 jour et t<sub>1</sub>= 5 jours.

En effet une eau abandonnée à elle-même dans un flacon fermé consommera rapidement le dioxygène dissous. L'eau pure ne consomme effectivement pas d'oxygène.

#### • Materials:

- oxymétrie
- agitateur magnétique
- aérateur
- flacon
- Eau ultra pure pour dilution



**Photo (1-11) : DBO oxymètre**

➤ **Protocol opératoire:**

• **Préparation de l'eau de dilution:**

Mettre la vielle de prélèvement, dans un récipient de 10l de l'eau du robinet dans laquelle on plonge pendant 24h un aérateur pour la saturation en O<sub>2</sub> laisser reposer 12h .la facture de dilution pour une eau usée et de 50 à 100(DBO moyen =300mg/l pour un effluent domestique).

• **Préparation des flacons de mesure:**

- Verser dans le flacon un peu d'eau de dilution puis la quantité prévue d'échantillon puis remplir le reste du flacon avec de l'eau de dilution.
- Faire ainsi 2 flacons identiques.

**Mesure de temps :**

- Doser les 02 flacons dans 1 flacon d'échantillon dilué (T° en mg/l) ;
- Incubation ;
- Placer les 02 flacons restant à étuve 20°c et à l'obscurité pendant 5jours ;
- mesure au temps 5jours ;
- Doser l'02 dans le flacon d'échantillon dilué pestant (T5 en mg/l).

**Résultat :**

La lecture se fait comme suit :  $DBO=F (T0-T5)$ .

### 1-6-3. Les matières en suspension MES :

#### Définition :

Ce sont des particules solides très fines généralement visibles à l'œil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau.

Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique. (Hakim, 1994). La quantité des MES contenue dans l'eau a été déterminée par la méthode de filtration sur des disques filtrants en fibres de verre (Whatman). L'eau a été filtrée et le poids de matière retenue par le filtre a été déterminé par pesé différentielle selon le protocole de (Rodier, 2005). La teneur en MES est exprimée en (mg/l).

- **Principe d'analyse:**

On évalue le poids sec du résidu, obtenu par filtration de l'échantillon d'eau après passage à l'étuve à 105°C.

- **Matériels:**

- dispositif de filtration (trompe à eau, fiole et entonnoir de filtration).
- disque filtrant en fibre.
- Etuve à 105°C.
- balance de précision.
- dessiccateur.



**Photo (1-12) : Dessiccateur**



**Photo (1-13) : Filtre à pompe**

➤ **Protocol opératoire:**

• **Préparation des filtres:**

On lave les filtres à l'eau distillée, et après on les sèche à l'étuve (pendant une heure à 105°C), ensuite on les place en attente dans le dessiccateur.

• **La Méthode:**

- on prend le filtre et on pèse et on marque le poids comme  $M_0$  en mg.
- Ensuite on place le disque dans l'appareille de filtration et on roule le système d'aspiration.
- on vers progressivement le volume d'eau (1000ml) à analyser sur le disque filtrant.
- on met le disque dans l'étuve pendant 1h105°C.
- on laisse le filtrant refroidir au dessiccateur.
- après on pèse le filtre et on marque le poids comme  $M_1$ .

• **Résultat:**

La lecture se fait comme suit :

$$MES = \frac{M_1 - M_0}{100} (\text{mg/l}) \text{ (Rodier, 2005)}$$



#### 1-6-4. La demande chimique en oxygène DCO :

La demande chimique en oxygène que correspondant à la quantité d'oxygène (en milligramme) qui a été consommée par voie chimique pour oxyde l'ensemble des matières oxydables présentes dans l'eau. La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel. (Rodier, 2005)

➤ **Principe:**

Cette détermination comprend deux étapes :

- ✓ **1ère étapes:** oxydation chimiques des Matières réductrices contenues dans l'eau, par excès de dichromate de potassium. Cette oxydation se réalise en milieu sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), en présence de sulfate d'argent ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) à ébullition à reflux pendant 2h dans un ballon ou dans un tube muni d'un réfrigérant.

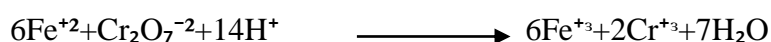
Les conditions d'oxydation à chaud et en milieu sulfurique permettent également d'oxyder de nombreux constituants organiques. Et elle permet aussi l'oxydation de constituants minéraux réduits comme les sulfures, les sulfites, chlorures et...etc.

Dans le cas de chlorures :



- ✓ **2em étapes:** Dosage de l'excès de dichromate de potassium par le sel de Mohr après refroidissement. La fin du dosage est détectée par la féronie indicateur redox. Son form oxydé est de couleur bleu-vert en présence et la première goutte de sol de Mohr en excès entraine un changement de coloration du féroïen qui devient rouge brique (form réduite). (Rodier, 2005)

Selon la réaction suivante :

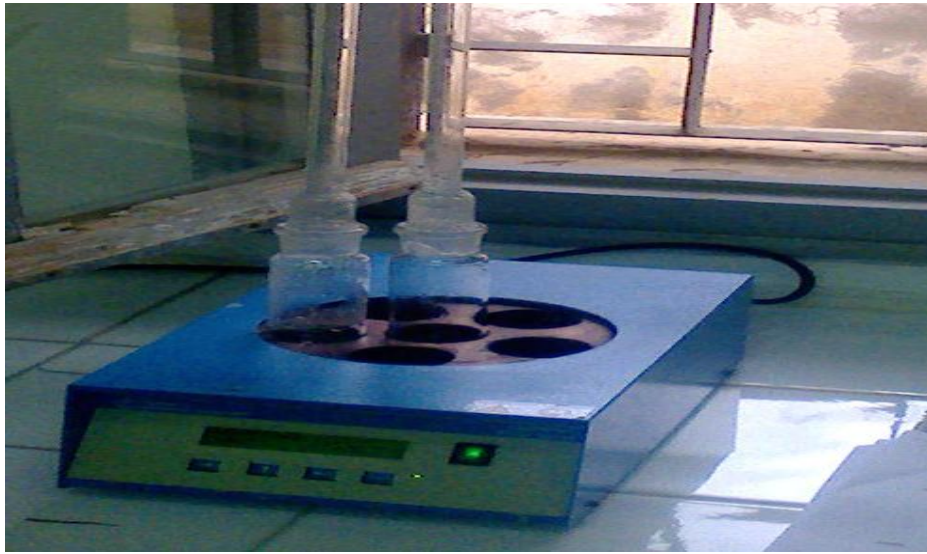


➤ **Domaine application:**

Cette norme est applicable pour toutes les eaux dont la DCO est supérieure à 30mg/l et la valeur maximale de la DCO pouvant être déterminée dans les conditions de la norme et sans dilution est de 700mg/l. (Rejesk, 2002)

➤ **Matériels:**

- réacteur DCO ;
- flacon DCO + réfrigérant ;
- pipettes : 5ml, 10ml ;
- pipette.



**Photo (1-14) : l'installation pour mesurer la DCO.**

➤ **Mode opératoire:**

- Etalonnage de la solution de sel de Mohr à environ 0.12mol /l ;
- La solution de sel de Mohr s'oxyde facilement d'où la nécessité de la titrer quotidiennement ;
- prélever 5ml de solution de  $K_2Cr_2O_7$  à 0.040mol/l et diluer à 100ml avec  $H_2SO_4$  à 44mol/l ;
- titre avec la solution de sel de Mohr en présence de 2 à 3 gouttes de ferroïne ;
- déterminer la concentration molaire du sel de Mohr à partir des équations des réactions.

➤ **Préparation de l'essai:**

Avant le prélèvement de la prise d'essai, l'échantillon doit être soigneusement homogénéisé par agitation du flacon. Dans un tube à fond plat de DCO introduire :

- 10m d'eau à analyser

- 5ml de  $K_2Cr_2O_7$

Si la valeur de la DCO est supposée excéder 700mg/l, procéder à une dilution de manière à obtenir une valeur comprise entre 350 et 700mg/l.

- ajouter quelques granules régulateurs d'ébullition et homogénéiser.

- ajouter lentement et avec précaution 15ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent en agitation soigneusement le tube et en le refroidissant sous un coure d'eau froid ou dans un bain de glace de façon à éviter toute perte de substance organique volatiles.

➤ **Expression des résultats:**

La demande chimique en oxygène DCO exprimé en mg d'O<sub>2</sub>/l est donnée par la formule de la norme :

$$DCO = - \frac{8000.Ce. (VI-VF)}{E}$$

E

Ce : c'est la concentration exprimée en mole par litre de la solution de sel de Mohr déterminée par étalonnage.

E : volume prise d'essai en ml.

### **1-6-5. L'azote des nitrates NO<sub>3</sub>- :**

➤ **Principe:**

Les nitrates sont d'un point de vue chimique, des sels de l'acide nitrique. Ces sels sont caractérisés par la présence de l'ion nitrate NO<sub>3</sub>-Composé d'un atome d'azote de trois atomes d'oxygène. Ils existent naturellement au cours du cycle de l'azote, notamment lorsque des matières Organiques se décomposent, par l'action des bactéries du sol. L'azote organique se transforme par oxydation en composés ammoniacaux puis en nitrates les nitrates sont également fabriques de manière industrielle, à partir de l'azote de l'air et de gaz naturel, car ce sont des engrais, très solubles dans l'eau, ils ne sont pas retenus par le sol.

Il est nécessaire de traiter les eaux usées de façon à préserver les nappes et cours d'eau, car les rejets non maitrisés participent à la pollution diffuse par les nitrates. Mises bout

à bout, les innombrables petites sources de pollution que constituent les habitations s'avèrent tout aussi importantes que les sources industrielles, quoique moins spectaculaires.

➤ **Réactifs:**

- sodium salicylate
- 10ml de l'eau à analyser
- NaOH (0,1N)
- l'eau distillée
- solution tartrate.

➤ **Mode opératoire:**

- Prendre 1 ml de sodium salicylate et l'ajouter à 10ml de l'échantillon en ajoutant quelques gouttes de NaOH (0,1N)
- Mettre à l'étuve à une température de 75à80°C
- laisser réagir jusqu'à l'évaporation et avoir le résidu
- Reprendre ce résidu et ajouter 2ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Laisser réagir 10minutes de temps
- Ajouter après 15ml d'eau distillée
- Ajouter 15ml de solution tartrate
- Attendre 30 minutes.
- Après les 30minutes on mesure l'absorption de la préparation par le spectrophotomètre avec une longueur d'onde =420nanomètres
- exprimer les résultats d'absorption en les extrapolant sur la courbe d'étalonnage.

### 1-6-6. L'azote des nitrites NO<sub>2</sub>- :

➤ **Principe:**

Les nitrites sont considérés comme polluant très nuisible à la santé de l'être humain et au animaux (le taux de NO<sub>2</sub>devinet nocif quand il dépasse 0.5 mg/l) taux doit être contrôle régulièrement, un taux important survient en générale lorsque l'eau est sur chargée en matières aussi parfois lorsque vous rajoutez de nouvelles pierres vivantes.

En milieu chlorhydrique, et en présence d'ion ammonium il se forme un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

➤ **Réactifs:**

- l'eau à analyser.
- solution Zambelli.
- solution d'Ammoniac

➤ **Mode opératoire:**

- Ajouter 1ml de la solution Zambelli a25ml de l'eau à analyser
- Agiter la préparation et laisser reposer 10minutes de temps
- Ajouter 1ml de la solution d'ammoniac
- Effectuer la lecture en utilisant le spectrophotomètre en le réglant sur une longueur d'onde=435nanomètre.
- exprimer les résultats d'absorption en les extrapolant sur la courbe d'étalonnage. (Hakim, 2002)

### 1-6-7. L'ortho phosphate OPO<sub>4</sub> :

➤ **Principe:**

Le phosphore peut être présent dans l'eau sous la forme ionisée (ortho phosphates) Ou plus ou moins polymérisé (poly phosphates minéraux et/ou organiques). IL n'est pas directement toxique pour les poissons et le milieu aquatique, mais il est généralement responsable de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation.

Les phosphates ont une origine principalement domestique (contamination fécale et détergents) mais aussi agricole (engrais) et industrielle (industrie chimique)

➤ **Réactifs:**

- l'eau a analysée après filtration ;
- 1 ml d'acide Ascorbique ;
- 4ml du réactif  $OPO_4$ .

➤ **Mode opératoire:**

- Ajouter 1ml d'acide ascorbique a note échantillonne d'eau filtrée et prête a' analyser.
- Ajouter à cette préparation 4ml du réactif  $OPO_4$ .
- Laisser réagir 30minutes du temps.
- Réaliser la lecture au Spectrophotomètre en le réglant sur une longueur d'onde=700 Nanomètres.
- Exprimer les résultats d'absorption en les extrapolant sur la courbe d'étalonnage.

## **Conclusion :**

La station de Guelma alimentée par des effluents d'origine domestique par boue activée à moyenne charge avec une capacité de 200 000 équivalents habitants.

Le procédé d'épuration par boues activées à moyenne charge comprend 02 filières l'une pour les eaux et l'autre pour les boues dont le processus est le suivant :

- Mise en contact de l'eau brute avec une masse bactérienne en présence d'oxygène (aération) suivie par une phase de séparation et décantation des floccs bactériens (clarification).
- Epaissement des boues biologiques et primaires.
- Traitement tertiaire de l'eau épurée, désodorisation du prétraitement et de la déshydratation.

L'étude climatique de la région de Guelma permet de distinguer que le climat est typiquement semi-aride de type continental (hiver froid et été chaud). La température moyenne annuelle qui y règne est de 15,64 °C.

# **Chapitre II**

## **Généralité sur les eaux usées**

## Introduction

Les eaux résiduaires urbaine (ERU) ou eaux usées sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non. Provenant essentiellement de l'activité humaine. Du fait de cette charge polluante, il est important d'épurer ces eaux, au niveau de stations d'épuration, avant de les rejeter dans l'environnement ou le milieu récepteur. En effet, ce rejet héberge, mais également pour l'homme ou pour les activités qu'il réalise au niveau de ce milieu.

L'analyse des eaux résiduaires a donc un double objectif :

1. Connaître la teneur des différents types de polluants présents dans l'eau résiduaire qui arrive à la station d'épuration. La connaissance des qualités des eaux résiduaires urbaines classiques permet de déterminer la nature des traitements à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif de rejet fixé.
2. Connaître la qualité de l'eau qui, en sortie de station d'épuration, va être rejetée dans le milieu récepteur. Il existe une réglementation française concernant les rejets des stations d'épuration. L'analyse des eaux résiduaires permet essentiellement de vérifier le respect de cette réglementation.

À la différence de celle concernant l'eau destinée à la consommation humaine qui protège la santé du consommateur, la réglementation concernant les eaux résiduaires vise plutôt la protection du milieu récepteur et de son utilisation



## 2-1. Composition des eaux usées :

Les eaux usées sont composées à 99 % de liquide et à 1% solides. Ces dernières contiennent des matières organiques : (protéines, lipides, carbohydrates) et inorganiques : (matières minérales, sels) (Figure 1). [1]

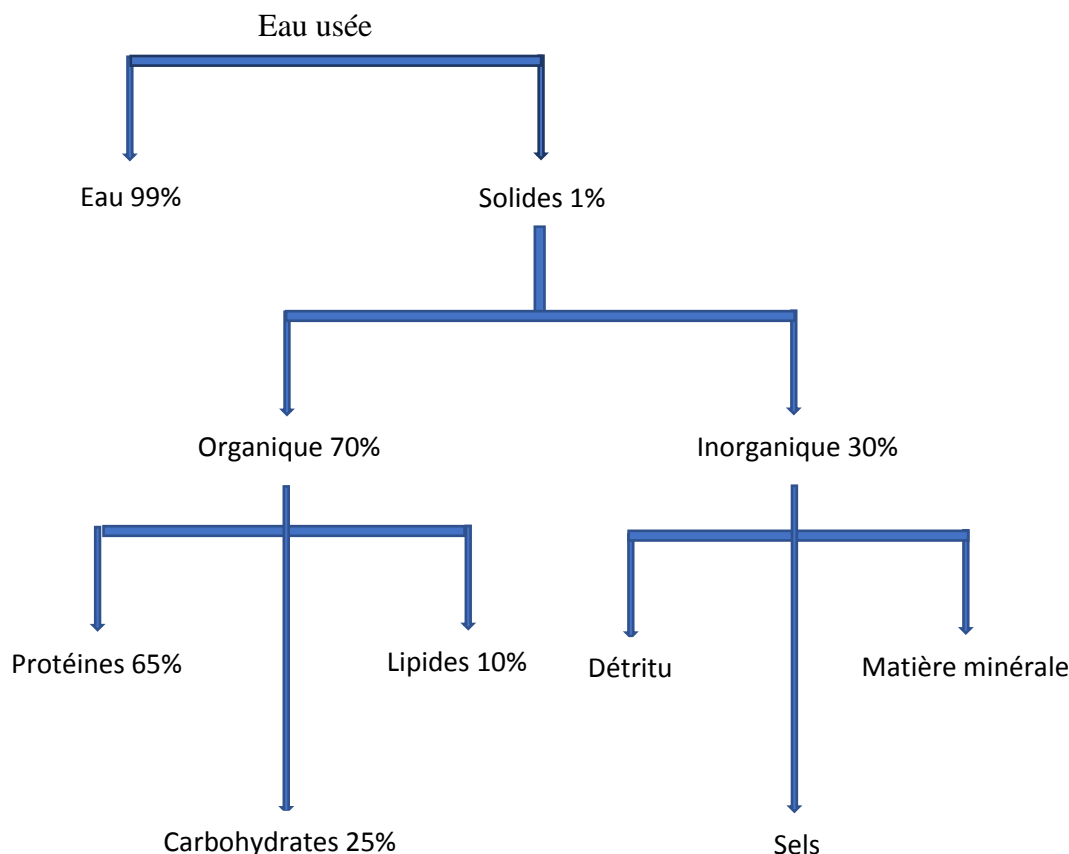


Figure (2-1) : Composition moyenne d'une eau usée domestique

## 2-2. Les principales origines de pollution :

La diverse origine classée en :

### 2-2-1 Les eaux usées domestiques :

Elles constituent généralement l'essentiel de la pollution et se composent :

- Eaux de cuisine qui contiennent des matières en suspension provenant du lavage des légumes ; des substances alimentaires à base de matières

organique, et des produits détergent utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses.

- Eaux de buanderie contenant principalement des détergents.
- Eaux de salle de bains chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle généralement des matières grasses hydrocarbonées.
- Eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organique hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes. [2]

Activité domestique	Volume rejet %
Cuisine : évier	3%
Lave-vaisselle	13%
Lave – ligne	13%
Salle de bains	44%
Chasse d'eau	26%

**Tableau (2-1) : proportion des volumes rejetés pour chacune des activités domestique polluantes.**

Elles contiennent des matières minérales et organique dans les trois phases : (solides, liquide, et gazeuse) et dans les trois états de dispersions débris, grossier, suspension, colloïdes, molécules dissoutes dissociées ou non. [3]

### 2-2-2 Les eaux usées industrielles :

Leur Composition est liée au type d'industrie implantée dans la commune : la quantité de pollution est parfois très importante. [2]

Les principales activités industrielles polluante sont des activités à rejets (pétrochimie) minéraux (Cl<sub>2</sub>), activité à rejets organiques avec substance toxique ou sans substance inhibitrices (conserverais, abattoir), et activité à rejets mixtes (plastique, teintureries). [4]

Le branchement des industries n'est pas obligatoire mais doit faire l'objet d'une convention entre la commune et l'industriel, et respecter le fonctionnement de la station d'épuration pour éviter de surcharger le traitement des eaux usées. [2]

### **2-2-3 Les eaux usées pluviales :**

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, elles peuvent être particulièrement polluées, surtout au débit de pluie par deux mécanismes : le lessivage des sols et des surface imperméabilisées.

- Les déchets solides ou liquides dépassés par temps sec sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent.
- Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation. Le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts. [2]

### **2-2-4 Les eaux usées agricole :**

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau [5].

Les pollutions dues aux par activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais
- Apport de pesticides chlorés ou phosphorés de désherbants d'insecticides
- Apport de sulfate de cuivre de composés arsenicaux destinés à la protection des plantes [6].

## **2-3. Type de pollution des eaux usées :**

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels.

Selon leurs natures, on distingue divers types de pollution. [7]

### **2-3-1. Pollution minérale :**

Elle est constituée essentiellement des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques et de traitement de minerais, ex (plomb, du cuivre, du fer, du zinc et du mercure...etc.) [8].

### **2-3-2. La pollution microbiologique :**

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces

organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [9].

### **2-3-3. Pollution chimique :**

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée en deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols.).
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) [10].

### **2-3-4. La pollution physique :**

Résultat de la présence dans l'eau de particules ou de déchets capables de colmater le lit d'un cours d'eau (cas des eaux provenant par exemple des mines, d'usines de défibrage de bois, de tanneries) [11].

### **2-3-5. Pollution par le phosphore :**

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire [12].

Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [13].

### **2-3-6. Pollution par l'azote :**

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riche en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires [13]. L'azote existe sous deux formes : la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_3$  ou  $\text{NH}_4^+$ ) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).

