

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-  
ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT  
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

## MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : SCIENCE DE TECHNIQUE

FILIERE : HYDRAULIQUE

OPTION : HYDRAULIQUE URBAINE

### Thème

# SIMULATION ET SUIVI DES PERFORMANCES ÉPURATOIRES DE LA STEP D'ANNABA PAR GPS-X

Présentées par :

**YESSAD NAHLA**

**BOUALDJA KHAWLA**

Dirigé par :

**PR. HAMMAR YAHIA**

Jury de Soutenance :

- Mr. HAMMAR Yahia

Encadreur/ Pr

U. Annaba

- Mme. DJEDAOUNE Amel

Présidente / MCB

U. Annaba

- Mme. HAMZAOUI Wahiba

Examineur / MCB

U. Annaba

Promotion : 2021

Laboratoire ou entreprise où le travail a été réalisé : Laboratoire du département d'Hydraulique  
U. Annaba

## REMERCIEMENT

*Nous tenons tout d'abord à remerciera Allah le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*En seconde lieux, nous tenons à remerciera notre encadrant Mr Hammar Yahia ses précieux conseils et son aide d toute la période du travail.*

*Il n'est jamais facile pour un étudiant de trouver un stage, c'est pourquci nous remercions les personnels de la station d'épuration d'Annaba pour la confiance qu'elle nous a accordé son accueil et son intégration.*

*Nous vifs remerciements vont également aux membres de jury et tous les enseignants de département d'hydraulique.*

*Nos remerciements s'adressent à nous familles*

*Particulièrement à nos parents.*

*Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



## *Dédicace*

*Je rends mes profondes gratitude à ALLAH qui m'a aidé à réaliser ce modeste travail.*

### ***A MA TRÈS CHÈRE MÈRE : Senani Leïla.***

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.*

### ***A MON TRÈS CHER PÈRE : Yessad Boubaker.***

*Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elle ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.*

***A ma adorable chère sœur DJIHENE** tu es présente dans tous mes moments d'examens pas son soutien moral et ses belles surprises sucrées. je te souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.*

*A une fille pas comme les autres en a souris ensemble en a pleuré ensemble, Je lui dis merci pour le bon moment passé, merci pour ta fidélité ta patience ton humour ma copine d'amour KHAWLA*

*A mes deux adorables frères HEITHEM & ISLEM vous êtes mes bonheurs, mes anges que dieux vous garde pour nous Insha'Allah.*

*A mon bonbon sucré mon ange mon Bébéw d'amour mon petit héro AMIR je t'aime mon petit prince charmant.*

*A mes adorables cousins et cousines : NADIR, AYOUB, ILYES, HOUSSEM, MOUAIZ, SERINE, CHAIMA, MALIKA, DADO, NINA.*

*A mes chères tantes que j'adore*

*A mes fidèles amis AYMEN, JOUJOU, MANEL, MANAR, LINA ET HOURIA*

*Je dis à vous tous ma vie sans vous n'a aucune sens que dieux vous protège de tous le malheur*

*A tous mes amis de groupe de GP avec qui j'ai passé des adorables moments*

*Merci aux gens qui me faire apprendre une leçon de vie*

*A tous les membres de ma famille, A mes enseignants depuis mes premières années d'études.*

***Merci Beaucoup pour votre soutenir.***





## **DÉDICACE**

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour,*

*Le respect, la reconnaissance...*

*Aussi, c'est tout simplement que :*

*Je dédie mon travail....*

*A mon idéal, l'être le plus généreux, mon cher père «Madjid». Je souhaite de prolonger  
votre âge avec bon santé.*

*A ma source de tendresse et la fontaine de la compassion, l'être la plus chère dans le monde, la  
femme la plus patiente. Ma chère mère « Leila » qui ma soutenue à tous moments.*

*Je leur dis «la vie sans toi rien ».*

*A mon adorable sœur MERIEM qui était toujours présente dans ma vie qui ma  
donnée on soutien et a son mari ANIS*

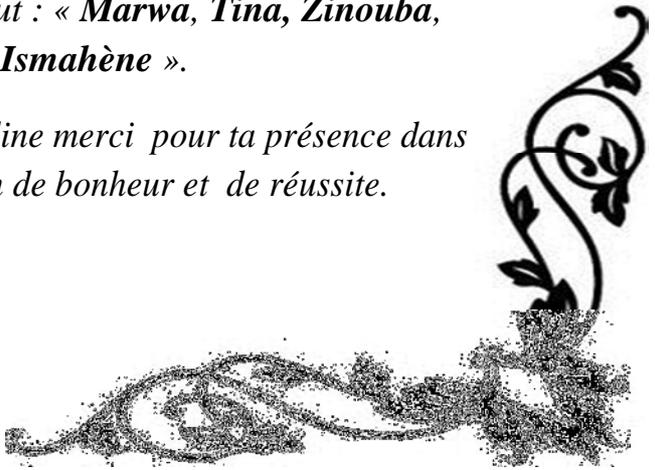
*A mes chers frères AISSA et ZINOUCI merci pour votre présence dans ma vie je  
vous souhaite un avenir plein de bonheur et de réussite. .*

*A ma petite Ange ma région de soleil sa naissance a apporté le bonheur à notre  
famille ma nièce CHANOUCI mon bonbon sucré je la souhaite une longue vie  
plein de joie, la réussite et la bonne santé que dieux te garde pour nous  
Insh'Allah.*

*Je dis merci à ma belle copine «Nahla» pour son soutien, son amitié et pour les  
bons et les mauvais moments qui nous avons passé ensemble.*

*A toutes mes chères amies et cousines surtout : « Marwa, Tina, Zinouba,  
Mounira, Wafa, Houda et Ismahène ».*

*A mon ami proche et mon bras droit Khier Eddine merci pour ta présence dans  
mes moments je te souhaite un avenir plein de bonheur et de réussite.*





*Mes collègues de groupe GP: «Houria, Mouna, Rabie, Nadia et Mohamed».*

*Merci aux gens qui me faire apprendre une leçon de vie et tous ceux qui m'aime. A  
tous ce que j'aime.*



## RESUME

Toutes les eaux usées domestiques doivent d'être épurées, de façon individuelle ou collective, avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Les réglementations sont devenues de plus en plus strictes vis-à-vis de la qualité des rejets.

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, ainsi ses engagements internationaux notamment à travers la signature du processus de Barcelone portant sur la protection du littoral.

La station d'épuration de la ville d'Annaba rejette annuellement un débit moyen d'environ 11 Hm<sup>3</sup> qui pourra être revaloriser en agriculture et en industrie.

Dans la suite du présent mémoire un suivi du rendement épuratoire et une simulation numérique du régime du fonctionnement de la STEP par le logiciel GPS-X 6.4 est réalisé.