## 2-4. Critères analytiques des eaux usées :

### 2-4-3-3 Les critères physiques :

Les critères physiques des eaux usées résiduaires peuvent altérer le milieu récepteur, dans lequel elles se déversent ces altérations sont diverses selon les paramètres physiques engagés parmi les principales on peut citer :

#### 2-4-1-1 La température :

C'est un paramètre souvent négligé dans les collecteurs urbains, mais devrait être plus souvent mesuré, surtout dans le cas de rejets industriels dans les réseaux, le fonctionnement de certain ouvrage d'épuration, notamment les dégraisseurs et sensilles à des températures trop élevées, ainsi tout rejet doit être  $\leq 30^\circ$ . [14]

#### 2-4-1-2 La conductivité :

C'est une mesure simple qui se pratique avec une électrode et fournit une indication précise sur la concentration totale en sels dissous.

Elle s'exprime en microsiemens par centimètre ( $\mu\text{sn}/\text{cm}$ ) et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ( $\text{ohm}/\text{cm}$ ).

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. [15]

50 à 400	Qualité excellente
400 à 750	Bonne qualité
750 à 1500	Qualité médiocre mais eau utilisable
>1500	Minéralisation excessive

**Tableau (2-2) : classification des eaux d'après leur conductivité (AFNOR). [2]**

#### 2-4-1-3 La turbidité :

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble, tenant à la présence plus ou moins importante de matière en suspension, d'origine minérale ou organique.

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence des matières non dissoutes. [14]

**2-4-1-4 Matière en suspension (MES) :**

Elle représentés les matières qui ne sont ni à l'état solide ni à l'état colloïdal. Donc retenues par un filtre. Les MES qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbains ou même industriel.

Les techniques d'analyse (AFNOR T 90-150) appel à la séparation directe par filtration ou centrifugation, le résidu étant séché à 105° et ensuite pesé le résultat est exprimé en mg/l. [15]

<b>Métiers solides</b>				
<b>Matières solides totales. (MST)</b>	<b>Matières en suspension (MES)</b>	<b>Décantables (MD)</b>	Inorganiques (fixe)	Matières solides fixes ( <b>MSF</b> )
			Organiques (volatiles)	Matières solides volatiles ( <b>MVS</b> )
		Non décantables	Organiques (volatiles)	
			Inorganiques (fixe)	
	<b>Matières Dissoutes totales (MTD)</b>	Colloïdales	Inorganiques (fixe)	Matières solides fixes ( <b>MSF</b> )
			Organiques (volatiles)	Matières volatiles Dissoutes ( <b>MVD</b> )
		Dissoutes	Organiques (volatiles)	
			Inorganiques (fixe)	

**Tableau (2-3) :** caractérisation des matières solides [1]

**2-4-1-5 Les matières volatiles en suspension (MVS) :**

Elle représente la fraction organique de MES et obtenues par calcination de ces MES à 525c° pendant 2h.

La différence de poids entre MES à 105 et MES à 525c° donne la « perte ou feu » et correspond à la teneur en MVS (mg/l) d'une eau. [15]

#### **2-4-1-6 Les matières minérales séchées (MMS) :**

Représentent le résidu des matières en suspension après calcination à  $525^{\circ} \pm 25^{\circ}\text{C}$ . Est représenté les résultats d'une évaporation totale de l'eau c.à.d. son « extrait sec » constitué à la fois par MMS et les matières solubles « chlorure, phosphore ». [15]

#### **2-4-1-7 Les matières décantables et non décantables :**

Elle représente la fraction de MES qui sédimentent pendant un temps (2h) dans une éprouvette.

Cette analyse est surtout réalisée sur les effluents de sortie de certain ouvrage d'épuration.

Les matières décantables sont les matières des grandes tailles entre 40 micromètres et 5 micromètres et qui se dépassent sans traitement physique et technique. [14] [15]

#### **2-4-1-8 La couleur :**

Le terme de couleur, au sens strict, décrit la perception visuelle d'une combinaison d'effets chromatique et achromatique, mais la norme distingue différents types de coloration :

- La couleur d'une eau : propriété optique consistant à modifier la composition spectrale de la lumière transmise
- La couleur apparente d'une eau : couleur due aux substances dissoutes et aux matières en suspension.
- La couleur vraie d'une eau : couleur aux substances dissoutes. [2]

### **2-4-2. Les critères chimiques :**

Déterminés dans les eaux résiduaires urbaines ne présentent pas tous une égale importance vis-à-vis du traitement ultérieur par ordre d'importance croissante. On peut les classer :

- Les demandes d'oxygènes d'un effluent.
- Les nutriments principalement l'azote et le phosphore.
- Les constituants chimiques divers (métaux lourds, agent détersif...) [14]

#### **2-4-2-1. Le potentiel d'hydrogène (PH) :**

Le PH est en relation avec la concentration en ion d'hydrogène  $\text{H}^+$  présents dans une eau. Sa valeur détermine un grand nombre d'équilibre physicochimique. [2]

Le PH permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution. Le PH de l'eau pure à 25°C, qui est égal à 7, a été choisi comme valeur de référence d'un milieu neutre. Ainsi dans un milieu aqueux 25° :

- Une solution de PH = 7 est dite neutre
- Une solution de PH < 7 est dite acide ; plus son PH s'éloigne de (diminue) et plus elle est acide.
- Une solution de PH > 7 est dite basique ; plus son PH s'éloigne de (augmente) et plus elle est basique. [1]

La formule mathématique est la suivant :

$$PH = - \log [H^+]$$

#### **2-4-2-2. La demande biologique en oxygène (DBO5) :**

Elle représente la quantité d'oxygène par les phénomènes d'oxydation chimique, d'une part et d'autre part la dégradation des matières organique par voie aérobies nécessaire à la destruction des composés organique. [15]

La DBO5 est définie comme la concentration d'oxygène consommé pour réaliser la destruction des composés non azotés dans les conditions de l'essai, incubation à 20° et à l'obscurité et pendant un temps donné. [4]

Elle consiste à mesurer la consommation d'oxygène par voie biologique à T= 20° et pendant un temps limité par convention à 5 jours.

#### **2-4-2-3. La demande chimique d'oxygène (DCO) :**

La DCO représente la teneur totale de l'eau en matières organique quelle soient ou non biodégradable. [15]

Elle est exprimée par la quantité d'oxygène fournie par du bichromate de potassium  $K_2Cr_2O_2$  et nécessaire à l'oxydation de substance organique pendant 2 heure à l'ébullition (104-150c°) en milieu acide et en présence de catalyseur ( $H_2SO_4 + HgSO_4$ ) la DCO est mesuré en mg d'O<sub>2</sub> / l. [4]

- DCO = 1,5 à 2 fois DBO pour les eaux usées urbaines.
- DCO = 1 à 10 fois DBO pour l'ensemble des eaux résiduaire.
- DCO ≥ 2,5 fois DBO pour les eaux usées industrielle. [16]

La DCO est la teneur en oxygène consommée par les matières oxydables (réduction) dans des conditions définies, la relation empirique de la matière oxydable (MO) en fonction de la DBO<sub>5</sub> et DCO est donnée par l'équation suivante :  $MO = (2 DBO_5 + DCO) / 3$



#### 2-4-2-4. Le carbone organique total (COT) :

Le carbone organique totale ne compte pas au rang de demande d'oxygène. Le principe le plus courant de la mesure du COT l'ébullition sur la combustion des matières organique carbonées d'un effluent après passage au pour à 950° sous un courant d'oxygène.

Cette combustion libre de gaz carbonique qui est dosé par un analyseur infra-rouge après condensation de la vapeur d'eau. [14]

#### 2-4-2-5. Les nutriments :

L'azote et le phosphore sont des constituants essentiels de la matière vivante et leur présence est indispensable pour assurer le traitement par voie biologique des effluents urbaines est industrie biodégradable. [14]

##### a) L'azote :

Peut être présent dans les eaux sous de nombreux états de valence :

- ✓ Forme réduite : azote organique  $\text{NH}_4^+$ .
- ✓ Forme moléculaire : azote dissous ( $\approx 20\text{mg/l}$ ) à la température.
- ✓ Forme oxydée : azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ ) et azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ).

Si l'azote moléculaire dissous n'est jamais dosé en pratique.

L'évaluation des autres formes fait partie des analyses de routine, au laboratoire des techniques colorimétriques simple ( $\text{NH}_4^+$  : AFNOR T90015 ;  $\text{NO}_2^-$  : NF T90013 ;  $\text{NO}_3^-$  : NF t90012).

Paramètre de doser commodément l'azote ammoniacale. On mesure tout d'abord l'ensemble de l'azote présent sous forme réduite, par dosage de l'ammonium après une vigoureuse hydrolyse catalysée à haute température (méthode de kjeldah). Au chiffre obtenu (azote totale kjeldah), on retranche la teneur en ammoniacque pour obtenir la concentration en azote organique. [14]

##### b) Le phosphore :

Le phosphore est présent dans les eaux sous forme de sels minéraux et sou forme organique d'origine industrielle.

Le terme de phosphore totale englobe le phosphore organique et le phosphore minéral. Ces différents composés se trouvent soit à l'état dissous dans la phase liquide soit fixés sur les matières en suspension et colloïdales. Ils pourront donc être dosés sur l'échantillon ou sur la partie soluble après filtration sur membrane 0,45 $\mu$ . [14]

#### 2-4-2-6. L'oxygéné dissous (OD) :

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs. Dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg/l. [2]

Température (°C)	Solubilité (d'O <sub>2</sub> / L)
0	14,16
5	12,37
10	10,92
15	9,76
20	8,84
25	8,11

Tableau (2-4) : solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température [1]

A une température de l'ordre de 15°C, l'objectif de qualité de 50% de saturation en oxygène correspond à une concentration de 5 mg O<sub>2</sub> / l.

#### 2-4-2-7. Les matières grasses :

Elles sont parfois recherchées dans certains effluents, mais il n'existe pas de méthode normalisée, en raison des différents solvants d'extraction utilisables : chloroforme, hexane, trichloréthylène. [15]

#### 2-4-3. Les critères bactériologiques :

Les micro-organismes qui se trouvent dans l'eau usée sont à l'origine du traitement biologique. Ils comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Parmi les éléments pathogènes les plus rencontrés, on cite :

##### 2-4-3-1 Les virus :

Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau. On estime leur concentration dans les eaux usées

urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel [17]. Parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve la poliomyélite, l'hépatite A

#### **2-4-3-2 Les Protozoaires :**

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes.

La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoeba histolytica*, agent responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia*. [12].

#### **2-4-3-3 Les bactéries**

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ .

Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries par 100 ml. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonella responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. [18]

#### **2-4-3-4 Les Helminthes**

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréments des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée. [19]

La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de  $10^1$  à  $10^3$  œufs par litre. On peut citer, notamment, *Ascaris lumbricoides*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Tænia saginata*. [17]

#### **2-4-3-5 Coliformes totaux :**

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels, les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliformes, cependant l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement, que l'eau présente pas un risque pathogène. [20]

#### **2-4-3-6 Coliformes fécaux :**

Faut en tout logique tenir compte de la présence plus aux moins importante de germes pathogènes. La principale bactérie fécale est *Escherichia coli*. [20]

### 2-4-3-7 Les streptocoques fécaux :

Ces bactéries appartiennent à la famille des **streptococcaceae**, ce sont des **Cocci** généralement disposées en diplocoques ou en courte chaîne, à gram négatif, asporulantes, immobiles, aérobies facultatifs et possédant un métabolisme fermentatif. Ces germes colonisent l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur présence dans le milieu hydrique prouve une pollution d'origine fécale de l'eau. Cependant, on peut trouver aussi des streptocoques fécaux dans le sol, les plantes et les insectes. [21]

## 2-5. Les normes de rejets :

### 2-5-1. Normes internationales :

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi.

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivant. [22]

Paramètres	Symboles	Unité	Normes utilisées (OMS)
Le potentiel d'hydrogène	PH	-	6,5 - 8,5
La demande biologique en oxygène	DBO <sub>5</sub>	Mg/l	< 30
La demande chimique en oxygène	DCO	Mg/l	< 90
Matière en suspension	MES	Mg/l	< 20
l'azote ammoniacal	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg/l	< 0,5
Nitrites	NO <sub>2</sub>	Mg/l	1
Nitrates	NO <sub>3</sub>	Mg/l	< 1
Température	T°	°C	<30
Couleur		-	Incolore
Odeur		-	Inodore

Tableau (2-5-1) : Normes de rejets internationales.

### 2-5-2. Les Normes Algériennes :

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs

contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement. [22]

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau (2-5-1) :

<b>PARAMÈTRES</b>	<b>UNITÉS</b>	<b>VALEURS LIMITES</b>
<b>Température</b>	°C	30
<b>PH</b>	-	6,5 à 8,5
<b>MES</b>	Mg/l	35
<b>DBO</b>	Mg/l	35
<b>DCO</b>	Mg/l	120
<b>Azote Kjeldahl</b>	Mg/l	30
<b>Phosphates</b>	Mg/l	02
<b>Phosphates totale</b>	Mg/l	10
<b>Cyanures</b>	Mg/l	0.1
<b>Aluminium</b>	Mg/l	03
<b>Cadmium</b>	Mg/l	0,2
<b>Fer</b>	Mg/l	03
<b>Manganèse</b>	Mg/l	01
<b>Mercure total</b>	Mg/l	0,1
<b>Nickel total</b>	Mg/l	0,5
<b>Plomb total</b>	Mg/l	0,5
<b>Cuivre total</b>	Mg/l	0,5
<b>Zinc total</b>	Mg/l	03
<b>Huiles et Graisses</b>	Mg/l	20
<b>Hydrocarbures totaux</b>	Mg/l	10
<b>Indice Phénols</b>	Mg/l	0,3
<b>Fluor et composés</b>	Mg/l	15
<b>Étain total</b>	Mg/l	02
<b>Composés organiques Chlorés</b>	Mg/l	05
<b>Chrome total</b>	Mg/l	0,5
<b>Chrome III +</b>	Mg/l	03
<b>Chrome VI +</b>	Mg/l	0,1

<b>Solvants organiques</b>	Mg/l	20
<b>Chlore actif PCB</b>	Mg/l	1,0
<b>Détergents</b>	Mg/l	0.2
<b>Tensioactifs anioniques</b>	Mg/l	10

**Tableau (2-5-1) :** Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

## **Conclusion :**

Collectées par le réseau d'assainissement, les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population, des activités commerciales, industrielles et agricoles et des phénomènes naturels. Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante.

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradant, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases d'épuration.

# **présentation de la zone d'étude**

**Introduction :**

Elles constituent une autre voie d'élimination des eaux usées dans la mesure où celles-ci y subissent toute une batterie de traitements avant leur déversement dans le milieu naturel. Une STEP, généralement placée à l'extrémité aval d'un réseau est conçue pour épurer les eaux usées et limiter l'apport en excès de matière organique et dans certains cas, de substance minérale telles les nitrates et les phosphates dans les milieux récepteurs, sachant que certaines substances contenues dans un effluent, à partir d'une certaine concentration, peuvent constituer un danger pour la communauté aquatique, l'épuration des eaux usées diminue l'impact sur les écosystèmes aquatiques.

L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du

Degré d'épuration désiré.

**3-1. La nécessité de l'épuration :**

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit Pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives). [14]

L'épuration des eaux usées le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux.

Les stations d'épuration des eaux résiduaires, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et enlèvent les constituants

Chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques aux récoltes ainsi que les constituants biologiques (microbes pathogènes) qui concernent la santé publique en général. [15]



### 3-2. La chaîne d'épuration :

Dans cette partie, nous développerons les différentes composantes d'un traitement dans les stations d'épuration qui ont pour rôle : [23]

- Traiter les eaux ;
- Protéger l'environnement ;
- Protéger la santé publique ;
- Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement.

La pollution des eaux usées est produite par des matières minérales et organiques, indésirables ou toxiques qui sont en suspension, en solution ou en émulsion.

Les matières en suspension produisent un trouble : la turbidité ; ce sont :

- Des matières minérales : sables, argiles, particules solides insolubles ;
- Des matières organiques : débris organiques divers, organismes et micro-organismes.

Les matières en solution et émulsion sont :

- Des sels de métaux (dont métaux lourds) ;
- Des composés organiques : détergents, solvants, pesticides, matières grasses, Hydrocarbures ... ;
- La station d'épuration d'une agglomération urbaine importante comporte une chaîne de traitement dont la complexité dépend du degré d'épuration jugé nécessaire. [24]

On classe habituellement ces traitements de la façon suivante :

#### 3-2-A. Les prétraitements :

Le prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus en flottation et en suspension grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement [30].

Il comprend quatre principaux modes de traitement des eaux usées :

- Le dégrillage pour retenir les déchets volumineux ;
- Le dessablage pour obtenir une meilleure décantation et éviter l'abrasion des équipements ;
- Le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras.

### 3-2-A-1. Le dégrillage :

A l'entrée de la station d'épuration, les effluents bruts doivent subir un dégrillage (parfois un tamisage). Ainsi les matières volumineuses sont retenues au travers de grilles, cette opération est toujours effectuée avant la station de relevage afin de protéger les pompes, vis d'Archimède, et de ne pas gêner le fonctionnement des étapes ultérieures de traitement. [3]

Le prétraitement peut être défini de la façon suivante :

- Pré-dégrillage : les barreaux des grilles sont espacés de 30 à 100 mm ;
- Dégrillage moyen : de 10 à 30 mm ;
- Dégrillage fin : de moins de 10 mm généralement précédé d'un pré-dégrillage de protection.

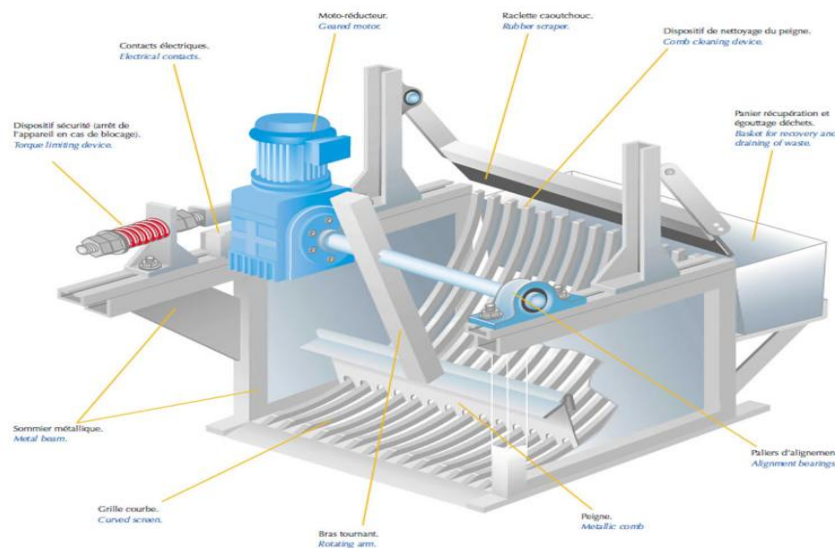


Figure (3-1) : Schéma d'un dégrilleur. [26]

### 3-2-A-2. La Dilacération :

C'est une opération qui concerne essentiellement les Eaux Résiduaires Urbaines (ERU) et qui a pour but de désintégrer les matières solides décantables fines qui peuvent continuer le circuit de l'eau vers les stades de traitement ultérieurs.

Par cette méthode les nuisances et les sujétions induites par l'évacuation et la décharge des déchets de dégrillage sont supprimées.

Il existe deux types de dilacérateurs :

❖ Les dilacérateurs au fil de l'eau : Ces appareils sont adaptés aux eaux résiduaires urbaines pour des débits de l'ordre de 5000 à 8000 m<sup>3</sup>/h.

❖ Les dilacérateurs sa pression : Ils sont adaptés aux eaux résiduaires urbaines et eaux boues, pour des débits variant de 50 à 300 m<sup>3</sup>/h pour des concentrations en matières solides de l'effluent de l'ordre 5 à 10 g/l. [15]

### 3-2-A-3. Le Dessablage – dégraissage, Déshuilage :

1) **Le dessablage** : consiste à récupérer les sables et matières minérales dont la taille est sup ou = à 200 microns, et les huiles sont issues non seulement des habitations mais aussi des restaurants, des usines, des abattoirs... L'élimination des sables présents dans les effluents bruts est une opération indispensable pour :

- Éviter les dépôts dans les canalisations induisant leur bouchage ;
- Protéger les pompes et autres organes mécaniques contre l'abrasion ;
- Éviter de perturber les autres stades du traitement ;
- Réduire la production de boues.

2) **Le déshuilage** : Est une opération de séparation liquide, réservée habituellement à l'élimination des huiles présentes dans les eaux résiduaires industrielles. L'élimination des huiles et des graisses s'effectue par écumage manuel ou mécanisé. [14], [15]

3) **Le dégraissage** : L'opération de dégraissage consiste en une séparation de l'effluent brut, les graisses étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau. [15]

**Le dégraissage** : Est une opération de séparation liquide-solide réalisant un compromis entre une rétention maximale de graisses et un dépôt minimal de boues on peut noter qu'une injection d'air au fond de la chambre de séparation permet de récupérer les graisses en provoquant leur remontée à la surface (flottation des graisses). [27]

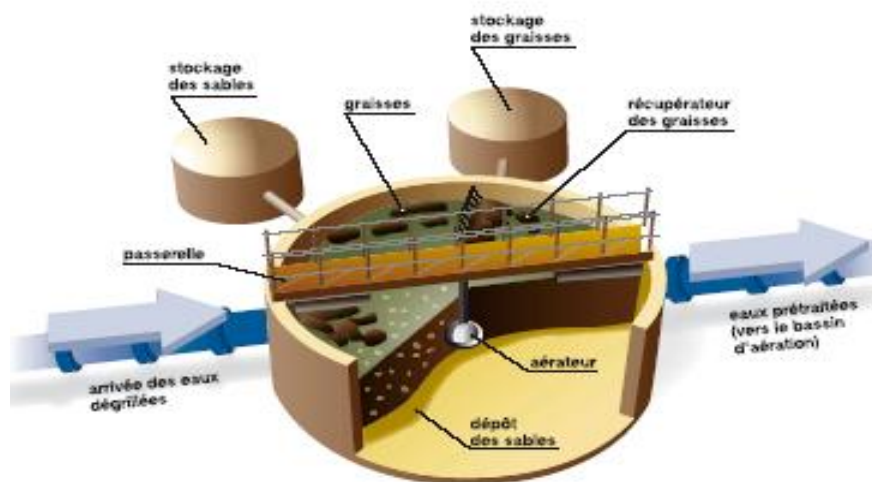


Figure (3-2) : Dessableur-dégraisseur. [26]

### 3-2-B. Traitement primaire (physico- chimique) :

Après les prétraitements, les effluents conservent une charge polluant dissout et MES les procédés de traitement primaire sont physique, comme la décantation (plus ou moins poussée, et éventuellement) ou physico-chimiques (coagulation-floculation). [28]

Ces procédés permettent d'éliminer d'une part 50% à 60% de MES décantables dans l'eau, et d'autre part de réduire les caractéristiques des ouvrages ou des appareillages avec des coûts d'exploitation biologique en  $O_2$  pendant 5j ( $DBO_5$ ) des eaux résiduaire entrantes d'au moins 20% avant le rejet. [29]



**Figure (3-3) : Schéma d'un décanteur avec pont racleur à entraînement périphérique.**

#### 3-2-B-1. Procédés de décantation physique :

Ce procédé a pour objectif de réduire les matières décantables obtenues dans l'effluent primaire.

Ses performances :

- Réduction de 25 à 35 % de la  $DBO_5$  ;
- Réduction de 30 à 40 % de MES ;
- Réduction faible de l'azote du phosphore, des métaux et des germes pathogènes (10 à 30 %).

Dans le cas des eaux usées fortement chargées en MES en utilisent la « Floculation ». [15]

La base de ces procédés de séparation solide-liquide est la pesanteur, on utilise le terme de décantation lorsque l'on désire clarifier une eau brute, si l'on veut obtenir une boue concentrée ou parle de sédimentation.

La sédimentation a pour but d'éliminer les matières en suspension de la fraction liquide. Les boues sont épaissies pendant leur long cheminement. En effet, la vitesse de raclage doit être suffisamment faible pour ne pas perturber la décantation (de l'ordre de 3 à 6 m/s en périphérie). Par ailleurs, un pont racleur (en surface) pousse les corps flottants vers une trémie à écumes située en périphérie de l'ouvrage. [15]

La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable. La coagulation-floculation permet d'éliminer jusqu'à 90 % des matières en suspension et 75 % de la DBO. Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif, qui provoque l'agglomération des particules en suspension, puis une accélération de leur chute au fond de l'ouvrage, Les amas de solides ainsi obtenus sont appelés "flocs".

### **3-2-B-2. Procédés de décantation chimique :**

Les procédés physico-chimiques de décantation consistent à alourdir les particules en suspension. Ils font appel aux techniques de coagulation ou de floculation-clarification.

#### **a) Coagulation-floculation :**

Les processus de coagulation et floculation sont employés pour séparer les solides en suspension de l'eau, lorsque la vitesse de décantation naturelle est trop lente pour obtenir une clarification efficace, la turbidité et coloration de l'eau sont dues à la présence des particules colloïdales de taille trop faible pour sédimenter.

**La première phase** de ce traitement consiste donc à faire croître ces particules pour les amener à un niveau de taille où elles pourront facilement être séparées par décantation ou filtration.

Afin de permettre la décantation d'une suspension colloïdale, une partie importante de la pollution, il faut changer l'état de la suspension qui permettra l'agglomération des particules entre elles et ainsi obtenir des tailles importantes plus faciles à éliminer. Les micro-organismes et les colloïdes d'argile dans l'eau ont une charge électrique négative, ce qui permet de stabiliser leur dispersion dans l'eau. On neutralise leur charge en ajoutant des métaux positivement chargés (cationiques), comme des sels solubles d'aluminium ou de fer, ou encore des poly électrolytes organiques cationiques. Cela a pour effet de déstabiliser les matières colloïdales en suspension et de produire leur agglomération en petits flocons, ou micro flocons. [15]

**La floculation :** La floculation est l'ensemble des phénomènes physico-chimiques menant à l'agrégation de particules stabilisées pour former des floculons ou « floes » qui est une agglomération des particules qui décanteront par la suite.

La coagulation et la floculation sont des processus souvent indissociables. En effet, la coagulation, en diminuant les forces de répulsion entre les particules, favorise les collisions et la formation d'agrégats ; la floculation, en permettant la croissance des agrégats accélère la séparation des phases. Ils éliminent près de 80% des matières en suspension. [29]

#### **b) La flottation :**

La flottation est une technique d'extraction solide-liquide de clarification et d'épaississement, permettent de séparer les particules en suspension dans l'eau. En effet, les lois physiques qui commandent la séparation des phases en flottation sont les même que celles de la décantation. Cette méthode permet d'éliminer des particules plus petites qu'avec la sédimentation.

Dans les eaux à forts charge en matière organique, les matières solides sont rassemblées à la surface par insufflation d'air sous forme d'écume qui est ensuite retirée par raclage à la surface de l'eau. [14]

On distingue 3 principaux de flottation :

- 1) Flottation par l'air dissous avec pressurisation partielle ou totale du débit d'alimentation ;
- 2) Flottation par l'air dissous avec pressurisation d'un débit de recyclage ;
- 3) Flottation par l'air induit l'introduction de l'air est réalisée à l'aide de diffuseurs. [29]

#### **c) La filtration :**

La filtration est utilisée pour l'élimination de MES, en tant que prétraitement dans le cas d'eaux faiblement chargées ou en tant que traitement de finition en aval d'un procédé physico-chimique ou biologique.

Après un traitement biologique, la filtration est employée non seulement pour les MES, mais aussi pour l'élimination de la DBO<sub>5</sub> soluble grâce à la formation d'un biofilm sur le matériau filtrant. [14]

#### **✓ La filtration sur sable :**

1) **La filtration par le sable** est une des plus anciennes méthodes connues utilisées dans le traitement des eaux usées. C'est un procédé pour séparer les impuretés suspendues ou colloïdales dans l'eau en faisant passer celles-ci dans un support poreux (sable : 0,2- 0,4 mm). Le filtre de sable épure l'eau de trois manières :

**2) Filtration** : les particules sont physiquement agitées par l'eau usée entrante.

**3) Sorption chimique** : les contaminants collent à la surface du sable et aux substances biologiques de la surface du sable.

**4) Assimilation** : les microbes aérobies absorbent les nutriments contenus dans l'eau usée. [26]

### 3-2-C. Traitement secondaire (traitement biologique) :

Les traitements secondaires ont pour objet de poursuivre l'épuration de l'effluent provenant du décanteur primaire ou directement après un traitement.

L'élimination biologique des matières polluantes. Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique.

On les classe généralement en :

- Procédés biologiques naturels.
- Procédés biologiques artificiels. [3]

Les traitements biologiques reposent sur l'activité de micro-organisme qui utilisent la matière organique contenue dans les effluents pour assurer leur besoins métaboliques, croissance, maintenance, reproduction, les bactéries transforment la matière organique dissoute biodégradable (si ration  $\frac{DCO}{DBO} < 3.5$  et présence de nutriments  $DBO/N/P > 100 > 5 > 1$ ).

La croissance bactérienne contrôlée génère des boues dites biologiques, biomasse + particules en suspension + divers débris végétaux..... [15]

On distingue 2 grands types de procédés :

- **Les procédés aérobies** : font appel à des bactéries aérobies qui ont besoin d'O<sub>2</sub> pour vivre.
- **Les procédés anaérobies** : font appel à des bactéries anaérobies qui ne se développent qu'en l'absence d'O<sub>2</sub>. [15]

#### 3-2-C-1. Procédés biologiques naturels :

Les procédés biologiques naturels réalisent l'épuration par le sol, on grâce à l'énergie solaire, les matières organiques polluantes (biomasse du milieu " eau") sont dégradées. [1]

### C-1-1. Lagunage naturel ou bassin de stabilisation :

Le lagunage est constitué de deux variantes : on peut distinguer le lagunage naturel et le lagunage aéré, ce dernier se rapproche du principe de fonctionnement des boues actives à la différence qu'il n'y a pas de recirculation des boues.

Le procédé du lagunage naturel consiste à faire dégrader la charge polluante par des micro-organismes et par des algues selon le processus naturel proche de celui de l'autoépuration. [3]

Dans la zone supérieure des bassins, la matière organique est dégradée par micro-organismes aérobies, la production de gaz carbonique, de phosphates et de nitrates générés par la dégradation aérobie est utilisée par les algues pour leur métabolisme tandis que l'oxygène utile aux bactéries est produit par la photosynthèse algale et par les échanges gazeux (atmosphère / milieu lagunaire).

Dans la zone inférieure, l'activité des micro-organismes anaérobies permet de dégrader la matière organique qui s'est décantée, cette dégradation s'accompagne de dégagement de méthane, de  $\text{CO}_2$  et d'ammoniac et d'une minéralisation des boues. [14]

Dans ce procédé, il est indispensable que le bassin soit étanche et d'une profondeur adéquate pour enrayer le développement des végétaux supérieur tout en permettant la pénétration de la lumière indispensable à la photosynthèse ; il faut également éviter les effets de stratification thermique (eau chaude en surface et froide en profondeur), pour favoriser l'activité microbienne de fond. [1]

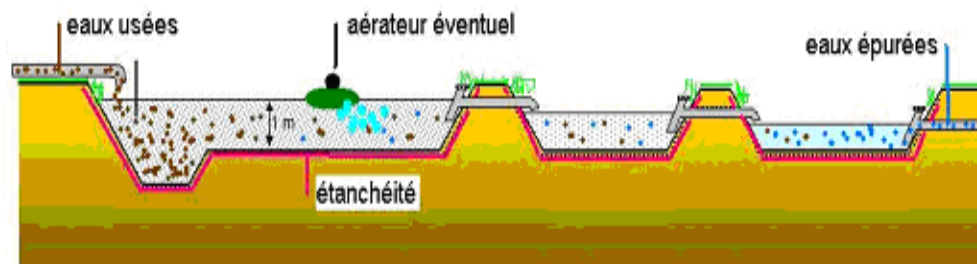


Figure (3-4) : Coupe schématique d'une station à lagunage [27]

### C-1-2. Lagunage aéré :

L'intérêt de ce type de traitement est qu'il est efficace en cas d'effluents très concentrés (industries agroalimentaires, effluents viticoles...) Ou lorsque la surface disponible pour un lagunage naturel est trop faible ou regard des charges à traiter.



Ce procédé se présente comme une lagune équipée de turbines flottantes qui apportent l'O<sub>2</sub> indispensable aux micro-organismes à Laval, il y a deux lagunes de décantation.

Ce procédé du fait de sa rusticité et de son caractère économique est également approprié aux pays en voie de développement. [14]

### **3-2-C-2. Procédés biologiques artificiel « cultures fixées » :**

Ou utilise trois grands types de procédés : les lits bactériens, boues activées, et la biofiltration.

#### **C-2-1. Lits bactériens :**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien, quelque fois appelé « filtre bactérien » ou « filtre percolateur » 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) épurateur.

Dans ce type de réacteur, la biomasse est fixée sur un support solide circulaire surmonté d'un distributeur rotatif. L'effluent à traiter préalablement décanté, est introduit par le haut et s'écoule par gravité sur le lit bactérien.

En sortie du lit bactérien se trouve un mélange d'eau traitée et de biofilm. Ce dernier sera piégé dans le décanteur sous forme de boues et l'eau traitée rejoint le milieu naturel. [14]

#### **✓ Lits à faible charge :**

Les conditions de fonctionnement sont les suivantes :

- Charge hydraulique : 1.2 à 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/j.
- Charge volumique : 0.08 à 0.2 Kg DBO<sub>5</sub> m<sup>3</sup>/j.

Ces lits sont constitués par un empilement de faible épaisseur de 1 à 2m et alimentés par des faibles débits.

Le système de lit bactérien à faible charge hydraulique est rapidement colmaté, et la tendance actuelle est de n'utiliser ce type de lit que dans des cas rares. [14]

#### **✓ Lits à forte charge :**

Dans les lits à forte charge hydraulique, cela ci varie de 20 à 40m<sup>3</sup> d'eau usée par m<sup>2</sup> de filtre par jour. La charge organique en DBO<sub>5</sub> par m<sup>3</sup> de matériaux est de 1 à 2 Kg/jour la hauteur du filtre est de 2 à 3m.

Les lits à forte charge ont une faible perte de charge par suite du pompage des eaux pour la recirculation, cette perte de charge est inférieure de 2m environ comparativement aux lits à faible charge dont le circuit hydraulique est gravitaire. [14]

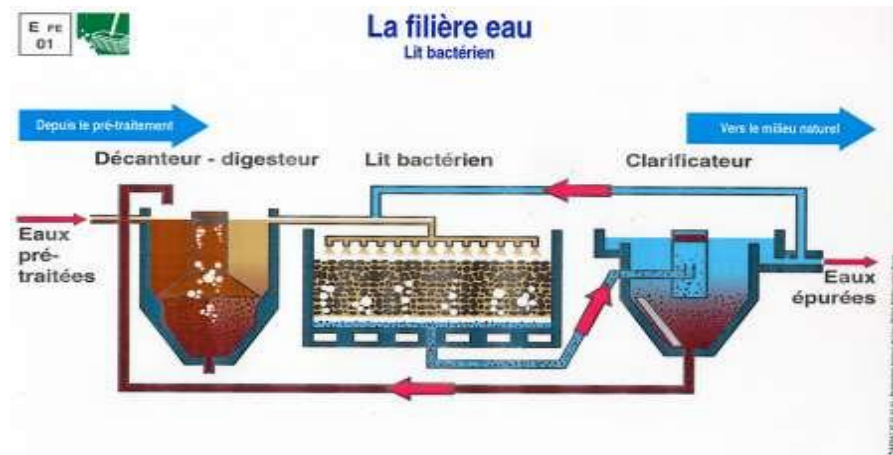


Figure (3-5) : L'épuration par le lit bactérien. [27]

### C-2-2. Disques biologiques :

Ce procédé appartient à la catégorie des systèmes d'épuration où la culture bactérienne aérobie est développée sur un support solide constitué de disques en matière plastique.

Ces disques très légers, de 10mm d'épaisseur et de 2 à 3m de diamètre, sont espacés de 1 à 2cm et montés sur un arbre horizontal lequel est entraîné par un moteur.

La masse biologique retenue par les disques représente 120g de MES par  $m^2$ ; les disques biologiques doivent fonctionner dans des stations couvertes pour mettre les installations à l'abri des intempéries et des écarts de températures, l'encombrement des appareils est très réduit. [34]

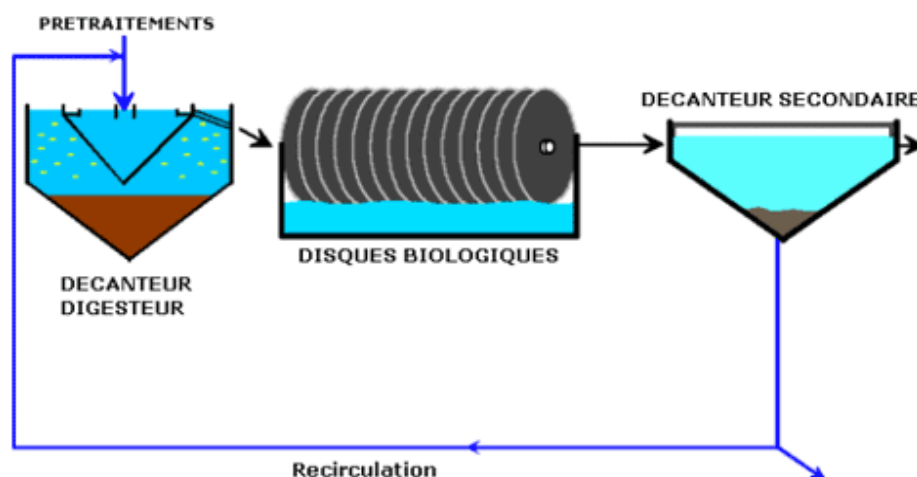


Figure (3-6) : Schéma d'une filière type de disques biologiques [27].

### C-2-3. Les biofiltres :

L'épuration des eaux usées par biofiltre est une technologie biologique qui est caractérisée par le fait que le développement de la biomasse apte à dégrader la pollution et le rôle de filtration qui permet de séparer l'eau claire des boues.

La biofiltration peut traiter la pollution carbonée (DCO - DBO<sub>5</sub>) et ou azotée en nitrification et dénitrification.

Ce traitement consiste à faire transiter les eaux usées dans une cuve contenant un matériau filtrant immergé, support de développement d'un film biologique. Les eaux usées retournent en tête de traitement afin que les boues biologiques soient piégées dans le décanteur primaire. Un lavage à l'eau traitée (eau de lavage) et à l'air (air de lavage) est nécessaire pour éviter le colmatage et pour éliminer les boues en excès. [1]

### 3-2-C-3. Les procédés biologiques à culture libre :

Le traitement biologique par biomasse libre est actuellement le plus utilisé pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines. Le principe général de ce procédé consiste à accélérer le processus d'oxydation naturelle de la matière organique qui survient dans les milieux récepteurs, il est principalement mis en œuvre par la technique des **boues activées**. Les boues activées sont des cultures bactériennes en suspension sous forme de suspension d'agrégats biologiques. [26]

La boue activée, composée essentiellement de micro-organismes flocculants, entretient constamment en contact avec les polluants organiques ainsi qu'avec l'oxygène dissous. L'aération des eaux résiduaires a lieu dans des bassins en béton qui ont une forme appropriée en fonction du système d'aération, on appelle ces bassins des **bassins d'aération** ou ces bassins à **boues activées**. Afin de maintenir une biomasse suffisante, la boue est recyclée par pompage dans le bassin de décantation secondaire. [26]

Il existe de nombreux systèmes différents pour l'aération dans le procédé à boues activées, le choix dépend de la composition de l'eau résiduaire, ainsi que des conditions de construction et de l'installation au point de vue technique et économique. Les trois modes essentiels sont : Pneumatique (aération sous pression), mécanique (uniquement aération de surface) et aération combinée. [34]

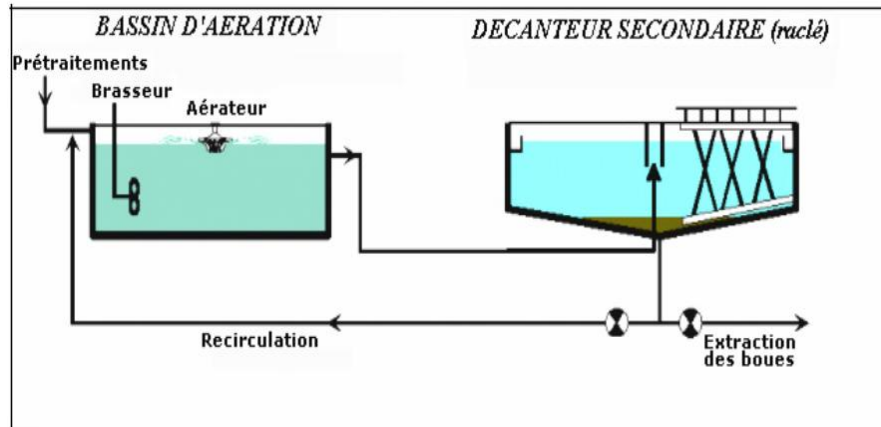


Figure (3-7) : Boues activées à faible charge. [27]

#### ❖ Les Nutriments :

L'azote et le phosphore sont des nutriments essentiels qui doivent être présent dans l'influent selon un rapport bien défini. Si la concentration de P et N est trop basse, cela va influencer négativement l'activité et la capacité de sédimentation des boues (structure en flocons).

Les micro-organismes ont aussi besoin de micronutriments outre N et P. Si un déficit de N et P dure trop longtemps (>4 jours), l'activité des boues peut se trouver réduite considérablement. De plus, la structure cellulaire des boues est fragilisée. Il y a donc de grandes chances que l'effluent soit moins clair en sortie du traitement. [35]

#### a) L'élimination de l'azote :

Dans les eaux usées urbaines l'azote se présente essentiellement sous la forme d'azote organique N org (urines, protéines) et d'azote ammoniacal  $\text{NH}_4^+$ . Il est rejeté 13 à 15g d'azote par habitant et par jour, dont deux tiers sous la forme ammoniacale et un tiers sous forme organique. Dans les stations d'épuration conventionnelles ne visant que l'élimination de la pollution carbonée, seule une fraction de l'azote (environ 20%) est éliminée.

Une élimination plus poussée nécessite la mise en place d'une filière de traitement spécifique dite « de nitrification-dénitrification ».