Cela nous a permis d'adopter un régime de fonctionnement quel que soit les variations des débits et des charges arrivant à la STEP en maintenant une recirculation de 75 % et une extraction de 500 m<sup>3</sup>/j.

**Mots clés** : eau usée, épuration, normes de rejet, milieu récepteur, rendement, simulation.

## ملخص:

يجب معالجة جميع مياه الصرف المنزلية، بشكل فردي أو جماعي، قبل تصريفها في البيئة الطبيعية. أصبحت اللوائح أكثر صرامة فيما يتعلق بجودة التصريفات.

اعتمدت الجزائر قانون المياه المتعلق بحماية الموارد المائية والمحافظة عليها، والمرسوم التنفيذي 05-12 المؤرخ في 4 سبتمبر 2005، وكذلك التزاماتها الدولية، لا سيما من خلال التوقيع على عملية برشلونة المتعلقة بحماية السواحل. تطلق محطة معالجة مياه الصرف الصحي في عنابة سنوياً متوسط تدفق يبلغ حوالي 11 متر مكعب يمكن ترقيته في الزراعة والصناعة.

في الجزء المتبقي من هذه المذكرة، يتم إجراء مراقبة لعائد التنقية ومحاكاة رقمية لنظام تشغيل محطة GPS-X 6.4 معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة البرنامج

سمح لنا ذلك بتبني نظام تشغيل بغض النظر عن الاختلافات في معدلات التدفق والأحمال التي تصل إلى محطة معالجة مياه الصرف الصحي من خلال الحفاظ على 75٪ من إعادة التدوير واستخراج 500 متر مكعب / يوم.

## ABSTRACT

All domestic wastewater must be treated, individually or collectively, before being discharged into the natural environment. Regulations have become more and more strict against to the quality of discharges.

Algeria has adopted the water law relating to the protection and preservation of water resources, executive decree n 05-12 of 04 September 2005, as well as its international commitments, in particular through the signing of the Barcelona process relating to on coastal protection.

Annaba's wastewater treatment rejects annually an average flow about 11 Hm<sup>3</sup> which can be upgrading in agriculture and industry.

In the remainder of this memorandum, a monitoring of the purification yield and a numerical simulation of the operating regime of the WWTP by the software GPS-X 6.4 is carried out.

This allowed us to adopt an operating regime whatever the variations in flow rates and loads arriving at the WWTP by maintaining a recirculation of 75% and an extraction of 500 m<sup>3</sup> / d.

**Keywords:** wastewater, purification, discharge standards, receiving environment, yield, simulation

# Sommaire :

## **Chapitre I : les systèmes d'assainissement :**

I. Introduction.....	3
II. Définition d'objectifs.....	3
III. Les différents systèmes d'assainissement.....	3
III.1. Assainissement individuel.....	4
III.2. Assainissement collectif.....	5
III.2.1. Systèmes fondamentaux.....	5
III.2.2. Systèmes pseudo-séparatif.....	8
III.2.3. Systèmes composites.....	8
III.2.4. Systèmes spéciaux.....	8
IV. Comparaison entre les systèmes d'assainissement.....	9
IV.1. Comparaison entre un système collectif et individuel.....	9
IV.2. Comparaison entre système séparatif et système unitaire .....	11
V. Présentation du système de collecte des eaux usées arrivant à la STEP d'Annaba .....	12
V-1. Réseau d'assainissements de la ville d'Annaba .....	12
V.1.1. Les secteurs géographiques .....	12
V.2. Réseau d'assainissement d'EL Bouni .....	16
VI. Conclusion .....	20

## **Chapitre II : les procédés d'épuration de la STEP Annaba**

I. Introduction .....	21
II. Situation géographique de la station d'Annaba .....	21
II.1. Situation géographique d'Annaba .....	21
II.2. Situation de la zone d'étude .....	22
III. Capacité de la station d'épuration .....	24
IV. Mode de fonctionnement de la station de Annaba .....	25
IV.1. Le prétraitement .....	25
IV.1.1. Amenée des eaux brutes .....	25
IV.1.2. Dégrillage fin .....	25
IV.1.3. Dessablage et déshuilage .....	27
IV.2. Traitement primaire .....	29
IV.2.1. Répartition des eaux prétraitées .....	29
IV.2.2. Décantation .....	29
IV.2.3. Relèvement intermédiaire .....	30
IV.3. Traitement biologique .....	30
IV.3.1. Dégazage .....	32
IV.3.1.1. Les caractéristiques des dégazeurs .....	33
IV.4. Clarification .....	34
IV.4.1. Les caractéristiques des bassins de clarification .....	35
IV.5. Poste de recirculation et d'extraction des boues .....	37

IV.6.	Traitement	des
boues .....		38
IV.6.1.	Epaississeur primaire et biologique .....38	
IV.6.2.	Bâche à boues stabilisée .....38	
IV.6.3.	Digestion .....39	
IV.6.4.	Déshydratation et filtre presses .....40	
IV.7.	Traitement de l'air .....42	
IV.7.1.	Les by-pass .....42	
V.	Conclusion .....44	

### **Chapitre III : présentation du GPS-X et le model ASM 1 :**

I.	Présentation du logiciel utilisé .....45	
I.1.	Description .....45	
I.2.	Objectifs d'une simulation .....45	
I.2.1.	Utilité du GPS-X .....47	
I.3.	Choix du modèle .....48	
II.	Présentation du Model ASM1 .....49	
II.1.	Unité utilisée .....49	
II.2.	Variables .....50	
II.3.	Processus	du
modèle .....		52
II.4.	Les paramètres	stœchiométriques et
cinétiques .....		53
II.5.	Matrice de calcul	et outil de simulation
dynamique .....		53

II. Conclusion .....	55
----------------------	----

## **Chapitre IV : partie expérimentale :**

I. Introduction .....	56
II. Caractéristiques de l'effluent à l'Entrée et Sortie de la STEP.....	56
III. Mode opératoire d'analyse de MES à la STEP Annaba.....	58
III.1. Détermination MES par filtration sur fibre de verre (NF EN872).....	58
III.1.1. Principe .....	58
III.1.2. Appareillage .....	58
III.1.3. Mode opératoire .....	59
III.1.4. Expression des résultats .....	60
III.2. Détermination MES par centrifugation (NF T90-105-2) .....	60
III.2.1. Appareillage .....	60
III.2.2. Mode opératoire .....	61
III.2.3. Expression des résultats .....	62
IV. Détermination de la demande chimique en oxygène DCO (DCO NFT90-101 février2001) .....	63
IV.1. Définition .....	63

IV.2.	Mode	opérateur	
.....			63
<b>V. Détermination de la demande biochimique en oxygène</b>			
DBO <sub>5</sub>			65
V.1.	Principe de fonctionnement		65
V.2.	Transfert de l'oxygène dans l'échantillon		65
V.3.	Fonction du détecteur de pression		66
V.4.	Suppression du dioxyde de carbone		66
V.5.	Procédure		66
V.5.1.	Accessoires nécessaires		66
V.5.2.	Réactifs	nécessaires	
.....			69