L'azote est l'un des facteurs de dégradation de l'environnement à plusieurs titres :

- L'azote réduit consomme de l'oxygène pour se transformer en azote oxydé ;
- L'ammoniaque libre  $\text{NH}_3$  est l'un des principaux toxiques inhibiteurs de la vie aquatique ;
- L'ion  $\text{NH}_4$  gêne la production d'eau potable (réaction avec le chlore).

Pendant l'épuration biologique, l'azote organique  $\text{N}_{\text{org}}$  et l'azote ammoniacal  $\text{NH}_4^+$  se transforment en nitrites  $\text{NO}_2$  et nitrates  $\text{NO}_3$  puis en azote moléculaire  $\text{N}_2$  (gazeux).

L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique en deux étapes importantes. [36]

➤ **La nitrification** : La nitrification est un processus se déroulant sous l'action de certains micro-organismes spécifiques et qui conduit à la transformation de l'ammoniac (ou de l'ammonium) en nitrate en 2 étapes : - Nitrosation : sous l'action de bactéries nitreuses aérobies (*Nitrosomonas*). - Nitrification : par les bactéries nitrifiantes aérobies (*Nitrobacter*). La nitrification est une des étapes du traitement d'une eau usée qui vise la transformation de l'ammonium ( $\text{NH}_4$ ) en nitrate ( $\text{NO}_3$ ). Cette transformation est réalisée par des bactéries, en milieu aérobie. [36]

➤ **La dénitrification** : est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu. [37]

### **b) Elimination de la pollution phosphorée :**

L'élimination du phosphore, contenu dans les eaux usées urbaines, est très insuffisante à la suite d'une épuration secondaire classique (environ 10% du phosphore est éliminé au cours du traitement primaire et 20% au cours du secondaire). Les quantités de rejet dans le milieu récepteur imposent d'améliorer cette élimination. En effet, dans l'eau, le phosphore se retrouve naturellement à l'état minéral mais à faible concentration (0,01 mg/l). Mais l'utilisation " massive " de phosphates dans la fabrication des produits d'entretien et en agriculture pose des problèmes d'équilibre au milieu aquatique. [37]

L'élimination du phosphore, ou "dé phosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques,

l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues. [37], [38]

### **3-2-D. Traitement de clarification (Décantation secondaire) :**

Le clarificateur est un bassin circulaire, équipé d'un point racleur. La liqueur mixte, venant des bassins biologiques via la deuxième chambre de répartition est séparée en eau épurée et boues biologiques par décantation. Les boues décantées sont siphonnées par une pompe à vide, une partie sera acheminée vers la première chambre du répartiteur assurant la recirculation des boues contenant la culture bactérienne épuratrice. Afin de maintenir la concentration en biomasse nécessaire dans ce bassin, l'autre partie sera transmise au flotteur. [35]



**Photo (3-1) : Décanteur secondaire « clarificateur »**

### **3-2-D. Traitement tertiaire (La désinfection) :**

Les traitements tertiaires regroupent toutes les opérations physiques, chimiques ou biologiques qui complètent les traitements primaires et secondaires, les traitements tertiaires sont nombreux et peuvent constituer une chaîne complexe.

Ce traitement est nécessaire lorsque les eaux usées traitées sont rejetées dans un milieu aquatique à usage balnéaire, pour éliminer les germes pathogènes, les techniques classiques

utilisées sont : la chloration, l'ozonation, la chaleur, l'irradiation par rayonnement ultraviolet (UV) et la filtration sur membranes.

De nos jours, la désinfection est généralement réalisée par le chlore ou l'ozone. [1]

### **3-2-D-1. La chloration :**

Le chlore est actuellement le désinfectant le plus utilisé, sous forme de gaz ( $Cl_2$ ), d'hypochlorite, de dioxyde de chlore ou combiné à l'ammoniac (chlora minés), les chlora mines sont obtenues par action du chlore sur l'ammoniaque.

Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux ( $Cl_2$ ), l'hypochlorite de sodium ( $NaOCl$ ) appelé communément " eau de Javel", l'hypochlorite de calcium ( $CaClO_2$ ), le chlore de chaux ( $CaCl_2, OCl_2$ ) et le chlorite de sodium ( $NaClO_2$ ). [29]

### **3-2-D-2. L'ozonation :**

La principale solution chimique de remplacement du chlore est l'ozone, qu'on utilise dans plusieurs des grandes stations de traitement de par le monde.

L'ozone est une molécule de formule chimique  $O_3$ . C'est un gaz très instable, ce qui lui confère une capacité oxydante très importante. Le principe de l'ozone est d'oxyder toutes les substances organiques (y compris les précurseurs des trihalométhanes). Il inactive les pesticides et les organismes pathogènes (virus et bactéries). L'ozone sert également à réduire le goût, l'odeur et la couleur désagréables. [1]

### **3-2-D-3. Le rayonnement ultraviolet :**

La technologie UV et son application pour la désinfection est bien établie. On l'a utilisée avec succès pendant des décennies pour désinfecter les effluents des eaux usées. La méthode UV est plus efficace quand l'eau est déjà claire, on utilise généralement le rayonnement UV en fin de traitement. La désinfection par rayonnement UV est fondamentalement différente de la désinfection à l'aide de désinfectants chimiques comme le chlore et l'ozone. Le rayonnement UV inactive les micro-organismes en endommageant leurs acides nucléiques et en empêchant les micro-organismes de se reproduire. La désinfection de l'eau par rayons ultraviolets se fait par inactivation des micro-organismes. [1], [20]

#### **3-2-D-4. La chaleur :**

La chaleur, agent de pasteurisation, est également utile pour tuer les micro-organismes. On y recourt dans les installations de dessalement au Moyen-Orient et dans d'autres régions sèches du monde. Le procédé usuel de distillation flash chauffe l'eau à une température suffisante et pendant un temps approprié pour inactiver les micro-organismes. [1], [20]

#### **3-2-D-5. La filtration sur membrane :**

La filtration sur membrane est une technique utilisée pour séparer les particules d'un liquide en vue de le purifier. Cette technique repose sur le passage d'un solvant au travers d'une membrane semi-perméable dont la perméabilité est déterminée par la taille de ses pores. La membrane filtre le solvant, empêchant les particules plus grosses que les pores de la traverser. Le procédé produit d'un côté de la membrane un liquide propre et filtré, et de l'autre le soluté éliminer. [3], [1]

### **3-2-E. Traitements complémentaires :**

#### **3-2-E-1. Traitement et élimination des boues :**

Les boues, qu'elles soient primaires et/ou secondaires sont le résultat de l'épuration des eaux usées. Elles sont fortement chargées et contiennent souvent des éléments toxiques qu'il faut enlever ou neutraliser. Les objectifs essentiels du traitement des boues sont :

- Leur stabilisation qui consiste à réduire une partie de la matière organique qui les compose, pour cela on distingue :
  - ✓ La stabilisation aérobie ;
  - ✓ La digestion anaérobie ;
  - ✓ La réduction de leur volume par élimination de l'eau interstitielle.
- La quantité et la nature des boues produites ainsi que les l'eau résiduaire, les voies de traitement à leur appliqués dépendent des caractéristiques de l'eau résiduaire brute dont elles proviennent et des opérations de traitement utilisées pour les traiter ;
- Les décanteurs primaires produisent des boues chargées en matière organiques et se composant rapidement en régime anaérobie ; ces solides doivent être manipulés avec précaution pour éviter l'émission d'odeurs désagréables ;
- Les boues provenant des décanteurs secondaires de procédés biologiques aérés sont constituées de colonies bactériennes floculées ayant entraîné des substances non-biodégradables et des solides colloïdaux ces boues ne produisent pas d'odeurs à cause de leur oxydation biologique. [1], [3]



Le système de traitement choisi doit être capable de recevoir les quantités des boues produites et de les convertir économiquement en un produit dont l'évacuation est acceptable pour l'environnement. [1]

**a) Nature des boues :**

Les boues sont classées :

- Organiques hydrophile ;
- Huileuse hydrophile et huileuse hydrophobe ;
- Minérale hydrophile et minérale hydrophobe ;
- Fibreuse. [14]

**b) Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées :**

Le procédé à boues activées est défini par les paramètres suivants :

- La charge massique ;
- La charge volumique ;
- Age des boues ;
- Indice de Mohlman ;
- Besoin en oxygène. [16]

**3-2-E-2. Traitement des odeurs :**

Les eaux usées, chargées en matières organiques particulières et dissoutes, peuvent induire directement ou indirectement, par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisses, boues), la formation d'odeurs désagréables suivant un processus de fermentation.

Les odeurs provenant des STEP sont dues aux gaz, aérosols ou vapeurs émises par certains produits contenus dans les eaux usées ou dans les composés se formant au cours des différentes phases de traitement.

Les sources les plus importantes d'odeurs sont :

- Les prétraitements ;
- Les boues et leur traitement ;
- Les puits à boues ;
- Les épaisseurs gravitaires ;
- Le conditionnement des boues.

Pour éviter ces nuisances, les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité de traitement biologique des odeurs.

On distingue généralement deux types de traitement biologique des odeurs : les biofiltres et les bio laveurs. Dans les premiers, la biomasse est supportée par un plancher spécifique et l'air traverse le massif (souvent de la tourbe), et les seconds réalisent un deuxième filtre grâce à une suspension. La biomasse est libre, et l'épuration se produit dans un réacteur. [40]

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre on a défini les différentes étapes de traitement des eaux usées dans une station d'épuration.

L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore...etc).

# Présentation du logiciel

## 4-1. Présentation du Logiciel utilise :

### 4-1-1. Description :

Plusieurs logiciels de simulation de STEP existent sur le marché. Il y a WEST (Belge), EFOR (Scandinave), STOAT (Anglais), BIOWIN (Canadien), ASIM (Suisse), SIMBA (Allemand), SIMBA (Français).

GPS-X, conçu depuis 1988, fonctionne sur PC sous le système d'exploitation Windows. Bien qu'il soit commercialisé uniquement dans la langue anglaise, il est utilisé partout dans le monde par des compagnies de consultants, des industries, des municipalités. Il est en constante évolution et adaptation par rapport aux recherches dans le domaine de l'assainissement.

Le logiciel intègre de nombreux modèles répertoriés dans une bibliothèque (Library). Les modèles utilisés sont à la fois les modèles publiés au niveau international (ASM) mais aussi des modèles développés en interne par Hydromantis. De plus l'utilisateur peut créer son propre modèle.

Le logiciel GPS-X (Global Pur pose System) a comme avantages d'être très puissant et d'une utilisation très conviviale, à condition de maîtriser les différentes possibilités de son fonctionnement. Toutefois, il est en constante évolution selon les besoins du marché. Par ailleurs, son efficacité est liée à l'utilisation d'une grande quantité de données.

Les simulations peuvent être réalisées tant en régime permanent qu'en régime dynamique. A titre d'exemple Makinia a effectué des simulations en régime permanent à partir d'un ensemble de fractionnement d'eaux usées urbaines du nord de la Pologne et les coefficients acquis ont été validés en régime dynamique.

Dans chaque régime, il est possible de faire des calages, des ajustements, des analyses de sensibilité et de la personnalisation des processus. Le rendement de la nitrification et de la dénitrification sont obtenus pour différentes stations. Le langage de programmation du logiciel utilisé est le fortran et ACSL, Advanced Control Simulation (interface java).

Ce logiciel, disponible au département d'hydraulique sous la responsabilité de Mr Hammar, est utilisé pour des simulations au niveau des travaux de recherche et des mémoires de fin d'étude.

#### 4-1-2. Objectifs d'une simulation :

- L'anticipation et la prévision devant différents phénomènes possibles : soit naturels, soit artificiels ;
- Faire des études comparatives pour une aide à la décision ;
- L'analyse et la critique des mesures, la détermination de variables impossibles à mesurer ;
- Dans l'étude actuelle on se propose d'évaluer l'impact de la sensibilité des paramètres d'entrée (le fractionnement de la DCO à l'entrée) et observer leurs effets.

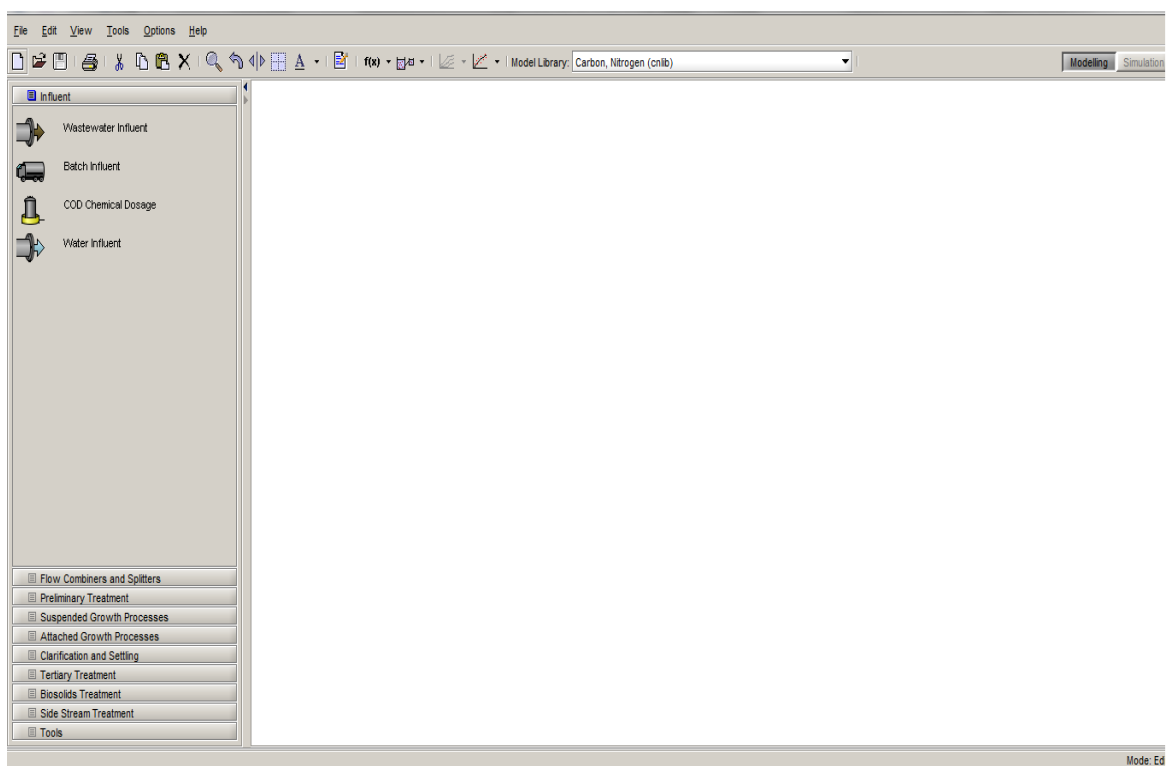


Figure (4-1) : L'interface du GPS-X en mode Modélisation.

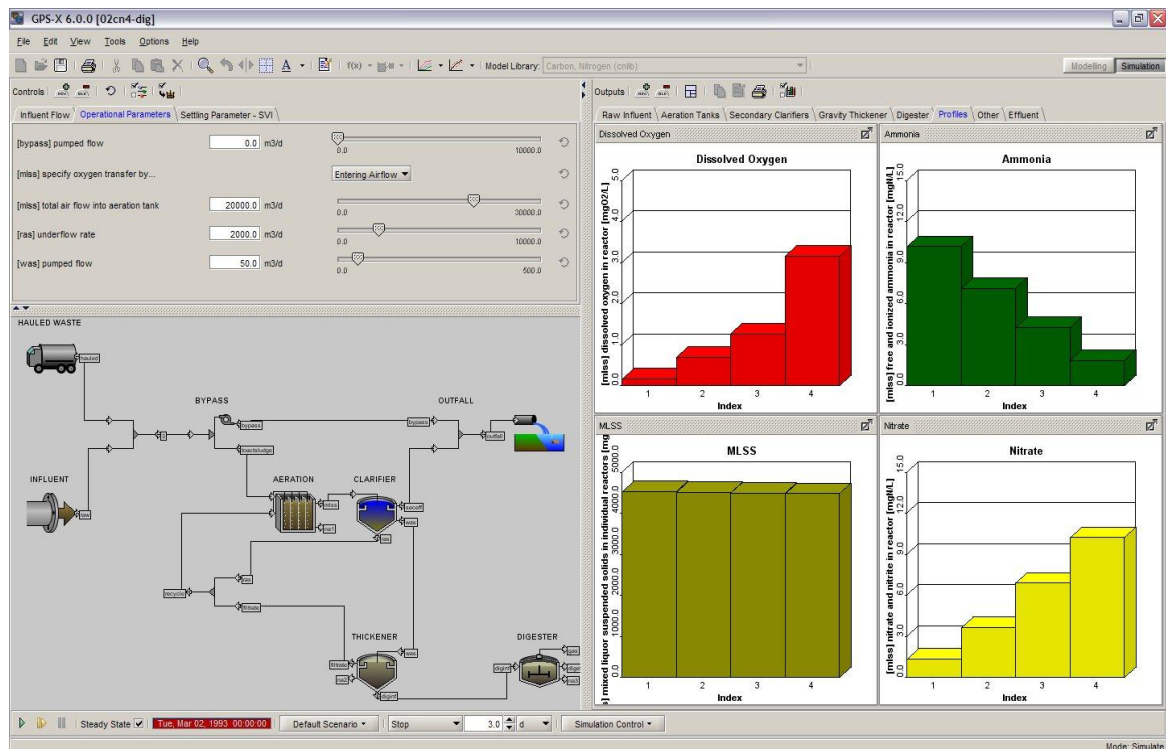


Figure (4-2) : L'interface du GPS-X en mode Simulation.

#### 4-1-3. Utilité du GPS-X :

Le logiciel nous permet de créer la configuration actuelle de la station. L'utilisation de GPS-X se fait par l'élaboration de schémas simplifiés de la station à l'aide d'outils prédéfinis. Chaque outil représente un ouvrage (effluent d'entrée, bassin d'aération, clarificateur,) que le concepteur doit ensuite assembler pour définir le profil hydraulique.

Le GPS-X est un outil qui nous permet de faire la configuration de n'importe quel type de fonctionnement, aussi c'est un aide de simulation, d'analyse et d'optimisation :

**A - Simulation :** Le fondement de toutes les fonctionnalités de modélisation et de simulation dans le GPS-X, nous permet d'exécuter des simulations de plus de 50 modèles préconfigurés avec GPS-X, ainsi que de nos propres schémas de conception ;

**B - Configuration :** le GPS-X utilise l'interface graphique pour custom-conception et la construction d'une station d'épuration ou modifier les processus de diagrammes de flux.

**C - Analyse :** L'analyse automatique est effectuée pour maîtriser la sensibilité des paramètres du modèle, soit dans l'état d'équilibre ou dynamique des simulations. Par exemple, l'analyseur va nous permettre de développer automatiquement l'état opérationnel illustrant l'orientation de la nitrification par les paramètres essentiels tels que l'âge des boues, temps de séjour hydraulique et la température.

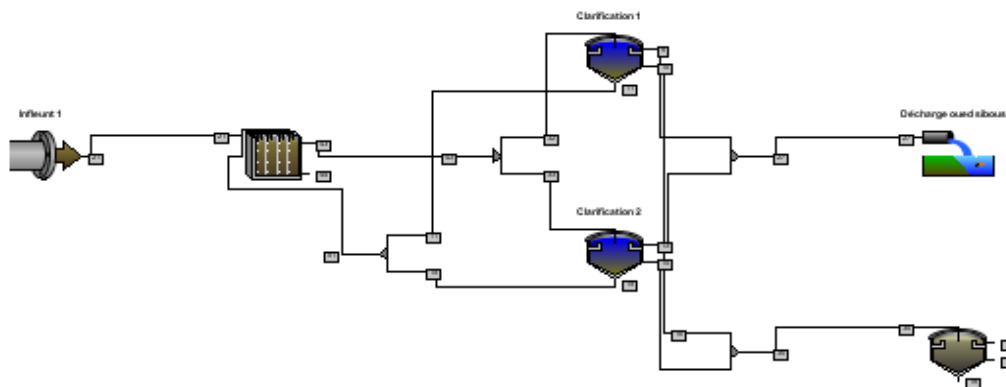
**D - Optimisation :** Ce module nous assiste dans l'optimisation des STEP. Par exemple pour déterminer la meilleure distribution d'air dans un réacteur de boues activées afin d'optimiser la qualité des effluents et de réduire les coûts de l'aération.

Une forme de bibliothèque (Library) est choisie, permettant de prendre en compte les modèles associés soit au traitement du carbone et de l'azote (Cnlib), soit au traitement du carbone, de l'azote et du phosphore (CNP lib). Nous prenons la bibliothèque Cnlib ne tenant pas compte du phosphore dans notre étude.

Le logiciel permet de réaliser des simulations aussi bien caractérisant un régime permanent qu'un régime dynamique. En outre, des analyses de sensibilité vis-à-vis de paramètres ou variables sont possibles. Enfin, l'optimisation de leurs valeurs est proposée par l'utilisation d'algorithmes mathématiques.

#### **4-1-4. Choix du modèle :**

Le modèle ASM1 associant une description simple des phénomènes biologiques et une représentation conforme à la réalité. Il exprime les vitesses de dégradation du substrat carboné et azoté en fonction de l'état de pollution (nommé par les variables) et caractéristiques de la biomasse assurant le traitement (nommé par des paramètres). Le modèle ASM1 fait appel à différentes notions que nous allons essayer de décrire.