## **Chapitre V : modélisation et simulation de la STEP :**

I.	Introduction		71
II.	Caractéristique de l'effluent d'entrée		71
II.1.	Calcul des ratios		73
III.	La simulation du fonctionnement de la STEP		73
III.1.	Configuration de la STEP		73
III.2.	Choix et calage du modèle		74
III.2.1.	Le choix du débit de recirculation et extraction		76
III.2.1.1.	Recirculation		76
III.2.1.2.	Extraction des boues		79
III.2.2.	Résultats et interprétations des analyses		81
III.2.2.1	Mars		81
a.	Comparaison des résultats (MES)		81

b. Comparaison des résultats (DCO) .....	82
III.2.2.2 Avril .....	83
a. Comparaison des résultats (MES) .....	83
b. Comparaison des résultats (DCO) .....	84
III.2.2.3 Mai .....	85
a. Comparaison des résultats (MES) .....	85
b. Comparaison des résultats (DCO) .....	86
IV. Concluions .....	87

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1</b> : Comparaison entre un système collectif et un system individuel.....	10
<b>Tableau 2</b> : Comparaison entre un système séparatif et unitaire.....	11
<b>Tableau 3</b> : Principaux paramètres de la STEP d'ANNABA.....	24
<b>Tableau 4</b> : Les caractéristiques des dégazeurs.....	33
<b>Tableau 5</b> : Caractéristiques des clarificateurs.....	35
<b>Tableau 6</b> : les débits des eaux usées entrées / sorties de la STEP d'Annaba en Mai 2021.....	57
<b>Tableau 7</b> : Les valeurs de MES des eaux usées entrées / sorties de la STEP d'Annaba en Mai 2021.....	58
<b>Tableau 8</b> : Les concentrations de DCO des eaux usées entrées / sorties de la STEP d'Annaba en Mai 2021.....	58
<b>Tableau 9</b> : volume d'échantillons simplifiés.....	69
<b>Tableau 10</b> : Les concentrations de DBO5 des eaux usées entrées / sorties de la STEP d'Annaba en Mai 2021.....	59
<b>Tableau 11</b> : Les caractéristiques de l'effluent d'entrée bilan ONA 2021.....	72
<b>Tableau 12</b> : Les caractéristiques de l'effluent d'entrée Mai 2021 (Période de notre stage).....	72

**Tableau 13** : Ratios des charges polluantes des eaux usées à l'entrée de la station

d'Annaba.....72

**Tableau 14** : Comparaison entre les valeurs moyennes analysées avec ceux simulées (Bilan 2021)

.....76

**Tableau 15** : Débits de recirculation de chaque mois.....77

**Tableau 16** : Simulation des débits d'extraction (Mars).....79

**Tableau 17** : Simulation des débits d'extraction (Avril).....79

**Tableau 18** : Simulation des débits d'extraction (Mai).....79

## Liste de figures :

<b>Fig.1</b> : Schéma de principe d'un assainissement individuel.....	5
<b>Fig.2</b> : Schéma de raccordement en système séparatif.....	6
<b>Fig.3</b> : Schéma d'un réseau d'assainissement unitaire.....	7
<b>Fig.4</b> : Plan d'installation centre Annaba.....	15
<b>Fig.5</b> : Plan d'installation centre El-Bouni.....	17
<b>Fig.6</b> : Schéma de réseau desservant la STEP d'Annaba.....	18
<b>Fig.7</b> : Photo diagramme représentant la collecte des eaux usées aboutissant à la STEP d'Annaba.....	19
<b>Fig.8</b> : Carte géographique représentative de la situation de la ville d'Annaba et ses coordonnées géographiques.....	22
<b>Fig.9</b> : Station d'épuration d'Annaba.....	23
<b>Fig.10</b> : Etapes de traitement de la STEP d'Annaba.....	25
<b>Fig.11</b> : Plan de fonctionnement de la STEP filière d'eau.....	43
<b>Fig.12</b> : L'interface du GPS-X en mode <b>Modélisation</b> .....	46
<b>Fig.13</b> : L'interface du GPS-X en mode Simulation.....	46
<b>Fig.14</b> : Schéma STEP par GPS-X.....	48
<b>Fig.15</b> : Fractionnement de la DCO.....	51
<b>Fig.16</b> : Fractionnement de l'azote.....	52
<b>Fig.17</b> : Schéma STEP Annaba par GPS-X.....	74
<b>Fig.18</b> : Etapes de calage et validation (les étapes de la modélisation).....	75

## Liste des photographies :

<b>Photographie 1</b> : poste de dégrillage.....	26
<b>Photographie 2</b> : Dessableur et Déshuileur.....	28
<b>Photographie 3</b> : Répartition des eaux prétraitées.....	29
<b>Photographie 4</b> : Relevage intermédiaire.....	30
<b>Photographie 5</b> : Bassin biologique.....	31
<b>Photographie 6</b> : Dégazeur.....	33
<b>Photographie 7</b> : Clarificateur.....	36
<b>Photographie 8</b> : Poste de recirculation et d'extraction des boues.....	37
<b>Photographie 9</b> : Epaisseur biologique.....	38
<b>Photographie 10</b> : Bâche a boues stabilisées.....	39
<b>Photographie 11</b> : Digesteur.....	40
<b>Photographie 12</b> : Déshydratation.....	41
<b>Photographie 13</b> : Filtre presses.....	41
<b>Photographie 14</b> : Stockage.....	42
<b>Photographie 15</b> : Système de filtration.....	60
<b>Photographie 16</b> : Système de centrifugation.....	62
<b>Photographie17</b> : Les tubes des réactifs.....	64
<b>Photographie 18</b> : Thermostat.....	64
<b>Photographie 19</b> : Spectrophotomètre.....	56
<b>Photographie 20</b> : Bouteille BOD TrakII.....	67
<b>Photographie 21</b> : Un sachet de substance nutritive tampon.....	68
<b>Photographie 22</b> : Hydroxyde de potassium.....	68

## Liste des courbes

<b>Courbe 1</b> : Simulation des débits de recirculation (Mars).....	77
<b>Courbe 2</b> : Simulation des débits de recirculation (Avril).....	78
<b>Courbe 3</b> : Simulation des débits de recirculation (Mai).....	78
<b>Courbe 4</b> : Paramètres Simulées Par GPS-X (Mars).....	80
<b>Courbe 5</b> : Paramètres Simulées Par GPS-X (Avril).....	80
<b>Courbe 6</b> : Paramètres Simulées Par GPS-X (Mai).....	81
<b>Courbe 7</b> : Comparaison des résultats de Mars 2021 (MES).....	82
<b>Courbe 8</b> : Comparaison des résultats Mars 2021 (DCO).....	83
<b>Courbe 9</b> : Comparaison des résultats de Avril 2021 (MES).....	84
<b>Courbe 10</b> : Comparaison des résultats de Avril 2021 (DCO).....	85
<b>Courbe 11</b> : Comparaison des résultats de Mai 2021 (MES).....	86
<b>Courbe 12</b> : Comparaison des résultats de Mai 2021 (DCO).....	87

# LISTE DES SIGLES ET NOTATIONS

<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 3.
<b>DBO5</b>	Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours.
<b>DCO</b>	Demande chimique en Oxygène.
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Azote ammoniacal.
<b>NTK</b>	Azote total de Kjeldahl.
<b>MES</b>	Matières en Suspension.
<b>MVS</b>	Matières Volatiles en Suspension.
<b>TSS</b>	Total Suspended Solids.
<b>VSS</b>	Volatiles Suspended Solids.
<b>COT</b>	Carbone Organique Total.
<b>ACSL</b>	Advance Control Simulation.
<b>X<sub>i</sub></b>	Concentration de la matière en suspension organique inerte.
<b>S<sub>i</sub></b>	Concentration en DCO soluble inerte.
<b>S<sub>s</sub></b>	Concentration de DCO rapidement biodégradable.
<b>X<sub>s</sub></b>	Concentration de la matière organique lentement biodégradable.
<b>X<sub>ba</sub></b>	Concentration de biomasse autotrophe.
<b>X<sub>bh</sub></b>	Concentration de biomasse hétérotrophe.
<b>X<sub>p</sub></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.
<b>Snd</b>	Concentration d'azote organique biodégradable soluble.
<b>Xnd</b>	Concentration de l'azote organique lentement biodégradable.
<b>Xni</b>	Concentration de l'azote organique particulaire inerte.

**INTRODUCTION,  
PROBLEMATIQUE ET  
OBJECTIFS**

## **INTRODUCTION, PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS :**

L'assainissement des eaux usées est devenu un impératif pour nos sociétés modernes. En effet, le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants. Les ressources en eau n'étant pas inépuisables, leur dégradation, sous l'effet des rejets d'eaux polluées peut non seulement détériorer l'environnement, mais aussi entraîner des risques de pénuries.

Ainsi donc un réseau d'assainissement a pour rôle principale l'acheminement des eaux usées et pluviales polluées, aux stations d'épuration, avant de les rejeter dans le milieu récepteur. Ce qui permet de préserver la santé publique d'une part et de protéger l'environnement d'autre part, en évitant de polluer les cours et les sources d'eau ainsi que les nappes souterraines.

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.

Quel que soit le type de station d'épuration, le principe est simple. Les matières polluantes sont dégradées grâce à un phénomène biologique naturel par les micro-organismes contenus dans les eaux usées et maintenus en quantité suffisante dans les stations où ils transforment la pollution en boues.

Toutes les eaux usées domestiques doivent d'être épurées, de façon individuelle ou collective, avant de repartir dans le milieu naturel. Les réglementations sont devenues de plus en plus strictes vis-à-vis la qualité des rejets.

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, ainsi ses engagements internationaux notamment à travers la signature du processus de Barcelone portant sur la protection du littoral.

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

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre objectif qui est le suivi et la simulation numérique du régime du fonctionnement de la STEP d'Annaba par le logiciel GPS-X 6.4 en tenant compte des paramètres physiques et opérationnelles de la station pour adapter un régime de fonctionnement quel que soit les variations des débits et des charges arrivant à la STEP.

Pour atteindre nos objectifs notre mémoire sera structurée de la manière suivante :

- Introduction, problématique et objectifs,
- **Chapitre I** : Les réseaux d'assainissement et système de collecte STEP Annaba
- **Chapitre II** : Présentation et fonctionnement de la STEP Annaba
- **Chapitre III** : Présentation de GPS-X et le modèle ASM1
- **Chapitre IV** : Partie expérimentale
- **Chapitre V** : Modélisation et simulation de la STEP Annaba
- Conclusion générale

CHAPITRE I :  
*LES RÉSEAUX  
D'ASSAINISSEMENT  
ET SYSTÈME DE  
COLLECTE STEP  
ANNABA*

## I. Introduction :

L'assainissement a pour objectif d'assurer la collecte et l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et domestique et de les évacuer dans les exutoires naturels, après un traitement préalable ; en respectant les exigences de la santé publique et la protection de du milieu récepteur (l'environnement).

Les eaux pluviales doivent être évacuées pour limiter la submersion des zones urbaines ; les eaux usées domestiques ; nécessitent d'être évacuées sans stagnation loin des habitations car les déchets qu'elles contiennent sont susceptibles d'engendrer des nuisances et des épidémies.

## II. Définition d'objectifs :

Les objectifs qui peuvent être fixées pour l'assainissement d'un milieu urbain sont :

- ✚ L'évacuation rapide sans stagnation et sans risque pour le personnel chargé dès l'exploitation des ouvrages, loin des habitations, des tous les déchets d'origine humain ou animal et susceptible des donner naissance à des odeurs ou à des putréfactions nuisibles pour la santé des habitants,
- ✚ La protection des milieux naturels récepteurs en évitant de souiller les sols, les cours d'eau, les sources et les nappes
- ✚ L'évacuation vers le milieu naturel des eaux de ruissellement, avec ou sans stockage provisoire, pour éviter la submersion des voies publique et des sous-sols.

## III. Les différents systèmes d'assainissement :

On distingue deux catégories de systèmes d'assainissement :

- L'assainissement **autonome** ou **individuel**
- L'assainissement **collectif**

### III.1. Assainissement individuel :

L'installation de type d'assainissement individuelle (**Figure 1**) est composée essentiellement :

- D'un regard pour la collecte de toutes les eaux usées de la maison ;
- D'un dispositif de prétraitement grâce à :
  - Une fosse toutes eaux pour retenir les graisses et les matières flottantes en surface et la décantation des matières solides dans le fond d'où le nésite d'une vidange tous les 4 ans, bien qu'une partie de ces matières solides sont dissoute par les micros –organismes ;
  - Un pré filtre incorporé pour retenir les matières en suspension.
- Un système de traitement pour la dépollution des eaux sortantes du système de pré traitement, il peut être constitué :
  - D'une tranchée d'infiltration ;
  - D'un filtre à sable ;
  - D'un tertre d'infiltration composé de sable siliceux réalisé en partie enterré ou au-dessus du sol en place. Ce sable fera office d'épurateur. Le sol en place sera le milieu dispersant. (Ce dispositif est envisageable lorsque présence d'une nappe phréatique trop proche a été constatée).