**Figure (4-3) : Un schéma d'une STEP dans GPS-X.**

#### **4-2. Présentation du modèle ASM1 :**

Un système à boues activées comporte des phénomènes tels que l'oxydation du carbone, la nitrification et la dénitrification. La simulation de son comportement fait appel à de nombreuses réactions entre un grand nombre de composants. Pour être mathématiquement exploitables, tout en fournissant des prévisions réalistes, les réactions doivent représenter les processus fondamentaux du système.

En outre, le modèle doit prendre en compte la cinétique (vitesse de réaction) et la stœchiométrie (rapport qu'un composant a sur les autres dans une réaction chimique) de chaque processus. Les principales tâches conceptuelles dans le développement du modèle mathématique sont l'identification des réactions, le choix de leurs expressions cinétiques et stœchiométriques appropriées. Associant une description simple des phénomènes biologiques et une représentation conforme de la réalité, elles expriment les vitesses de dégradation des substrats carbonés et azotés en fonction de l'état de pollution (nommé par des variables) et des caractéristiques de la biomasse assurant le traitement (nommé par des paramètres).

Le modèle ASM1 fait appel à différentes notions que nous allons essayer de décrire.



### 4-3. Unité utilisée :

Une question qui a jeté la confusion et qui dans une certaine mesure a empêché le développement de la théorie des boues activées est le **choix du paramètre permettant d'évaluer le mieux la matière organique dans l'eau usée**. Trois mesures reconnues sont largement répandues : la Demande Biochimique en Oxygène (DBO), le Carbone Organique Total (COT), et la Demande Chimique en Oxygène (DCO). De ces dernières, la DCO est assurément la meilleure mesure. En effet, elle seule fournit un lien entre les équivalents électrons dans le substrat organique, la biomasse et l'oxygène utilisé. En outre, le bilan massique peut être fait en termes de DCO. Ainsi, les concentrations de toutes les formes organiques, y compris la biomasse, sont dans des unités de DCO dans le modèle.

### 4-4. Variables :

Tout en restant conforme aux nomenclatures utilisées dans les précédents modèles, ASM1 utilise toutefois un vocabulaire particulier. Les constituants insolubles (ou particuliers) portent le symbole **X**, les constituants solubles portent le symbole **S**, la biomasse est représentée par **b**, le substrat par **s** et l'oxygène par **O**.

La matière organique dans les eaux résiduaires peut être subdivisée en un certain nombre de catégories.

- **La matière organique non-biodégradable** : est biologiquement inerte (ou réfractaire) et traverse le système à boues activées sans modification de concentration. Selon l'état physique, deux formes peuvent être identifiées ;
- **La matière organique soluble inerte (Si)** qui quitte le système avec la même concentration qu'à l'entrée ;
- **La matière organique particulaire inerte (Xi)** qui se retrouve dans les boues pour être évacuée lors de leur extraction ;
- **La matière organique biodégradable** peut également être divisée en deux fractions selon la rapidité d'utilisation par les bactéries ;
- **La fraction rapidement biodégradable (Ss)** qui est considérée comme des molécules à structure simple qui peuvent être utilisées directement par les bactéries hétérotrophes et participent à la croissance de la biomasse. Pour la modélisation elle est traitée comme si elle était soluble ;

- **La fraction lentement biodégradable (Xs)** qui est constituée de molécules complexes, qui doivent être transformées en substrat rapidement biodégradable avant d'être utilisées. Elle est traitée comme si elle était particulaire ;

- **Les biomasses hétérotrophes (Xbh) et autotrophes (Xba)** peuvent être présentes dans l'eau usée, ayant de ce fait un effet important sur l'exécution des réactions dans le système.

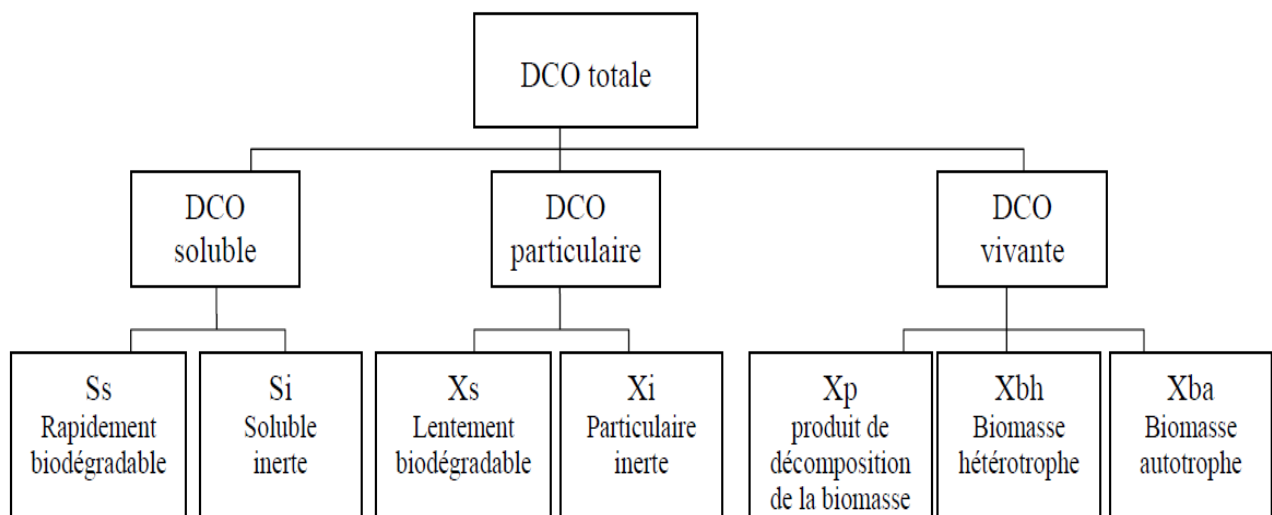
Cependant, la prédominance et l'intensité de cet effet sont toujours inconnues et ceci n'a pas été considéré par le groupe de travail dans le développement du modèle.

Cette biomasse est perdue par décomposition et devient à son tour une fraction de substrat lentement biodégradable (Xp).

La matière organique est ainsi fractionnée en différentes parties dont les définitions se distinguent selon leur rôle dans la croissance de la biomasse. Elles interviennent dans le modèle sous forme de **variables** et caractérisent l'état de pollution de l'effluent brut, de la boue des bassins et de l'effluent traité.

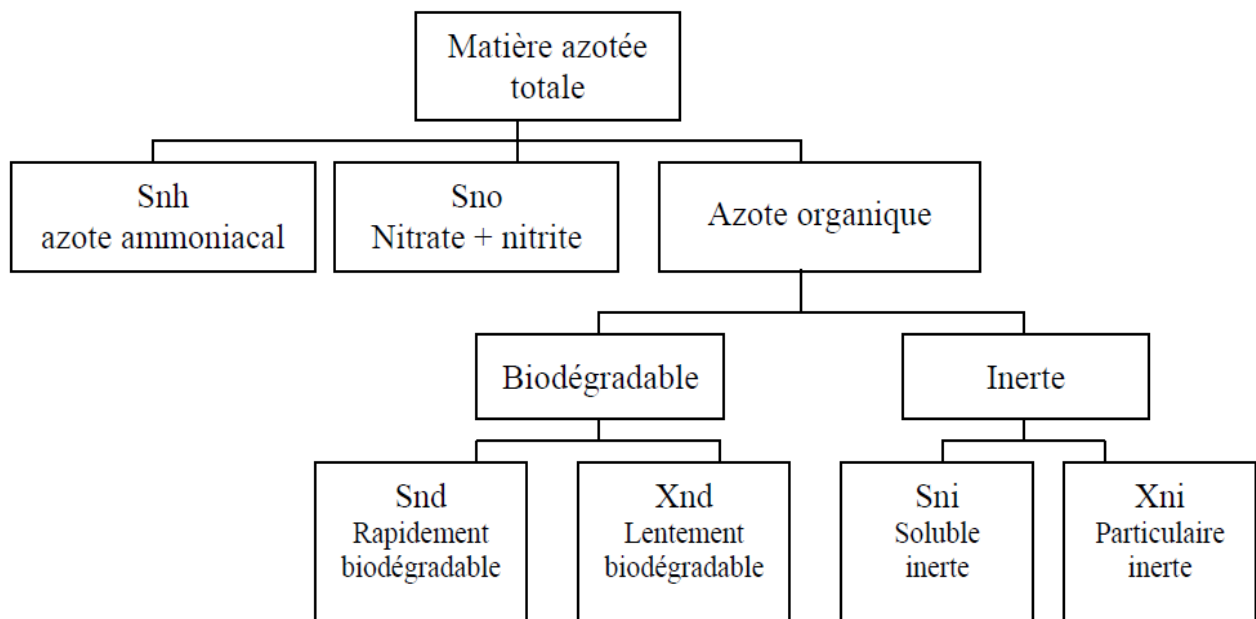
Ce qui s'illustre pour la DCO totale sous trois formes : la forme substrat, la forme inerte et la biomasse vivante (hétérotrophe et autotrophe).

Ces trois formes se subdivisent à leur tour et nous pouvons distinguer sept fractions dont la hiérarchie est présentée dans l'organigramme ci-dessous :



**Figure (4-4) : Fractionnement de la DCO.**

Pour l'azote, nous retrouvons la même démarche de fractionnement. Il consiste à déterminer les fractions minérales (**Snh** : azote ammoniacal et **Sno** : nitrates), organique biodégradable (soluble : **Snd** et particulaire : **Xnd**) et réfractaires au traitement (soluble : **Sni** et particulaire **Xni**).



**Figure (4-5) : Fractionnement de l'azote.**

L'effluent est ainsi caractérisé par un ensemble des variables : Le pH et la quantité d'oxygène dissous permettent de compléter cette description.

#### 4-5. Processus du modèle :

Fondamentalement, quatre processus sont considérés :

- La croissance de la biomasse.
- La décomposition de la biomasse.
- L'ammonification de l'azote organique.
- Et l'hydrolyse des produits organiques particuliers qui sont immobilisés dans le biofloc.

Au préalable, pour faciliter la modélisation, la matière rapidement biodégradable ( $S_s$ ) est considérée comme le seul substrat pour la croissance de la biomasse hétérotrophe. La matière lentement biodégradable ( $X_s$ ) est éliminée de la suspension instantanément par occlusion dans le biofloc.

Ensuite, les réactions la convertissent en substrat rapidement biodégradable. Ces réactions s'appellent simplement les "hydrolyses" dans le modèle, bien qu'en réalité elles soient susceptibles d'être beaucoup plus complexes.

Concernant la croissance de la biomasse, trois étages sont distingués :

- La croissance aérobie de la biomasse hétérotrophe qui se réalise aux dépens du substrat rapidement biodégradable et de la présence en oxygène.
- La croissance anoxique de la biomasse hétérotrophe qui se réalise aux dépens du substrat rapidement biodégradable et de la présence en nitrate.
- La croissance aérobie de la biomasse autotrophe qui se réalise aux dépens du substrat azote ammoniacal et de la présence en oxygène.

Pour la décroissance de la biomasse le concept pris en compte est celui de la mort régénération de Dold et al. (1980). Elle a comme conséquence la transformation de la biomasse active en produits particuliers inertes ( $X_p$ ) et en substrat lentement biodégradable qui se réinscrit dans le cycle de l'hydrolyse, de la croissance, etc.

Le modèle considère ces réactions comme étant indépendantes des conditions environnementales.

#### **4-6. Les paramètres stœchiométriques et cinétiques :**

Les réactions qui régissent le devenir des différentes variables constitutives de l'effluent mettent en œuvre des paramètres stœchiométriques et cinétiques. Selon les processus, nous retrouvons des paramètres stœchiométriques qui illustrent le rendement des bactéries hétérotrophes et autotrophes, la fraction de biomasse qui se transforme en produit particulaire, la proportion d'azote contenu dans la biomasse et dans les produits de sa décomposition. De même, les paramètres cinétiques illustrent la croissance et le décès des bactéries, l'ammonification, l'hydrolyse, et les facteurs de correction en condition anoxique de la croissance hétérotrophe et de l'hydrolyse. Au total nous avons à notre disposition 05 paramètres stœchiométriques et 14 paramètres cinétiques.

#### 4-7. Matrice de calcul et outil de simulation dynamique :

Les premiers modèles décrivaient des systèmes complexes et il était souvent difficile de repérer toutes les interactions des composants du système. Pour surmonter cette difficulté tout en donnant une quantité d'information maximum, le groupe de travail a préconisé un format de matrice, basé sur le travail de Peterson (1965).

La matrice associée au modèle ASM1 est présentée en annexe n°1.

Cette matrice se compose d'un tableau à trois entrées :

- La première entrée est constituée par la première colonne qui énumère les processus utilisés dans le modèle.
- La deuxième entrée se fait par la première ligne qui représente les variables caractéristiques de l'effluent. Nous pouvons remarquer que les fractions ( $S_i$ ) et ( $X_i$ ) ne sont concernés par aucune équation, cependant elles figurent dans la matrice car leur présence est importante. La fraction ( $S_i$ ) contribue à la quantité de DCO en sortie de station et la fraction ( $X_i$ ) constitue les Matières Volatiles en Suspension dures (MVS dures). Les autres colonnes de la matrice font intervenir les autres variables qui elles, participent à diverses équations. La dernière colonne représente l'alcalinité du milieu. Ce composant n'est pas essentiel pour le modèle mais il permet d'avoir des informations lors de son évolution quant à la capacité de nitrification. Un pH bas ( $\text{pH} < 7$ ) diminue le taux de nitrification et peut causer d'autres problèmes comme la défloculation ou le gonflement des boues (bulking).
- La troisième entrée est matérialisée dans la dernière colonne par l'ensemble des équations cinétiques mettant en relation les processus et les variables.

Les "cases intérieures" de la matrice sont complétées par les différents paramètres stœchiométriques.

Cette matrice permet de mettre en jeu toutes les relations ayant lieu dans les processus biologiques dont le modèle le plus simple consiste à considérer trois composants : la biomasse, le substrat et l'oxygène dissous [IWA TASKGROUP, 2000]. Les équations de Monod et Herbert sont utilisées.

L'équation de Monod, indique que la croissance de la biomasse est proportionnelle à la concentration de biomasse dans une relation de premier ordre et à la concentration en substrat par une relation d'ordre mixte. L'expression d'Herbert, précise que la décomposition de biomasse est de premier ordre par rapport à la concentration de biomasse.

La lecture de la matrice peut s'illustrer avec les vitesses de réactions concernant la fraction rapidement biodégradable (S<sub>s</sub>). Elle est éliminée par la croissance des bactéries hétérotrophes dans des conditions aérobie et anoxie et elle est formée par hydrolyse des particules de matière organique immobilisées dans le floc biologique.

Depuis une vingtaine d'années, l'utilisation du modèle ASM1 est fréquente dans le domaine du traitement des eaux usées. Sa capacité à prendre en compte les interactions entre les différentes réactions biologiques a été mise en œuvre au travers de scénarios numériques en régime permanent (charge de pollution en entrée constante) ou dynamique (charge en entrée de pollution variable en fonction du temps). Le système d'équations caractérisant les phénomènes de croissance, de décès, d'hydrolyse et d'ammonification est constitué d'équations différentielles du premier ordre par rapport au temps. Résolues à différents instants, ces équations permettent d'étudier les phénomènes en régime dynamique.

### **Conclusion :**

Des modèles de plus en plus complexes se sont développés au cours des années. Cela débuta par l'ASM1 comprenant les procédés d'élimination de l'azote, suivi de l'ASM2 comprenant des procédés biologiques d'élimination du phosphore, supplanté par l'ASM2d comprenant la dénitrification par les organismes accumulant du phosphore. Enfin, en 1998 le nouveau modèle ASM3 a été développé.

Le langage commun, l'effet de groupe et les orientations de la recherche sont les principaux avantages de cette famille de modèles.

Le modèle ASM1 est le mieux adapté pour réaliser notre étude. Pour modéliser en juste proportion un système à boues activées effectuant l'oxydation du carbone, la nitrification, et la dénitrification, 13 variables sont considérées comme le minimum exigé. Associées aux quatre processus fondamentaux (croissance, décès, ammonification et hydrolyse), des équations cinétiques sont proposées pour mettre en jeu toutes les relations biologiques du système au travers d'une matrice de calcul. De plus, le modèle présente une méthode pour évaluer l'ensemble des variables et paramètres nécessaires à la résolution des équations proposées.

Enfin, ce modèle permet à la fois de simuler des états de régime permanent mais aussi des situations de régimes dynamiques permettant de mieux appréhender les variations reçues par une station dans un temps donné.

# **Chapitre V**

**Simulation  
et étude des performance épuratoire de la**

**INTRODUCTION :**

Dans le but de respecter les dispositions de la loi de l'eau, de mieux gérer les investissements publics, assurer une épuration des eaux usées, et afin d'aider les opérateurs à mieux gérer et opérer les stations d'épuration des eaux usées (STEP) l'outil informatique de modélisation est devenu indispensable. Ce dernier est nécessaire pour la connaissance des mécanismes épuratoires de la STEP.

Dans la suite de ce chapitre on réalise des simulations biologiques et hydrauliques des différents processus de la STEP de GUELMA afin d'obtenir une solution optimale du point de vue performances épuratoires et offrir des éléments indispensables pour permettre aux responsables de l'ONA de mieux fonder scientifiquement et techniquement leur gestion des stations d'épuration.

Les procédures détaillées de modélisation de la STEP qui comprend les parties suivantes :

- Caractérisation de la STEP.
- Choix du modèle et son calage.
- Simulation de la STEP.

**5-1. Caractéristiques de l'effluent d'entrée :**

Avant d'entamer l'étape de simulation de la filière d'épuration nous avons étudié les données du bilan de 04 mois effectué en 2017 par l'Office National d'Assainissement (ONA) effectué durant notre stage pratique à la station d'épuration de Guelma.

Les valeurs d'entrée et les ratios des paramètres sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Paramètres	Valeurs d'entrée			
	Janvier	Février	Mars	Avril
Débit [m <sup>3</sup> /j]	17830	18100	18245	17979
DCO [mg/l]	390	390	320	290,24
MES [mg/l]	260	312	245	227,14
DBO <sub>5</sub> [mg/l]	274,5	190	160	162,44

**Tableau (5-1) : Les caractéristiques de l'effluent d'entrée (ONA 2017).**



Année	Mois	VSS/TSS ratio	Particule COD [mg/l]	Particule COD/VSS ratio
2017	Janvier	0.75	335,8	1.55
	Février	0.75	251,6	1.55
	Mars	0.75	353,9	1.55
	Avril	0.75	216,7	1.55

**Tableau (5-2) : Ratios des charges polluantes des eaux usées à l'entrée de la station de Guelma.**

Le rapport des matières volatiles en suspension et les matières en suspension d'un effluent d'origine principalement domestique dans un réseau unitaire, a été estimé par Sadowski (2002) à  $VSS/TSS = 75 \%$ .

#### 5-1-1. Calcul des ratios :

- a)  $VSS/TSS \text{ ratio} = MVS/MES = 0.75$ .
- b)  $\text{Particule DCO} = \text{Tot DCO} - \text{Soluble DCO}$ .  
  
 $\implies \text{Soluble DCO} = \text{MES} - \text{MVS}$ .
- c)  $\text{Particule DCO/VSS ratio} = \text{Par DCO/MVS} = 1.55$ .

#### 5-2. La Simulation du fonctionnement de la STEP :

La simulation consiste à faire des expérimentations virtuelles sur le mode de fonctionnement de la STEP, à l'aide du logiciel GPS-X et un ou plusieurs modèles d'équations pour obtenir le fonctionnement optimal de la STEP.

Les objectifs de ces simulations sont l'enrichissement des connaissances et une meilleure compréhension du système à boue activée de la STEP. Ceci est effectué en testant différents scénarii afin d'anticiper et de prévoir les variations qui peuvent être engendrées, et enfin d'optimiser le fonctionnement de ce procédé.

Afin de simuler le fonctionnement de la STEP, la modélisation doit passer par les étapes suivantes :

- La configuration de la STEP.
- Conception et simulations de différents scénarii.

### 5-2-1. Configuration de la STEP :

Pour modéliser le fonctionnement d'une station d'épuration, il est impératif de disposer des données spécifiques et fiables : description physique de la filière (dimensions des ouvrages, débits des pompes, caractéristiques de l'aération,,,,), descriptif du fonctionnement (déclenchement de l'alimentation l'aération, l'extraction de boue), mesures de la quantité et de la qualité des eaux à traiter. La figure suivante présente une description schématique de la STEP :

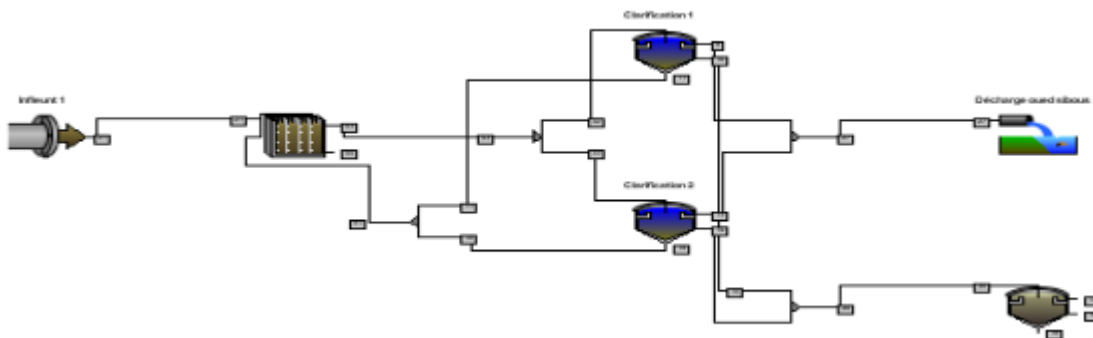


Figure (5-1) : Schéma STEP Guelma par GPS-X.