### Schéma de principe

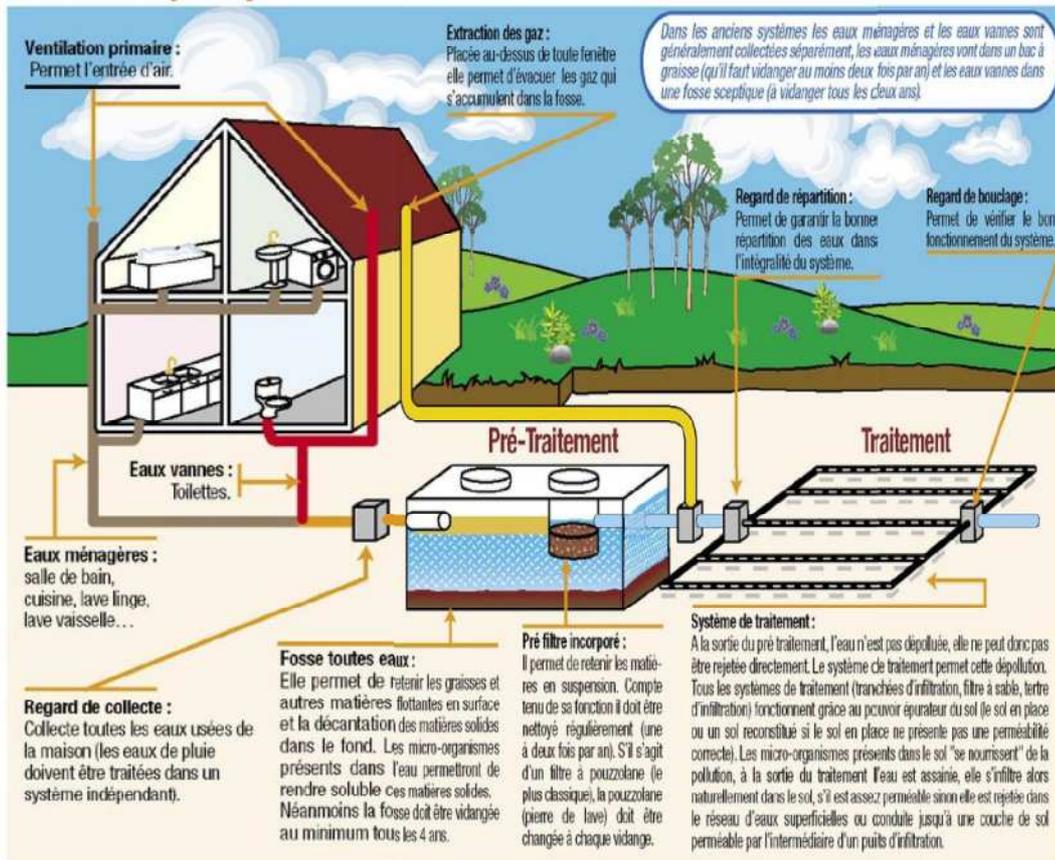


Fig.1 : Schéma de principe d'un assainissement individuel.

## III.2. Assainissement collectif :

Les différentes systèmes d'évacuation des eaux usées et/ou pluviales, utilisés dans la pratique, sont les systèmes fondamentaux (unitaires, séparatifs et mixte), les Systèmes pseudo-séparatif, le système composite et les Systèmes spéciaux.

### III.2.1. Systèmes fondamentaux :

L'écoulement dans ces systèmes s'effectue naturellement, sous l'effet de gravité donc il s'agit d'un écoulement libre où la surface du plan d'eau est soumise à la pression atmosphérique. Cela peut se produire dans tout le réseau, dans les situations où la topographie est favorable (pente acceptable pour un

écoulement gravitaire), cependant dans certaine situation une partie du réseau peut être en charge : c'est-à-dire complètement remplie d'eau et par fois sous pression (usage de pompe).

Il existe essentiellement trois systèmes fondamentaux :

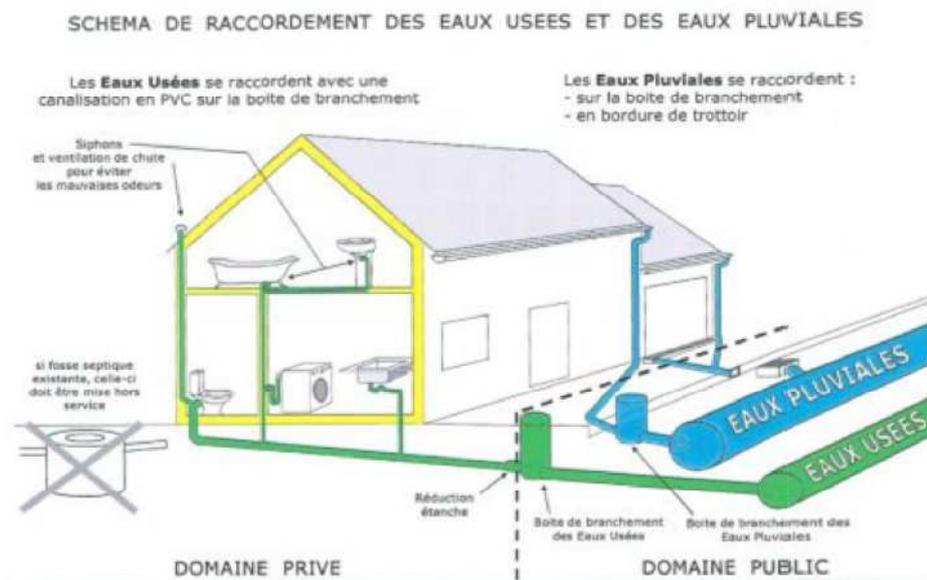
- ✚ Séparatif.
- ✚ Unitaire.
- ✚ Mixte.

### a. Le système séparatif :

Deux réseaux distincts sont mis en place :

- ♥ L'un pour évacuer les eaux pluviales,
- ♥ L'autre pour évacuer les eaux usées.

Nous retenons donc que dans ce système, et en principe, seules les eaux usées arriveront à la station d'épuration pour traitement. La station d'épuration devrait donc recevoir, à l'aval du réseau d'E.U. (eaux usées), un effluent brut de qualité relativement "régulière" et de débit relativement "bien déterminé".



**Fig.2** : Schéma de raccordement en système séparatif.

### b. Le système unitaire :

Ce système correspond véritablement au vocabulaire, trop souvent employé de manière inexacte, de "tout à l'égout".

Dans ce système d'évacuation, un seul collecteur assure à la fois le transport des eaux usées et des eaux pluviales.

En principe, toutes les eaux devraient arriver à la station d'épuration qui aurait alors un effluent en tête de quantité et de qualité très variable.

Pour éviter cet écueil, des déversoirs d'orage seront répartis sur le réseau pour permettre à la station de ne pas recevoir un débit supérieur à un débit maximal préfixé.

Cependant, malgré l'option précédente, nous n'oublierons pas que, lors d'un orage, l'effluent "eaux usées" sera dilué par le débit pluvial et d'autre part, lors des premières pluies après une longue période sèche, c'est toute la ville qui va se "nettoyer", ceci pouvant amener sur la station un flot de pollution assez important.



**Fig.3 :** Schéma d'un réseau d'assainissement unitaire.

### c. Les systèmes mixtes :

C'est un système composé à la fois d'un système séparatif et d'un système unitaire selon les caractéristiques des zones concerné par le réseau d'assainissement.

### **III.2.2. Systèmes pseudo-séparatif :**

Pour permettre l'évacuation des éléments solides, en amont des réseaux, ne pouvant être chassés, faute d'un effluent en quantité suffisantes et/ou d'une pente faible, on peut accepter dans cette situation, le raccordement des eaux pluviales de quelques toitures d'habitations, à l'amont du réseau d'eaux usées.

Ce système ne peut présenter un intérêt que si le débit des eaux pluviales claires, ne dépasse pas la capacité de traitement de la station d'épuration (un faible apport). Dans le cas contraire, on est amené à réaliser un réseau unitaire.

### **III.2.3. Systèmes composites :**

Ils consistent à une variante de systèmes séparatif, il a pour rôle de transférer au moyen d'aménagement particulier les eaux pluviales, les plus pollués, vers le réseau d'eaux usées et ce dans l'objectif de les acheminer vers la station d'épuration.

### **III.2.4. Systèmes spéciaux :**

Ce type de système est à envisager dans des situations particulières, en distingue des systèmes sous pression (en charge) et des systèmes sous dépression (par aspiration).

## **IV. Comparaison entre les systèmes d'assainissement :**

### **IV.1. Comparaison entre un système collectif et individuel :**

L'assainissement collectif : dans les zones agglomérées (raccordé au réseau d'égouts publics ; avec traitement des eaux usées dans une station d'épuration).

L'assainissement non collectif : appelé aussi assainissement individuel ou autonome pour toutes les maisons non rattachées.

Les avantages et l'inconvénient de chacun de ces deux systèmes est donnée dans le (**Tableau 1**) Ci-dessous.

**Tableau 1** : Comparaison entre un système collectif et un system individuel.

	Avantage	Inconvénient
Reseau collective	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La durée de vie (dizaine d'année) : si Le raccordement est bien fait ; l'obstruction est très rare</li> <li>• L'absence d'entretien s'il est bien fait.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le raccordement n'est pas toujours possible</li> <li>• L'investissement de départ est élevé puis son entretien nécessite des ressources matérielles et humaines importantes</li> <li>• Une grande consommation d'eau est nécessaire</li> <li>• D'inévitables fuites contribuent à polluer le sous- sol.</li> </ul>
Reseau non collective	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fait appel au pouvoir épurateur du sol.</li> <li>▪ Un procédé idéal pour les maisons secondaire.</li> <li>▪ Traitement biologique</li> <li>▪ Coût raisonnable</li> <li>▪ Fiabilité du système</li> <li>▪ Entretien facile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Il y'a des entretient réguliers quelque Soit les systèmes.</li> <li>▪ Dans de nombreux cas aux vues de la ruralité de certaine région, il peut être à l'origine de pollution grave s'il n'est pas correctement conçu ou entretenu.</li> </ul>

## IV.2. Comparaison entre système séparatif et système unitaire :

Pour faire un choix entre ces systèmes d'assainissement il faut tenir compte d'un certain nombre de considération **Tableau 2** tel que :

- La nature du réseau d'assainissement : réseau public ou réseau d'une habitation ou d'un immeuble.
- La considération économique de réalisation du réseau.
- Le choix d'un système facilitant l'évacuation rapide des eaux.

**Tableau 2** : Comparaison entre un système séparatif et unitaire.

	Avantages	Inconvénient
Système séparatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traitement des eaux usées devient plus rapide</li> <li>• Pas de problème d'auto curage</li> <li>• Les eaux pluviales sont rejetées directement dans la nature.</li> <li>• Ce système demande une pente moins importante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investissement plus important que d'autres systèmes</li> <li>• Risques d'erreurs dans la mise en œuvre lors des branchements des usagers.</li> </ul>
Système unitaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins chère sur d'autres systèmes</li> <li>• Economique à la construction et à l'entretien</li> <li>• Erreurs de branchement et de mise en œuvre minimales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'auto curage n'est pas généralement réalisé</li> <li>• Traitement des eaux usées est rendu très difficile</li> <li>• Bouchage du réseau au temps sec.</li> </ul>

## **V. Présentation du système de collecte des eaux usées arrivant à la STEP d'Annaba :**

Dans la suite du paragraphe on donnera un aperçu détaillé des différents réseaux d'assainissements des différentes localités desservant la station d'épuration située à près d'une dizaine de km au sud-est de la ville d'Annaba (l'Allalick).

- Réseau d'assainissements de la ville d'Annaba.
- Réseau d'assainissements de la ville d'El Bouni.
- Réseau d'assainissements de la ville Sidi Salem.

Alors que les autres localités à savoir le couloir el Hadjar et Sidi Amar sont en cours de réalisation.

### **V.1. Réseau d'assainissements de la ville d'Annaba :**

La wilaya de Annaba dispose d'un système d'assainissement très important comportant près de 1104 Km de collecteur assainissement tout diamètre confondu et 34 stations de relevage eaux usées et pluviales.

#### **V.1.1. Les secteurs géographiques :**

Le réseau des eaux usées de la ville d'Annaba est divisé en trois secteurs géographiques dominants :

**a** - Le secteur Nord dont toutes les eaux usées sont acheminées vers la station de relevage N°04 située à la limite Sud de la plage Rizzi Amor. Ces eaux sont refoulées vers la station de relevage N°01 « Sidi Brahim » à travers la station pompage N°02 « Ancienne Gare ». Dans ce secteur le réseau est à prédominance séparatif. Un système d'assainissement de la corniche Nord de la ville est connecté à la station de relevage N°04. Ce dernier système d'assainissement est composé de 9.985 ml de collecteurs en DN 300 et 500 mm, de 5342 ml de conduites de refoulement en DN 200 et 250 mm ainsi que 06 stations de pompage.

**- La station de relevage 2301- SR04 « Rizzi Amor » :**

Est située au Nord-Est de l'agglomération d'Annaba en bord de mer, à l'extrémité Sud de la plage de Rizzi Amor.

Elle reçoit de manière gravitaire les effluents des quartiers Sidi Aïssa, Oued Kouba, Patrice Lumumba et Saint Thérèse, ainsi que ceux provenant des stations de refoulement Ras El Hamra, Ain Achire, Belvédère, Toche et la Caroube au Nord, et de la station En Nasr au Sud, les effluents sont dirigés vers la station SP2

**b** - Le secteur central 0correspondant à l'ancien tissu urbain de la ville est doté d'un réseau séparatif qui collecte les eaux usées. Ces eaux sont abouties par le collecteur principal T0. Dans ce secteur, une grande partie de réseau est composé d'anciens caniveaux en maçonnerie qui sont souvent l'objet de débordements d'eaux pluviales sur la voie publique. A partir du collecteur T. les eaux usées sont acheminé vers la station de pompage N°01 (Central Sidi Brahim).