### 5-2-2. Choix et calage du modèle :

Pour notre modélisation le modèle choisi est l'ASM1. Toute modélisation doit passer par les phases de paramétrage et de vérification du modèle comme le montre la figure suivante :

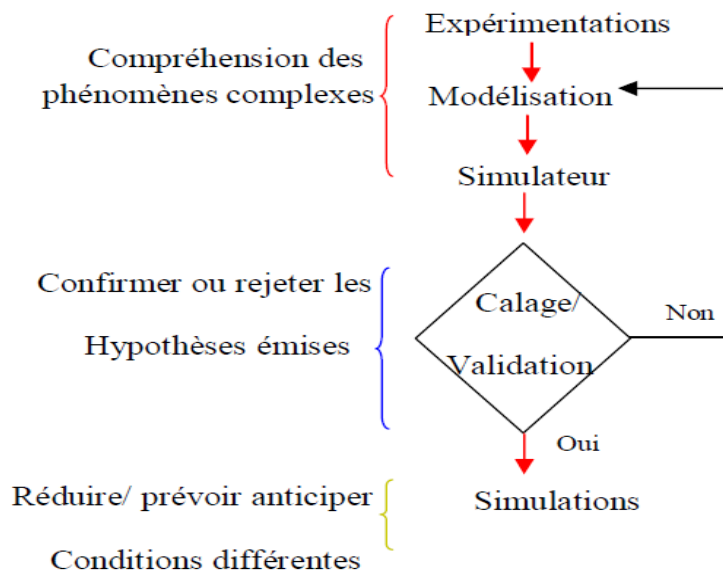


Figure (5-2) : Etapes de calage et validation

Le calage d'un modèle consiste à ajuster ses paramètres dans le but de simuler le plus fidèlement possible le système réel. Le modèle englobe un grand nombre de paramètres, et il serait fastidieux de modifier chaque paramètre individuellement afin de caler les valeurs simulées sur les valeurs mesurées. De plus, certains paramètres sont liés, leur influence sur une cinétique réactionnelle est directement proportionnelle et il faut considérer la combinaison de paramètres qu'ils constituent.

Il est donc nécessaire de définir une méthode précise de calibration du modèle, afin notamment de réduire le nombre de paramètres à modifier et de déterminer les séquences de valeurs mesurées qui serviront au calage des paramètres.

La calibration d'un modèle peut se faire de façon visuelle ou de façon mathématique, par un algorithme de simulation. Etant donné la complexité du modèle ASM1 et le manque des données détaillées que nécessite le calage automatique, il n'est pas possible de réaliser directement une simulation mathématique pour des problèmes d'identification pratique des paramètres. Nous avons donc opté pour le calage visuel et manuel des paramètres sur les mesures expérimentales.

#### a) Le choix du débit de recirculation et extraction :

##### ➤ Recirculation :

Le débit des boues recyclées vers le réacteur ( $14800 \text{ m}^3$ ) est  $1040 \text{ m}^3/\text{h}$ . J'ai choisi pour la simulation un débit de recirculation pour chaque mois qui permet de maintenir les concentrations dans la sortie du clarificateur proches des valeurs mesurées.

Le tableau suivant représente les débits de recirculation de chaque mois :

Année	Mois	Le débit de recirculation [ $\text{m}^3/\text{j}$ ]
2017	Janvier	26745
	Février	26111
	Mars	27893
	Avril	26968,5

Tableau (5-3) : Débits de recirculation de chaque mois.

➤ **Extraction des boues :**

Le tableau suivant représente les débits d'extraction de chaque mois :

Année	Mois	Le débit d'extraction [m <sup>3</sup> /j]
2017	Janvier	452
	Février	330
	Mars	345
	Avril	410

**Tableau (5-4) : Débits d'extraction de chaque mois.**

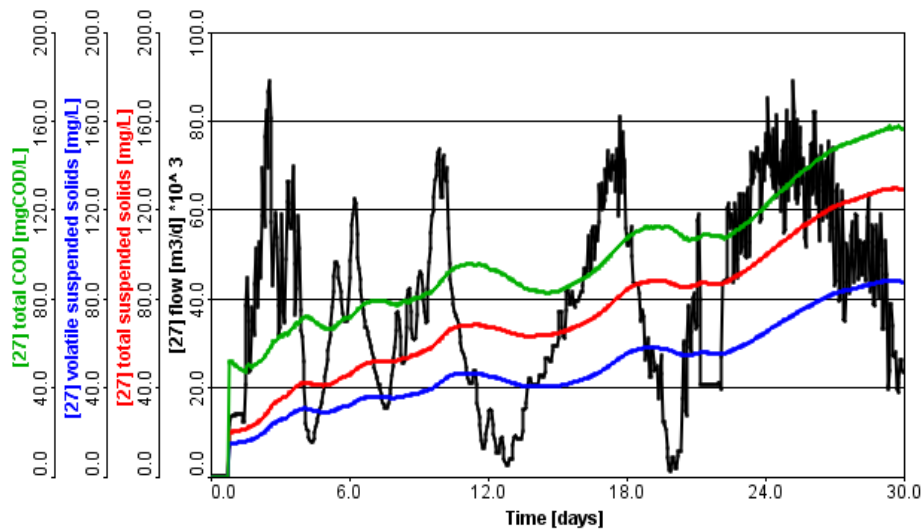
Le tableau suivant représente une comparaison entre les valeurs moyennes observées avec ceux simulées et le tableau suivant illustre les paramètres de calage du modèle propre à la STEP.

Mois	Paramètres	Bilan STEP (2017)	Simulation GPS-X
		Valeurs observées	Valeurs calculées
Janvier	DCO [mg/l]	76,2	85
	MES [mg/l]	15,2	25
	DBO5 [mg/l]	61	40
Février	DCO [mg/l]	68	59
	MES [mg/l]	12	24
	DBO5 [mg/l]	19,35	32,4
Mars	DCO [mg/l]	68,80	95
	MES [mg/l]	21,20	9,38
	DBO5 [mg/l]	68,80	50
Avril	DCO [mg/l]	41,75	37,7
	MES [mg/l]	19,20	29,8
	DBO5 [mg/l]	32	54,3

**Tableau (5-5) : Comparaison entre les valeurs moyennes observées avec ceux simulées (Bilan 2017).**

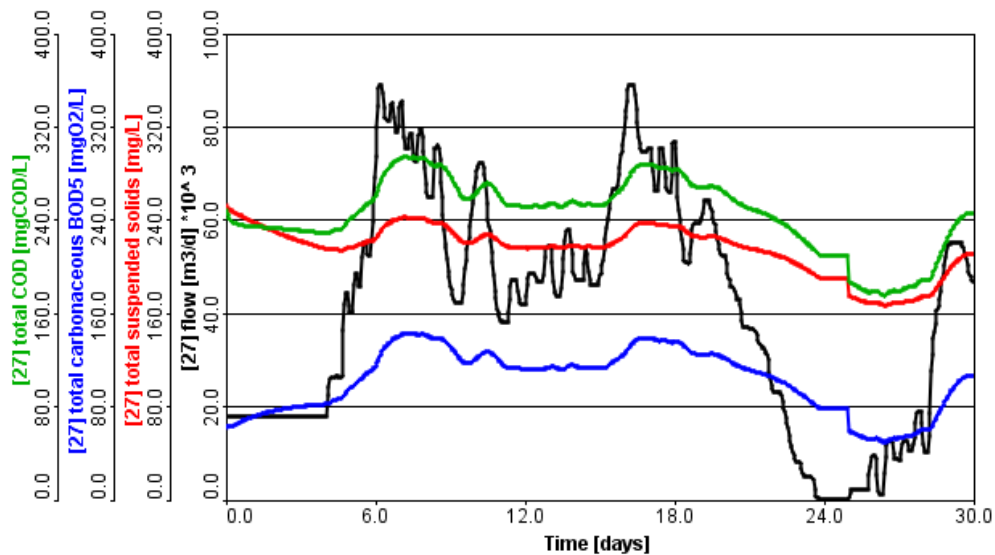
Les résultats sont affichés sous forme d'un fichier Excel, contenant des courbes représentatives des différents paramètres (débits m<sup>3</sup> /j, MES, DBO5 et DCO en mg/l).

**Influent Tot MES, Tot DCO, Tot DBO5**



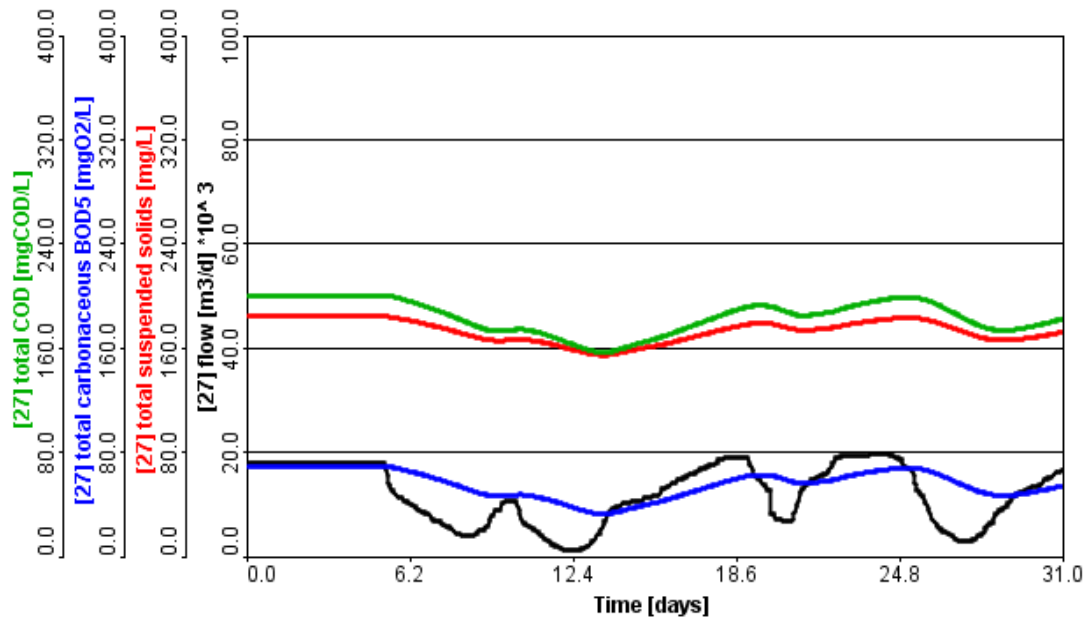
**Courbe (5-1) : courbe affichée par le logiciel pour le mois de janvier 2017**

**Influent Tot MES, Tot DCO, Tot DBO5**



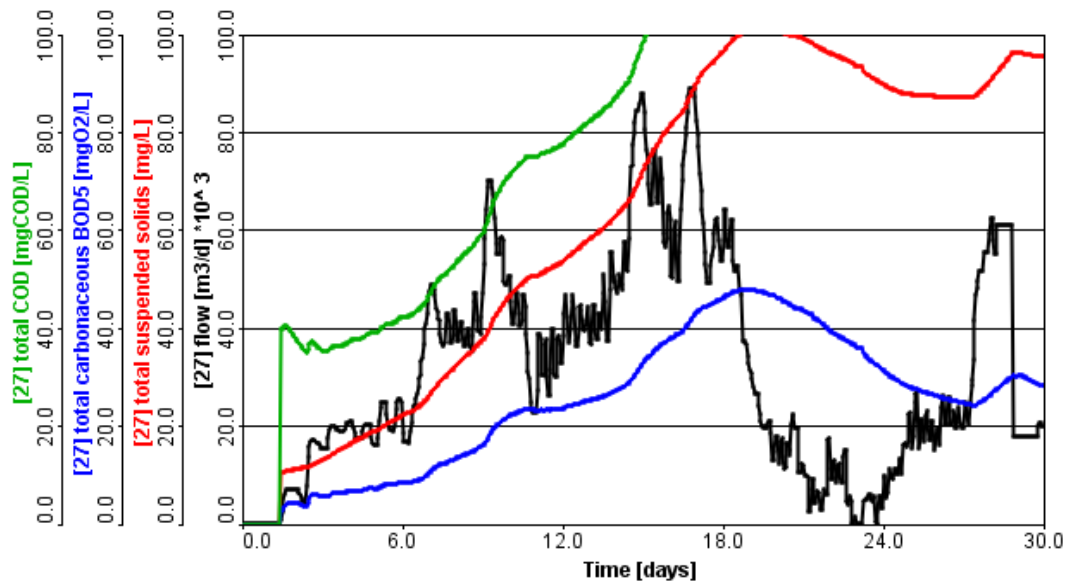
**Courbe (5-2) : courbe affichée par le logiciel pour le mois de Février 2017**

Influent Tot MES, Tot DCO, Tot DBO5



Courbe (5-3) : courbe affichée par le logiciel pour le mois de Mars 2017

Influent Tot MES, Tot DCO, Tot DBO5



Courbe (5-4) : courbe affichée par le logiciel pour le mois d'Avril 2017

### 5-2-3. Comparaison des Résultats et interprétations des analyses :

Afin d'aborder la question des possibilités d'obtenir le fonctionnement optimal de la STEP à partir du logiciel GPS-X, nous devons d'abord s'assurer du rendement épuratoire de la STEP par boue activée.

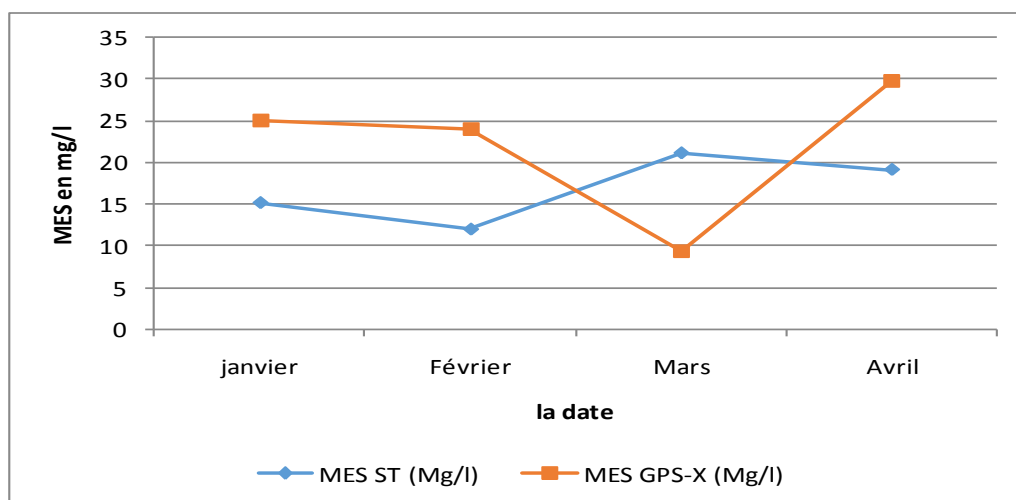
Pour atteindre notre objectif, on a passé 01 mois de stage pratique au sein de la station d'épuration (19 Février-19 Mars) il fallait l'accord de l'office national d'assainissement (ONA), et notre département d'hydraulique.

Durant notre stage on a suivi presque quotidiennement la qualité de l'eau à travers l'ouvrage de sortie qui est le clarificateur en suivant les paramètres disponibles à la STEP. Par la suite on a procédé au calage entre les valeurs observées (Bilan 2017 : Janvier, Février, Mars, Avril) et les valeurs calculées à partir de GPS-X

#### a) Comparaison des résultats de (MES) :

La courbe suivante montre la concentration de MES à la sortie du clarificateur obtenu par les analyses et les valeurs simulées par GPS-X dans la période de Janvier à Avril 2017.

MOIS	Janvier	Février	Mars	Avril
MES ST (mg/l)	15,2	12	21,2	19,2
MES GPS-X (mg/l)	25	24	9,38	29,8



Courbe (5-5) : Comparaison des résultats de (MES).

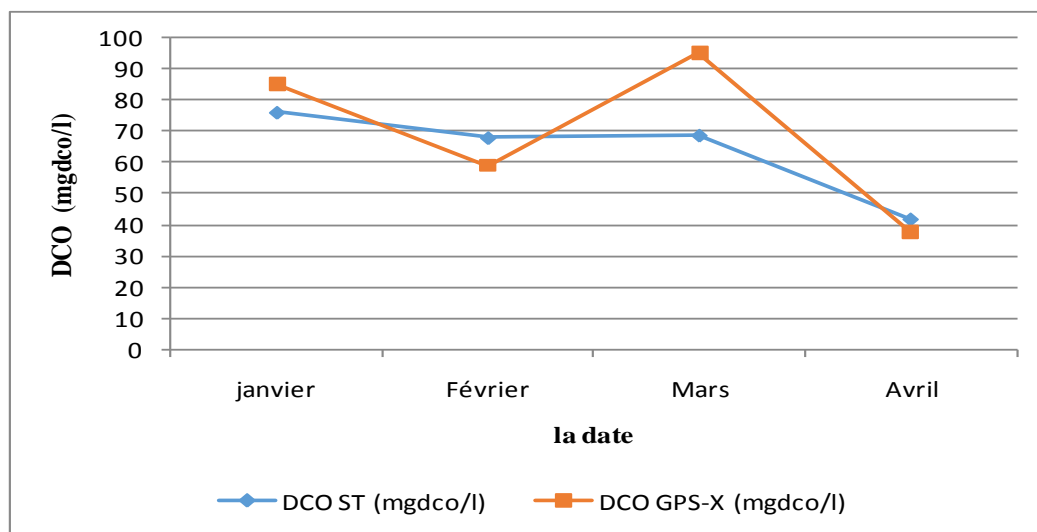
**Interprétation :** On remarque :

Les concentrations en MES à la sortie de la STEP obtenu par les analyses varient de 12 à 21,2 mg/l alors que les concentrations en MES simulées par GPS-X varient de 15,2 à 29,8mg/l, ces résultats répondent à la norme de rejet qui fixe les MES à 30 mg/l.

**b) Comparaison des résultats de (DCO) :**

La courbe suivante montre la concentration de DCO à la sortie du clarificateur obtenu par les analyses et les valeurs simulées par GPS-X.

MOIS	Janvier	Février	Mars	Avril
DCO ST (mg dco/l)	76,2	68	68,8	41,75
DCO GPS-X (mg dco/l)	85	59	95	37,7



**Courbe (5-6) : Comparaison des résultats de (DCO).**

**Interprétation :**

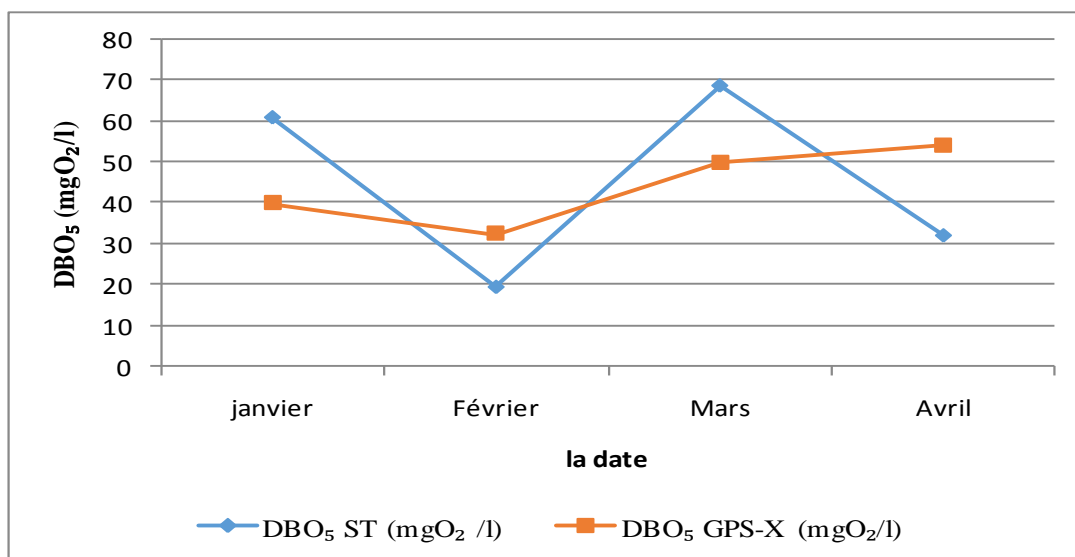
Les concentrations de DCO en sortie obtenu par les analyses varient de 41,75 à 76,2 mg/l alors que les concentrations en DCO simulées par GPS-X varient de 37,7 à 95 mg/l, ces résultats répondent à la norme de rejet qui est fixée à 90 mg/l.

**c) Comparaison des résultats de la (DBO<sub>5</sub>) :**



La courbe suivante montre la concentration de DBO<sub>5</sub> à la sortie du clarificateur obtenu par les analyses et les valeurs simulées par GPS-X.