En temps de pluie la station de relevage N°07 (Bouzered Houcine) refoulées les eaux pluviales vers Oued Bou Djemaa et la station de relevage N°03 (Elysa) vers le canal ceinture.

**- la station de relevage 2301-SR07 « Bouzered Houcine » :**

Est une station mixte, avec une bache eaux usées et une bache eaux pluviales distinctes. Elle est située au sud de l'agglomération d'Annaba, dans le quartier Oued Edheb.

La partie eaux usées reçoit de manière gravitaire les effluents provenant les quartiers Oued Edheb, Didouche Mourad, 11 Décembre, ainsi qu'une partie des cités 8 Mai 1945 et Sidi Brahim. LA partie eaux pluviales sert quant a elle d'exutoire au bassin versant, qui couvre sensiblement les mêmes zones. Cependant la distinction entre les eaux usées et les eaux pluviales est toute relative dans la mesure où il y a des connexions entre les réseaux, les effluents pompés dans la bache eaux usées sont refoulés vers la station SR01 « Sidi Brahim ». Ceux pompés dans la bache eaux pluviales sont quant à eux refoulés vers l'Oued Bou Djemaa.

**- la station de relevage 2301-SR03 « Elysa » :**

Est située vers la limite Nord-Est de l'agglomération d'Annaba. Selon l'action schéma directeur de la SONAD, elle devrait recevoir de manière gravitaire les eaux pluviales des quartiers Elysa, Zaafrania, Beni M'Haffer.

En réalité, les investigations menées sur les réseaux semblent montrer que les collecteurs desservant les quartiers cités ci- avant n'aboutissent pas tous aux conduites primaires DN1200 desservant cette station.

Autre constat issu des investigations : certains collecteurs aboutissant à la station véhiculent également quelques eaux usées.

**c** - Le secteur Sud et Ouest est composé de la cité 08 Mai, 11 décembre, la cité dite Plaine Ouest et la cité Seybouse. Les réseaux de ce secteur sont de type séparatif. Les eaux usées dévorant aboutir à la station de pompage N°01 et les eaux pluviales vers le canal de ceinture.

A partir de la station de pompage N°01 (Centrale Sidi Brahim), les eaux usées sont refoulées vers la station d'épuration.

**- la station de relevage 2301-SR13 « Plaine Ouest » :**

Est située à l'Est de l'agglomération d'Annaba en rive droite du canal de ceinture. Elle reçoit de manière gravitaire des effluents provenant des quartiers SafSaf 01, Sidi Harb et Belaïd Belgacem ;

Les effluents pompés sont refoulés à la station 2301-SR01 « Sidi Brahim »

Ces effluents sont en théorie des eaux usées, le réseau d'assainissement de cette zone étant de type séparatif. Cependant, toutes les eaux usées collectées n'aboutissent pas à la station de pompage : il existe de nombreux rejets directs dans le canal de la ceinture et dans l'Oued Forcha, provenant soit de collecteurs d'eaux usées non raccordés, soit de collecteurs en principe pluviaux, mais qui véhiculent manifestement une certaine quantité d'eaux usées.

**- la station de relevage SR14 « Plaine Ouest 2 » :**

Est située à l'Ouest de l'agglomération d'Annaba, dans la cité « 500 Logements, Plaine Ouest », en bordure de l'Ouest Bouhdid.

Légende :

Eaux pluviales.

Eaux Usées.

## **V.2. Réseau d'assainissement d'EL Bouni :**

Le réseau des eaux usées de la Commune EL Bouni est composé par deux parties :

### **Partie A :**

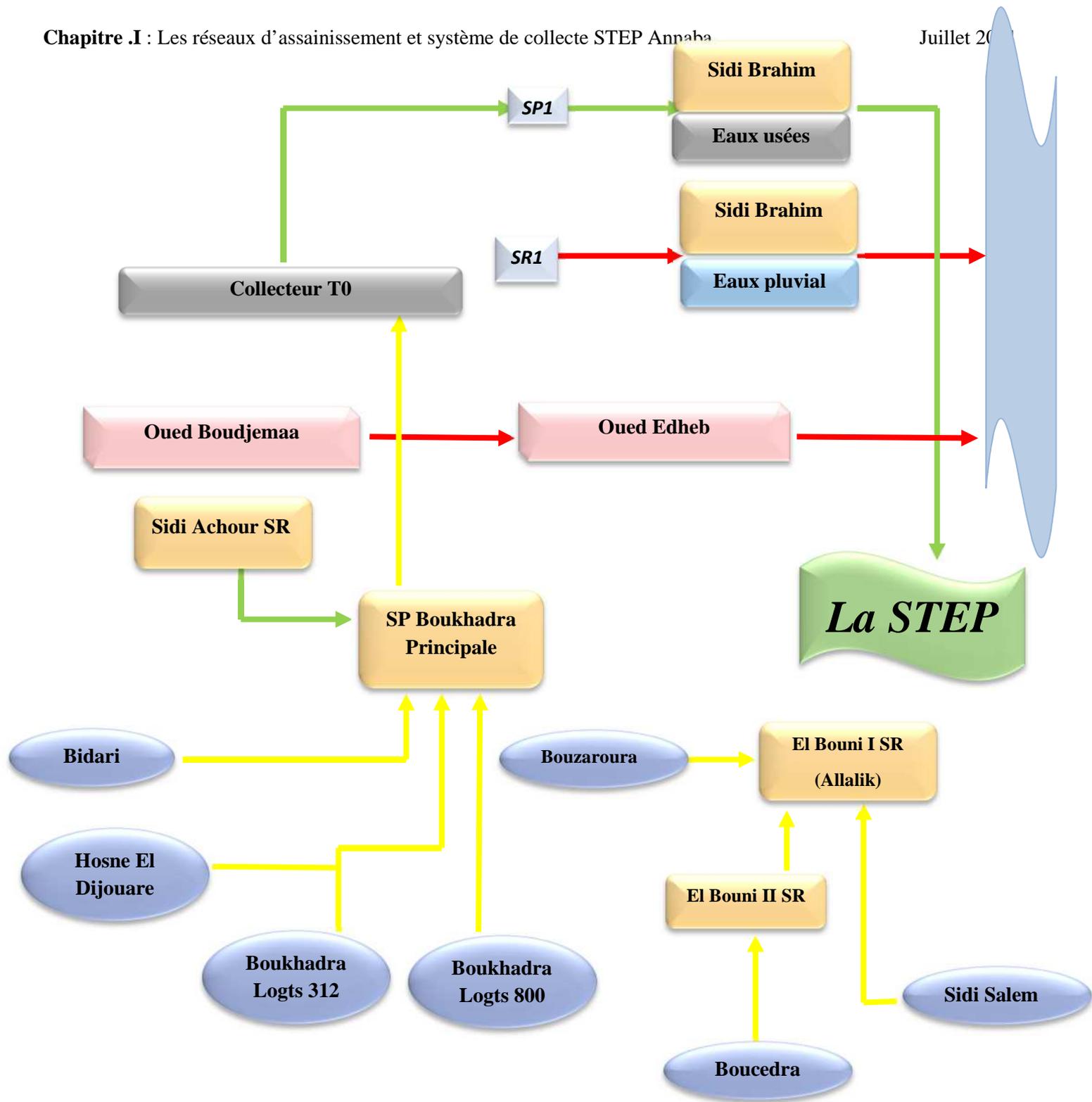
Toutes les eaux des agglomérations Bidari, Hosne EL Djouare, Boukhadra 312 logts, Boukhadra 800 logts sont acheminés avec les eaux provenant de la station relevage Sidi Achour vers la station de pompage Boukhadra principale.