MOIS	Janvier	Février	Mars	Avril
DBO <sub>5</sub> ST (mg O <sub>2</sub> /l)	61	19,35	68,8	32
DBO <sub>5</sub> GPS-X (mg O <sub>2</sub> /l)	40	32,4	50	54,3



**Courbe (5-7) : Comparaison des résultats de la(DBO<sub>5</sub>).**

**Interprétation :** On remarque :

Les concentrations de DBO<sub>5</sub> en sortie obtenu par les analyses varient de 19,35à 68,8 mg/l alors que les concentrations en DCO simulées par GPS-X varient de 32,4à 54,3mg/l, ces résultats répondent à la norme.

**5-3. Performance de la station d'épuration en fonction des critères analytiques des eaux usées durant 3 ans (2014, 2015, 2016) :**

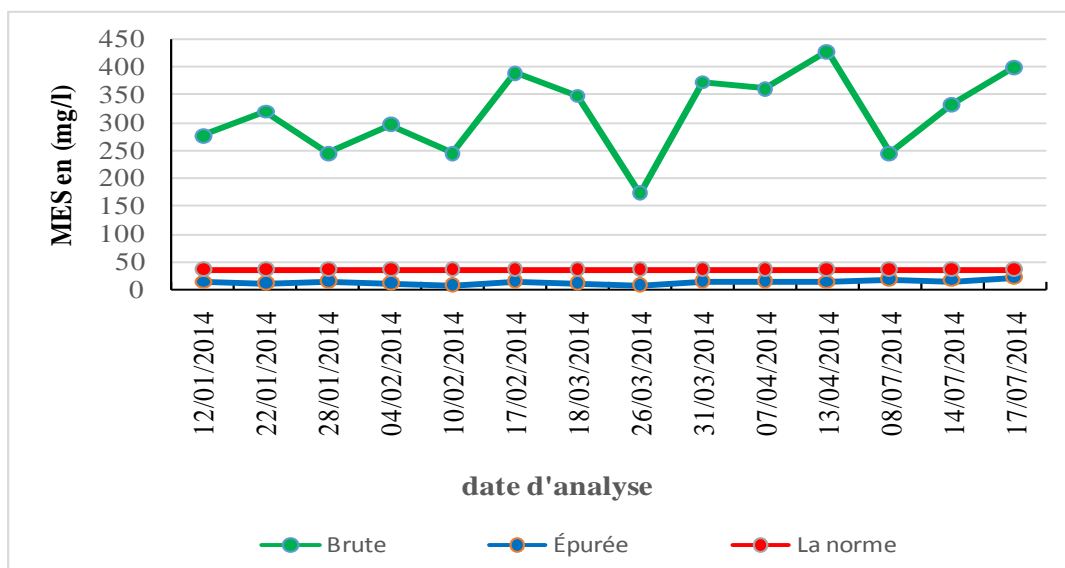
Dans cette partie nous étudierons la qualité de l'eau brute et épurée par la station d'épuration des eaux usées par boue activée de la ville de Guelma.

Afin de déterminer la qualité des eaux usées de la station d'épuration de Guelma, nous avons effectué les analyses de différents critères analytiques pollution qui sont.

**5-3-1. Matière en suspension (MES) :**

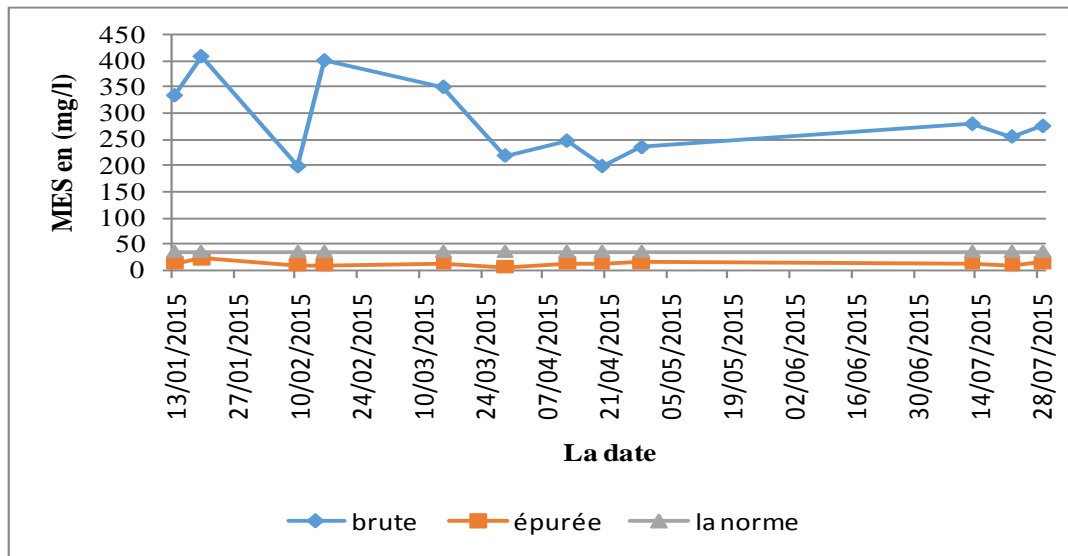
Les courbes suivantes représentent la variation de la matière en suspension de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

➤ **Durant l'année 2014 :**



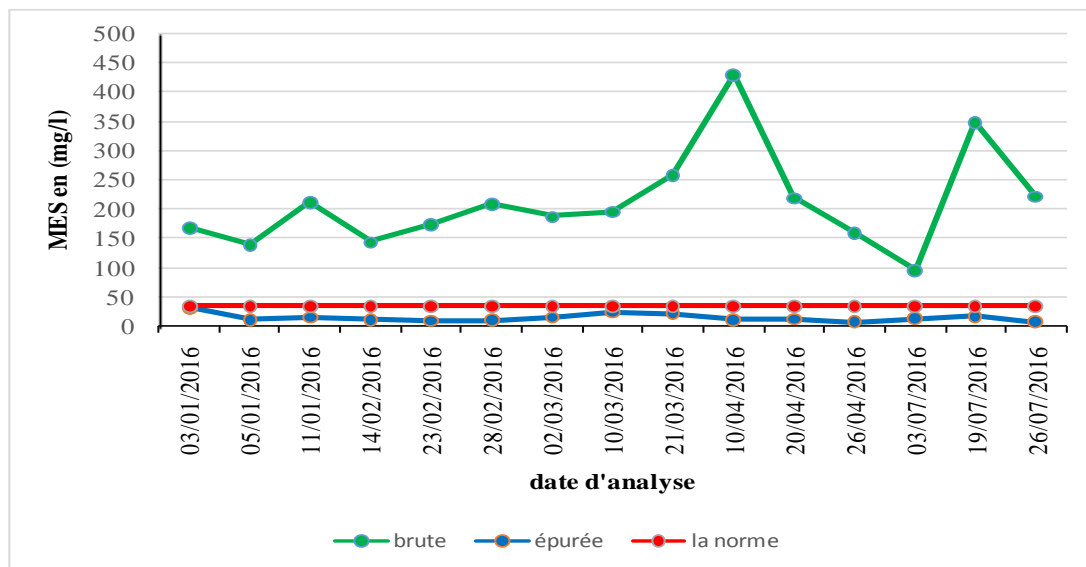
**Courbe (5-8) : Variation d'MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (du 12/01 au 17/07/2014).**

➤ Durant l'année 2015 :



Courbe (5-9) : Variation d'MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (du 13/01 au 17/07/2015).

➤ Durant l'année 2016 :



Courbe (5-10) : Variation d'MES à l'entrée et à la sortie de la STEP du (03/01/2016 au 26/07/2016).

**Interprétation :****➤ Pour l'année 2014 :**

La quantité de la matière en suspension à l'entrée varie entre 172 mg/l et 400 mg/l, avec une moyenne de 316,07 mg/l, et à la sortie, nous avons obtenu une valeur minimale de 6mg/l et une valeur maximale de 21mg/l, avec une moyenne de 16,5 mg/l cette valeur est inférieur à la norme du rejet de l'OMS appliqué en Algérie (35mg/l).

**➤ Pour l'année 2015 :**

Les valeurs de MES à l'entrée de la station varient entre 200mg/l et 408 mg/l, avec une moyenne de 284 mg/l, Cette variation est due à une instabilité de la qualité des eaux à l'entrée. A la sortie de la station, on enregistre une valeur de MES 6 à 15 mg/l avec une moyenne de 13,5 mg/l, cette valeur est conforme à la norme algérienne de rejet (35 mg/l). Alors, le rendement d'abattement de la MES excède les 60 %

**➤ Pour l'année 2016 :**

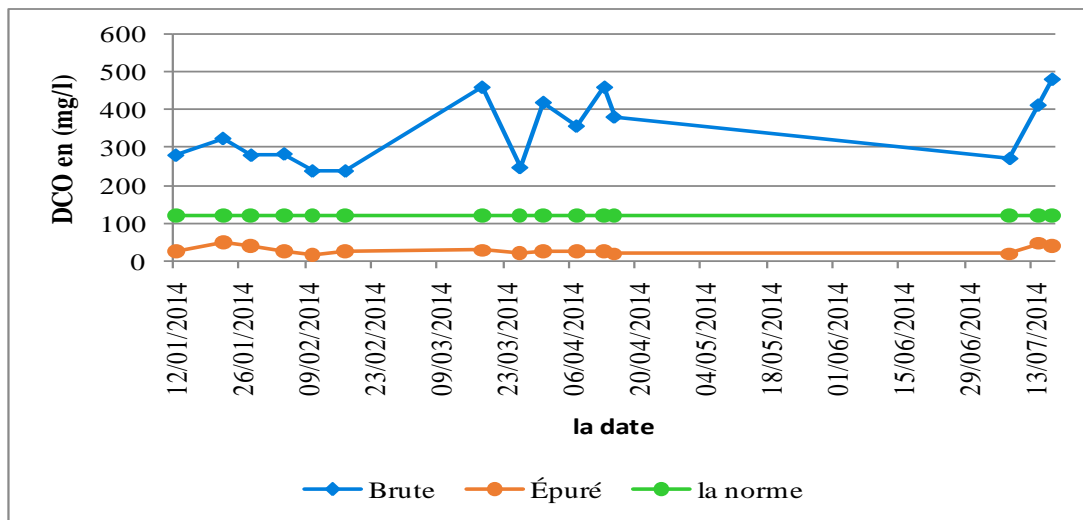
La courbe (5-10) montre que la variation de MES à l'entrée de la station d'épuration de Guelma, généralement elle est entre 96 et 430 mg/l avec une moyenne de 211,13 mg/l. Les valeurs de MES ainsi observées s'inscrivent bien dans la plage des valeurs généralement admise pour une eau usées urbaine à caractère domestique (la plage de la concentration de MES à l'entrée ne dépasse pas 600 mg/l pour les eaux usées domestiques).

À la sortie on remarque que les données ne dépassent pas les normes de rejet elles varient entre 8 et 32mg/l avec une moyenne de 20mg/l, et le rendement d'abattement de la MES excède les 75 %.

**5-3-2. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

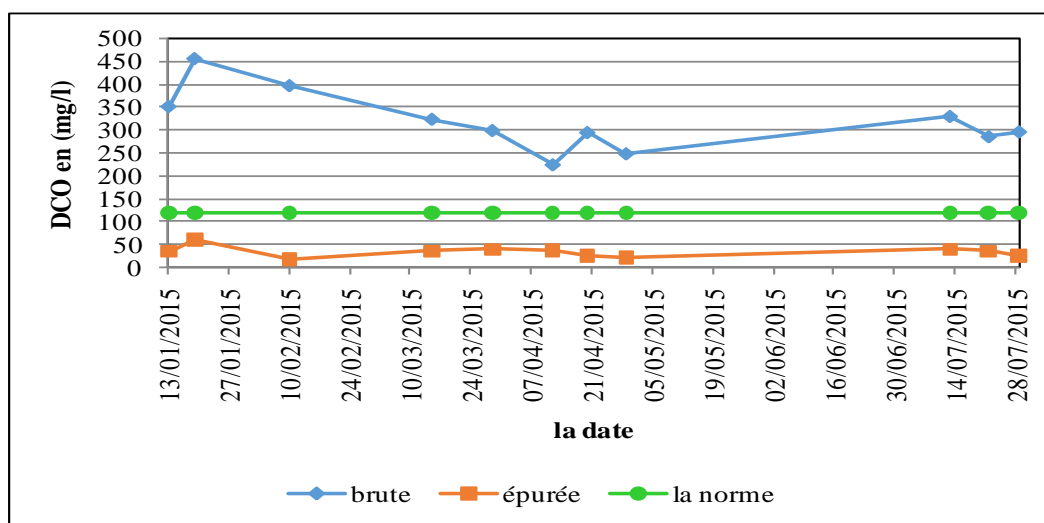
Les courbes suivantes représentent la variation de la concentration de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.

➤ **Durant l'année 2014 :**



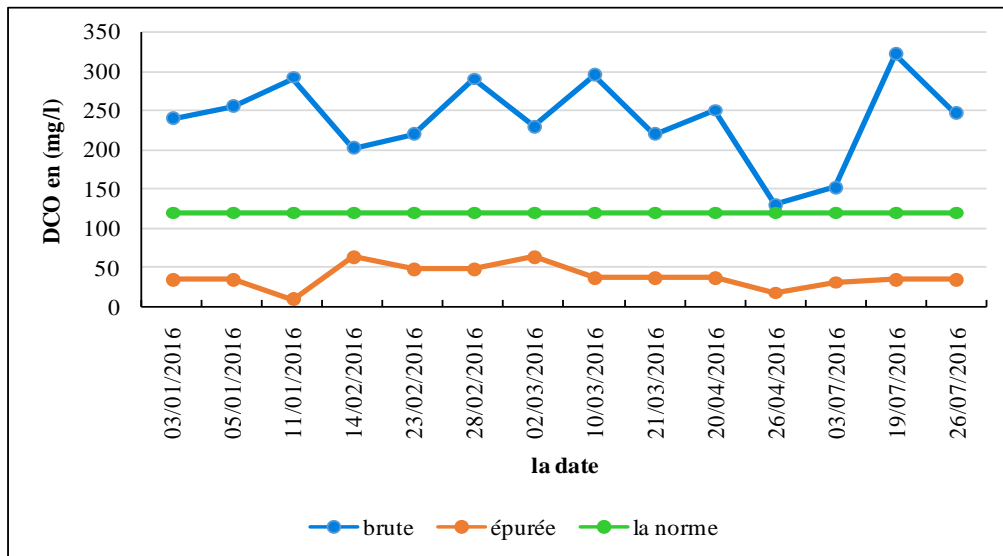
**Courbe (5-11) : Variation journalière de la concentration de la (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 12/01/2014 au 17/07/2014).**

➤ **Durant l'année 2015 :**



**Courbe (5-12) : Variation journalière de la concentration de la (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 13/01/2015 au 28/07/2015).**

➤ **Durant l'année 2016 :**



**Courbe (5-13) : Variation de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP (du 03/01 au 26/07/2016).**

**Interprétation :**

➤ **Pour l'année 2014 :**

Les valeurs de concentration de la DCO des eaux brutes de la STEP varient entre 481 mg/l et un 240,17 mg/l avec une moyenne de 343,36. En revanche, les valeurs des concentrations des eaux traitées varient entre un maximum de 51 mg/l et un minimum de 16 mg/l, avec une moyenne de 30,01 mg/l et un rendement d'abattement de DCO est environ 75%.

Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne de rejet (<120 mg/l), donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé car il y a une dégradation importante de la charge polluante.

➤ **Pour l'année 2015 :**

A la lumière des résultats obtenus dans la courbe (5-12), Les teneurs en DCO enregistrées au niveau des eaux brutes (entrée) de la station sont comprises entre le 223,38 et 457,6 mg/l, et pour les eaux épurées (sortie) sont variées entre 17,5 et 61,6 mg/l, avec une moyenne de 30,45 mg/l. Cette valeur est conforme à la norme algérienne de rejet (<120 mg/l), donc on peut dire

qu'une grande concentration a été éliminée par ce procédé car il y'a une dégradation importance de la charge polluante avec un rendement d'élimination de 72%.

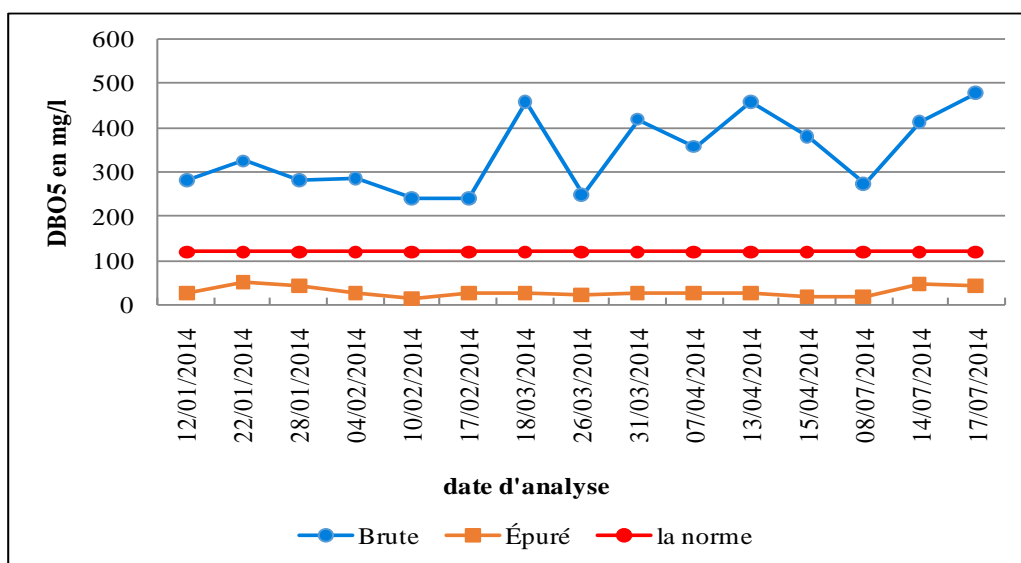
➤ **Pour l'année 2016 :**

On remarque que les valeurs de la DCO de l'eau brute est oscillent entre 130,12 et 322,2 mg/l avec une moyenne de 239,20 mg/l, toutes les valeurs sont dans la plage (inférieur à 1000mg/l). Concernant l'effluent traité, elles varient entre 10mg/ et 64mg/l avec une moyenne de 35,1mg/l, alors le rendement d'élimination des DCO avoisine les 84%.

**5-3-2. La Demande Biologique en Oxygène (DBO5) :**

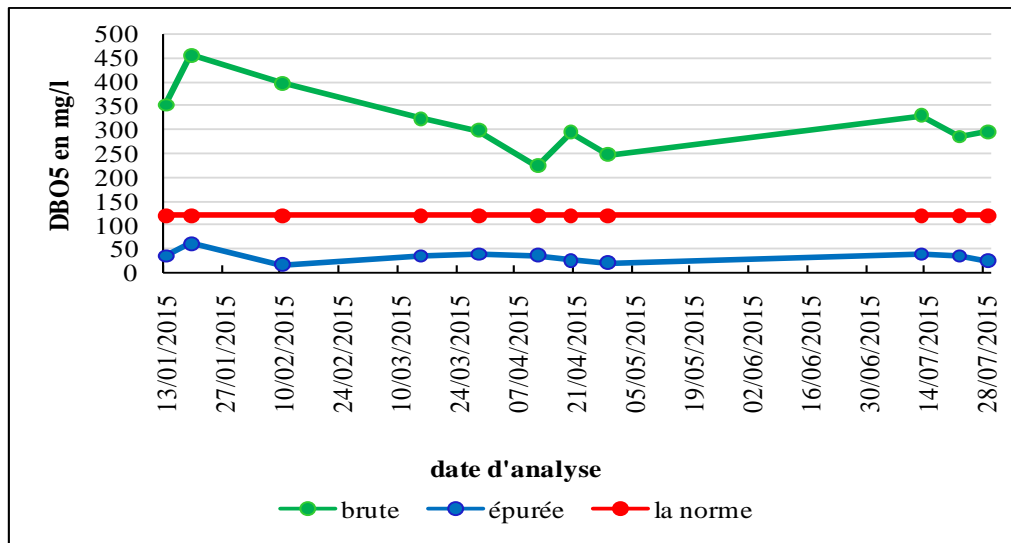
Les courbes suivantes donnent la variation de la concentration de la DBO5 dans les eaux brute set les eaux épurées.

➤ **Durant l'année 2014 :**



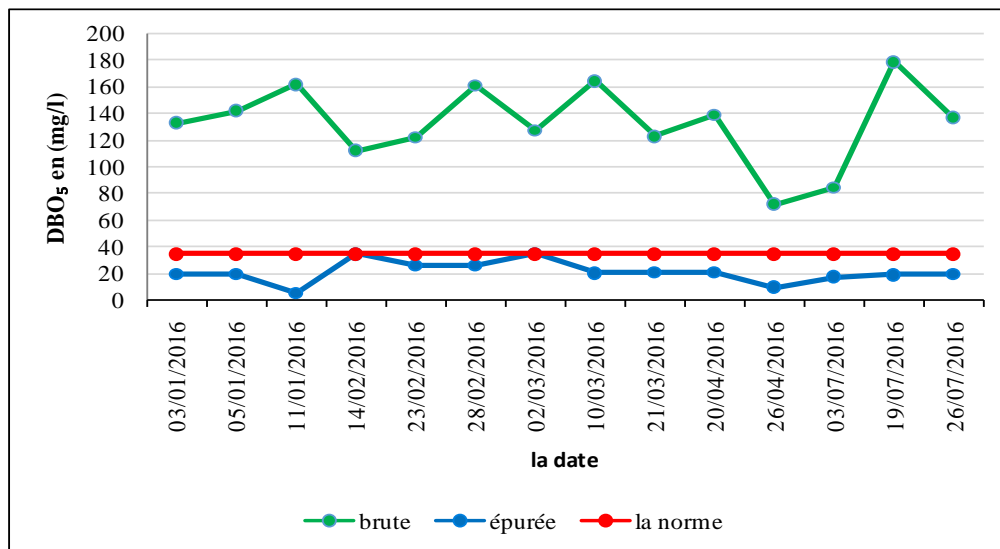
**Courbe (5-14) : Variation journalière de la (DBO5) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 12/01/2014 au 17/07/2014).**

➤ Durant l'année 2015 :



Courbe (5-15) : Variation journalière de la demande biologique en oxygène (DBO5) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 13/01/2015 au 29/07/2015).

➤ Durant l'année 2016 :



Courbe (5-16) : Variation journalière de la demande biologique en oxygène (DBO5) à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 03/01/2016 au 26/07/2016).



**Interprétation :****➤ Pour l'année 2014 :**

La courbe (5-14) représente la variation de la DBO<sub>5</sub> de l'eau brute et de l'eau épurée, notons que l'eau brute à l'entrée de la station présente une DBO<sub>5</sub> qui varie entre 133,44mg/l et 267,22 mg /l. Par contre, pour l'eau épurée, on remarque que la DBO<sub>5</sub> à la sortie 190,45 et 16,66mg/l ces valeurs est généralement toutes dans les normes de rejet (inférieur à 35 mg d'O<sub>2</sub>/l).

**➤ Pour l'année 2015 :**

Les concentrations de la DBO<sub>5</sub> à l'entrée varient entre 254,22 mg/L et 124,1 mg/L, (soit une moyenne de 177,12 mg/l), pour les eaux épurées, elles varient entre 9,72 et 22,22 mg/l avec une moyenne de 16,91 mg/l.

On remarque que Les valeurs de la DBO, sont généralement toutes dans les normes de rejet (Inférieures à 35 mg/l). Le rendement d'abattement de la DBO<sub>5</sub> excède les 96,37 %.

**➤ Pour l'année 2016 :**

La courbe (5-16) représente la variation de la DBO<sub>5</sub> de l'eau brute et de l'eau épurée, notons que l'eau brute à l'entrée de la station présente une DBO<sub>5</sub> qui varie entre 85et 179 mg/l.

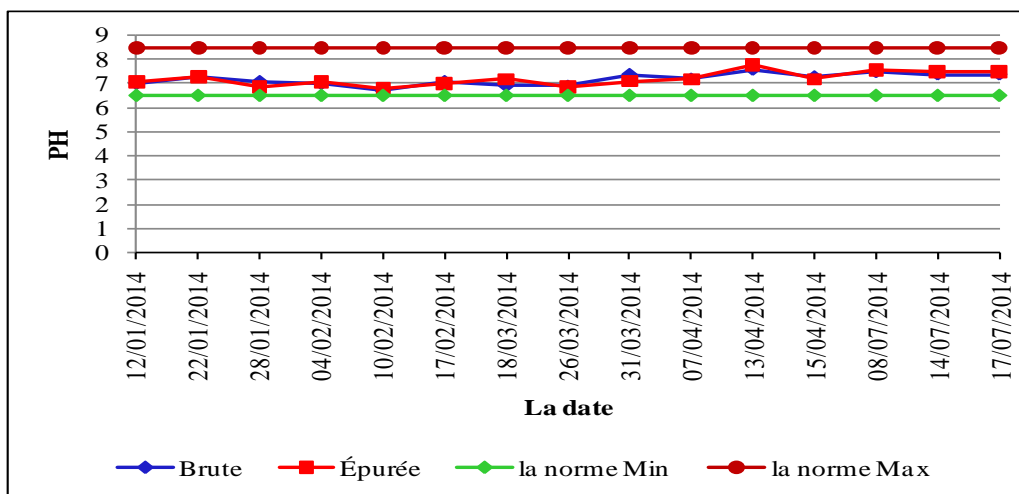
Toutes les valeurs de la DBO<sub>5</sub> sont dans la plage (inférieur à 500 mg/l). Par contre, pour l'eau épurée, la concentration varie entre 5,5 et 35,55 mg/l, avec une moyenne de 19,62 mg/l.

Le rendement d'élimination des DBO<sub>5</sub> avoisine les 84,52% ce qui affirme que le procédé testé influence sur ce paramètre.

**5-3-3. Le Potentiel d'hydrogène (pH) :**

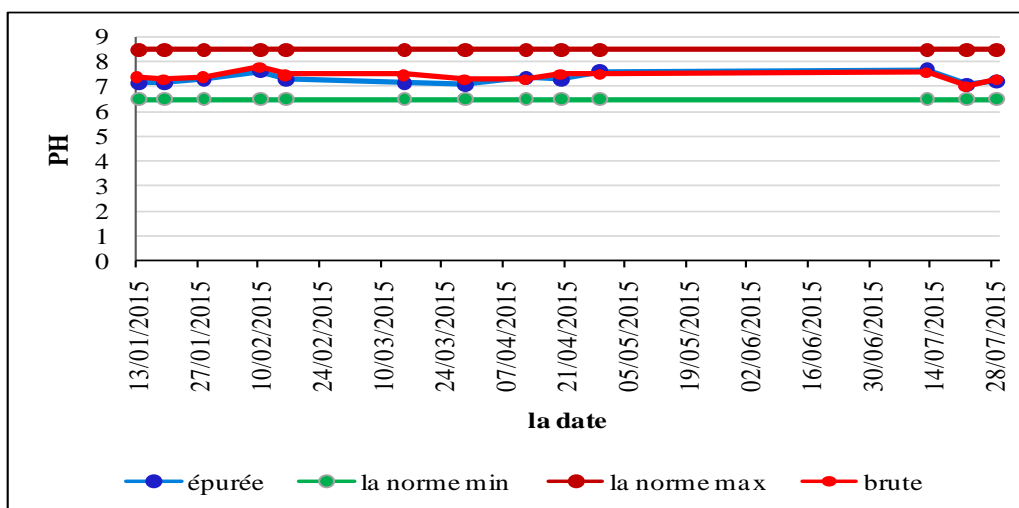
Les courbes suivantes représentent la variation du pH de l'eau brute et de l'eau épurée.

➤ **Durant l'année 2014 :**



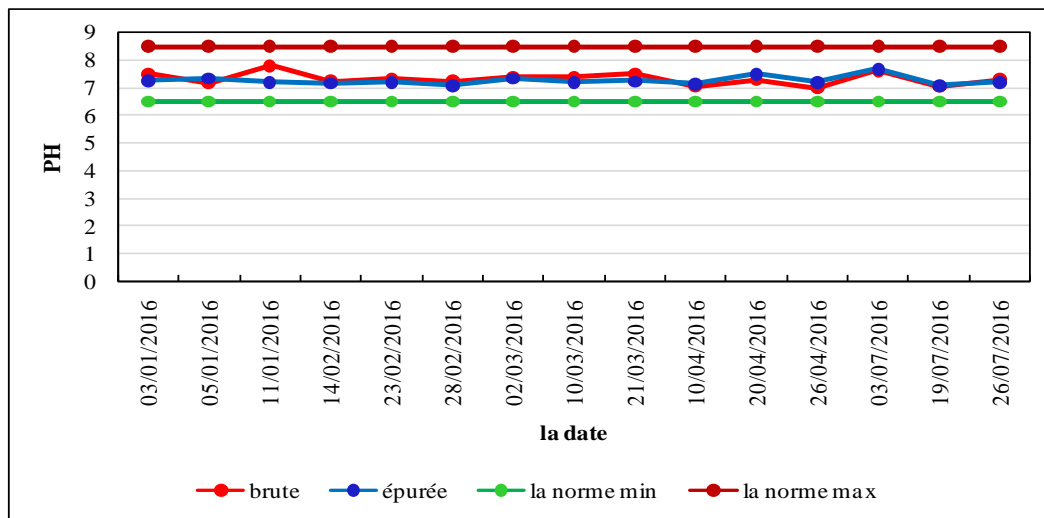
**Courbe (5-17) : variation journalière de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 12/01/2014 au 17/07/2014)**

➤ **Durant l'année 2015 :**



**Courbe (5-18) : variation journalière de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 13/01/2015 au 28/07/2015)**

➤ **Durant l'année 2016 :**



**Courbe (5-19) : variation journalière de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 03/01/2016 au 26/07/2016)**

### Interprétation :

#### ➤ Pour l'année 2014 :

On remarque que les valeurs du pH mesurées durant notre période d'étude varient pour les eaux brutes entre 6,9 et 7,6, avec une valeur moyenne de 7.18.

Pour les eaux épurées, le pH varie entre 6.9 et 7.12, avec une valeur moyenne de 7.21 sur la durée totale de l'étude.

Les valeurs du pH (entre 6,5 et 8,5) dans cette étude sont très proches de la norme.

#### ➤ Pour l'année 2015 :

Les valeurs du pH de l'eau usée brute sont comprises entre 7,01 et 7,81 ce qui n'a pas un impact écologique fort sur l'environnement. Les valeurs du pH dans cette expérience sont très proches de la norme.

Les valeurs enregistrées à la sortie de la station sont comprises entre 7,08 et 7,7. Elles restent toujours dans les normes fixées à un maximum de 8,5.

On note une légère différence entre le pH de l'eau épurée et celui de l'eau usée brute. Ceci est dû probablement aux réactions chimiques et/ou biologiques qui produisent des ions acides ou qui consomment des ions basiques, d'ailleurs les réactions de nitrification entraînent une acidification du milieu.

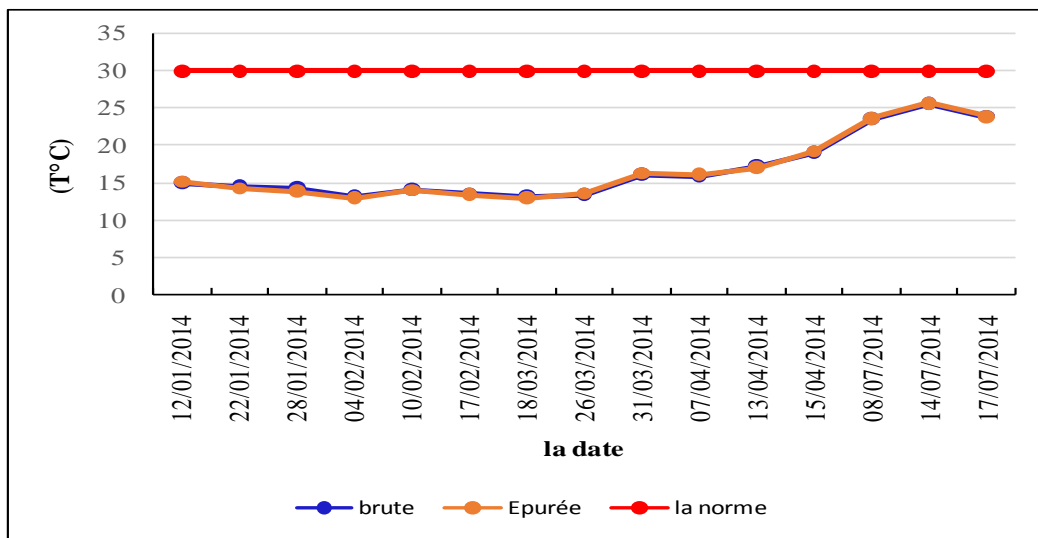
#### ➤ Pour l'année 2016 :

Les valeurs de pH des eaux usées comprises entre 7,04 et 7.8 avec une moyenne de 7,33 à l'entrée, et les eaux épurées varient entre 7,08 et 7,7 avec une moyenne de 7,23 respectant la norme de rejet délimitée entre 6,5 et 8,5.

**5-3-4. La Température (T°C) :**

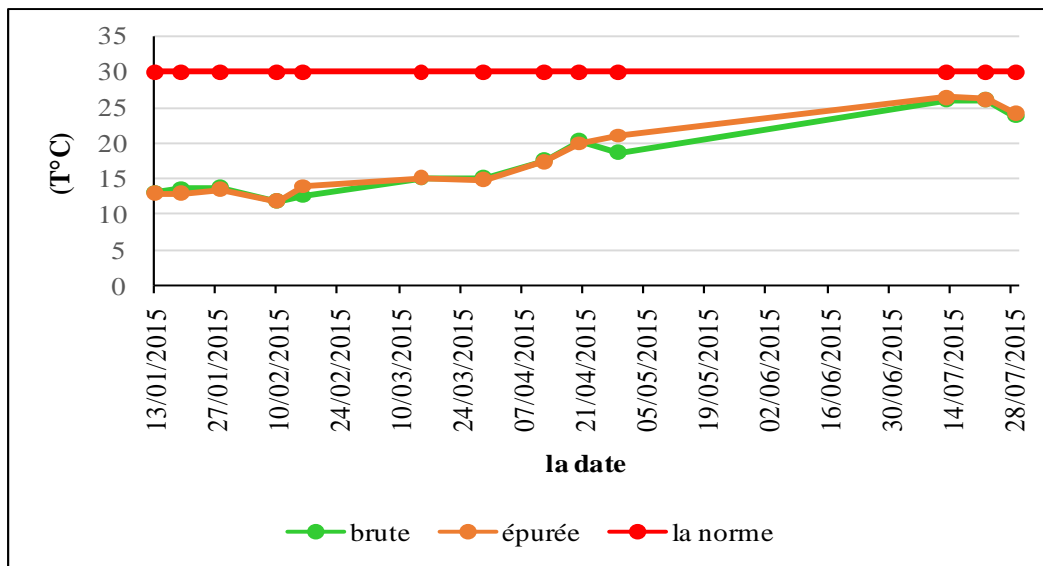
Les courbes suivantes représentent la variation de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP.

➤ **Durant l'année 2014 :**



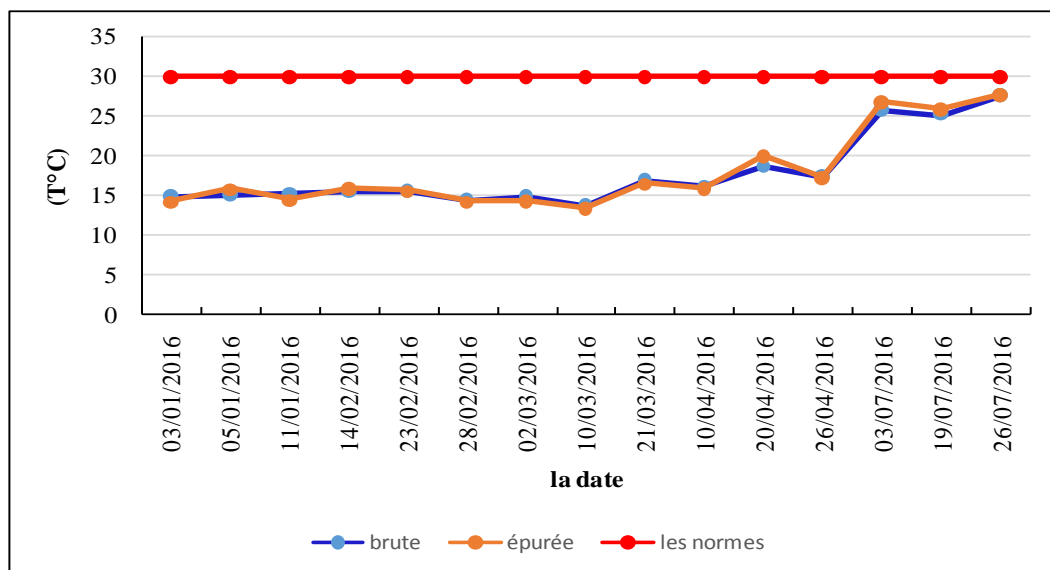
**Courbe (5-20) : variation journalière de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 12/01/2014 au 17/07/2014).**

➤ Durant l'année 2015 :



Courbe (5-21) : variation journalière de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 13/01/2015 au 28/07/2015)

➤ Durant l'année 2016 :



Courbe (5-22) : variation journalière de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (période du 03/01/2016 au 26/07/2016).

**Interprétation :****➤ Pour l'année 2014 :**

On constate que les valeurs journalières de la température présentent une moyenne de 16,87°C, elles varient entre une valeur maximale relevée en juillet (2014) de 25.6°C et une valeur minimale relevée en Février (2014) de 13,2°C pour les eaux brutes, et entre 25.8°C et 13°C avec une moyenne 16,86°C pour les eaux épurées.

Au niveau des stations d'épuration, la température des eaux usées influe beaucoup sur l'efficacité du procédé de traitement, par exemple, la décantation est plus efficace à température élevées. De plus, l'activité biologique prenant place lors du traitement décroît avec le froid, la vitesse de nitrification est très ralentie en dessous de 10°C.

De là, et en comparant les deux graphiques avec celui de la norme, on peut dire qu'on a de bons résultats et que les normes sont respectées.

**➤ Pour l'année 2015 :**

Les valeurs de la température à l'entrée de la station sont comprises entre 11,8 et 26,1°C, Tandis qu'à la sortie, les valeurs enregistrées sont comprises entre 11,9 et 26,5°C. Ces différentes valeurs sont liées aux conditions climatiques et sont acceptables car elles restent en dessous de la norme fixée par l'OMS à 30°C. A l'entrée et à la sortie de la STEP, Les valeurs sont très proches avec une légère augmentation de la température de l'eau brute probablement liée à la température des conduits sa cheminant les eaux usées vers la station.

**➤ Pour l'année 2016 :**

D'après les résultats obtenus (courbe 5-22), les valeurs de la température des différents échantillons sont très proches. Elles se situent dans un intervalle qui va d'un minimum de 14.5°C à un maximum de 27.6°C à l'entrée et entre 13,4°C et 27,8°C pour les eaux épurées avec une moyenne de 21°C.

Les valeurs de température relevées de la STEP sont inférieures à 30°C, et sont conformés à la norme. Ce qui développe les populations bactériennes de type mésophile, et favorise la dégradation de la pollution organique en conséquence.

**CONCLUSION :**

Après plusieurs scénarii de simulation le modèle de fonctionnement optimal proche des résultats d'analyses est obtenu pour les valeurs des débits de recirculation et d'extraction respectivement  $27893 \text{ m}^3/\text{j}$  et  $452 \text{ m}^3/\text{j}$ .

Et d'après les graphes de l'étude des performances épuratoire de la STEP par les critères analytiques on remarque que la STEP de GUELMA donne dans la plupart des cas de bon résultat qui sont conforme à la norme algérienne,

# **Conclusion générale**



## Conclusion générale :

La station d'épuration (STEP) de Guelma, située sur la route nationale 21 (RN21), pont Héliopolis Seybouse. Elle est fonctionnelle depuis le 18 Février 2008 à raison de traiter d'environ : 32000 m<sup>3</sup> /j au temps sec et 43000 m<sup>3</sup> /j au temps de pluie. Elle assure actuellement l'épuration des eaux usées et assurera le recyclage des eaux épurées au bénéfice de l'agriculture et de l'industrie.

L'épuration des eaux usées par les procédés des boues activées repose sur l'activité d'une culture bactérienne aérobie, maintenue en suspension dans un ouvrage spécifique alimenté par l'effluent à traiter et appelé bassin d'aération. L'aération est un élément clé d'une station d'épuration pour fournir l'oxygène aux microorganismes pour dégrader la pollution carbonée.

L'eau usée épurée en sortie de la STEP de Guelma répond aux exigences des normes de rejet fixée par la réglementation Algérienne.

La concentration de DBO5 est inférieure à 30 mg/L, la concentration de la DCO inférieure à 90 mg/L et la concentration de MES inférieure à 30 mg/L.

Le travail de modélisation de la STEP de Guelma en utilisant le logiciel GPS-X par le model ASM1 (comprenant les procédés d'élimination de l'azote).

Le modèle ASM1 est le mieux adapté pour réaliser notre étude. Pour modéliser en juste proportion un système à boues activées effectuant l'oxydation du carbone, la nitrification, et la dénitrification, 13 variables sont considérées comme le minimum exigé. Associées aux quatre processus fondamentaux (croissance, décès, ammonification et hydrolyse), des équations cinétiques sont proposées pour mettre en jeu toutes les relations biologiques du système au travers d'une matrice de calcul. De plus, le modèle présente une méthode pour évaluer l'ensemble des variables et paramètres nécessaires à la résolution des équations proposées.

L'étude des performances épuratoire de la station des eaux usées de Guelma par l'analyse des critères de pollution (DBO5, MES, DCO) est faite selon les normes en vigueur.

Notre étude a montré que les valeurs trouvées respectent les normes de rejet à la sortie de la STEP.

L'élimination de la DCO, DBO<sub>5</sub>, et des MES avec des rendements proches respectifs pour les années 2014 et 2015 (75%, 91%, et 71 % pour 2014 et 72%, 96,37%, 60% pour 2015). Alors que les rendements en 2016 on enregistrés une légère baisse (84%, 84,52%, 75%).

La station de Guelma donne de bon rendement épuratoire.