A partir de cette dernière (Boukhadra principal) les eaux usées sont refoulées vers le collecteur principal T0.

### **Partie B :**

Les eaux usées mixtes de la localité de Boucedra sont relevées vers la station de relevage EL Bouni 02, alors que les localités de Bouzaaroura et Sidi Salem qui ont un réseau d'assainissement mixte acheminent leurs eaux usées mixtes vers la station de relevage d'EL Bouni 01 (L'Allalick).

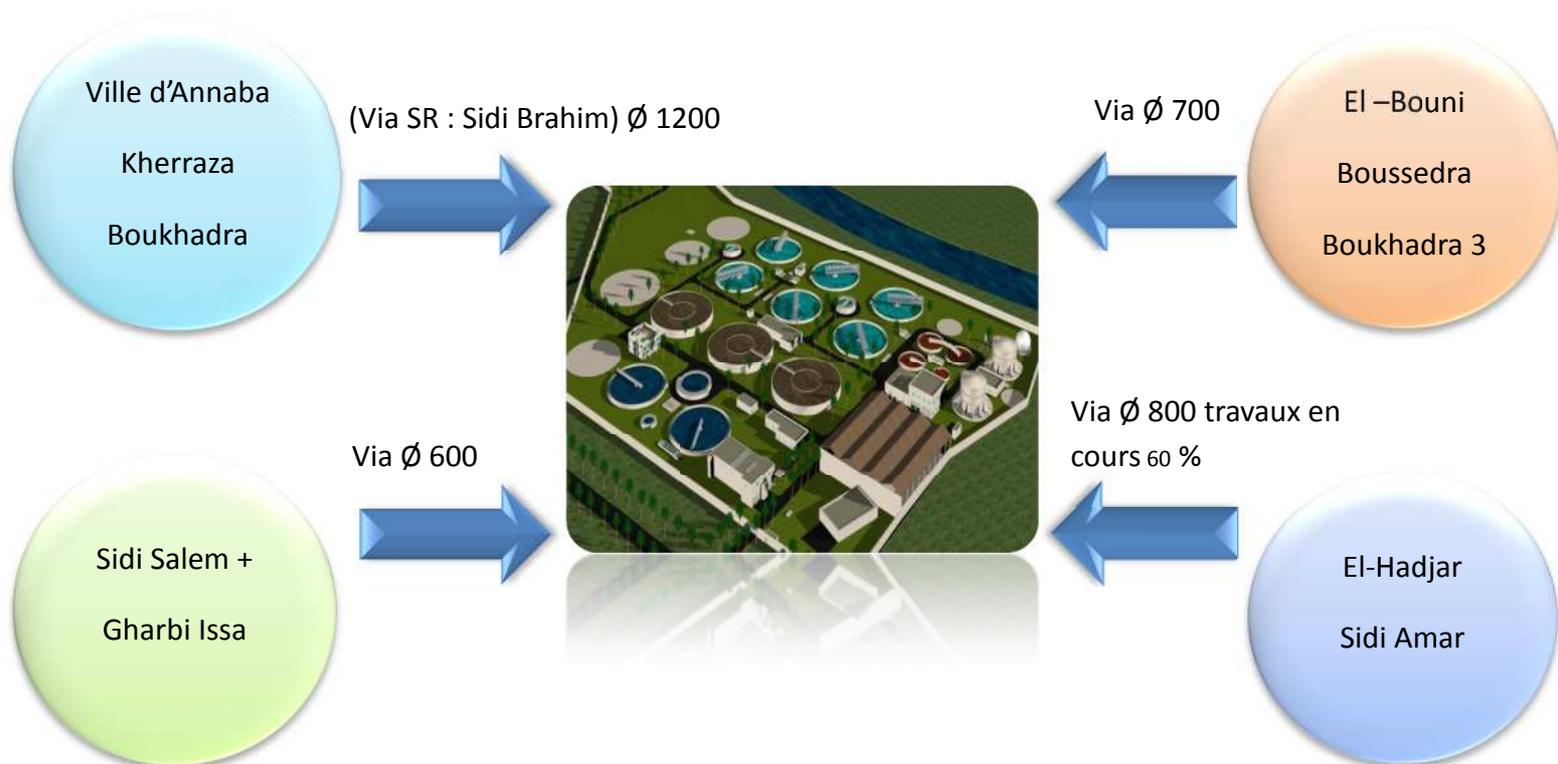
A partir de la station de relevage d'EL Bouni 01 (L'Allalick) les eaux usées sont refoulées vers la station d'épuration ou vont subir un traitement par procédé boue activée moyenne charge.



Légende :

- ➔ Eaux Mixte
- ➔ Eaux pluviales
- ➔ Eaux Usées

**Fig.5 :** Plan d'installation centre El-Bouni.



**Fig.6** : schéma de réseau desservant la STEP d'Annaba.



Fig.7 : Photo diagramme représentant la collecte des eaux usées aboutissant à la STEP d'Annaba.

## **VI. Conclusion :**

Le réseau d'assainissement de la ville d'Annaba est divisé en trois secteurs géographiques dominants :

- Le secteur Nord dont toutes les eaux usées sont acheminées vers la station de relevage N°4 « Rizi Amor ».
- Le secteur central correspondant à l'ancien tissu urbain de la ville qui est doté d'un réseau séparatif, les eaux sont acheminées vers la station de pompage N°2 (Ancienne Gare).
- Le secteur Sud et Ouest est composé de la cité 8 Mai, 11 Décembre, la Cité dite plaine Ouest et la cité Seybouse.

Le réseau d'assainissement de la commune d'El Bouni.

- La station de pompage Boukhadra principal
- La station de relevage El Bouni II elle relève les eaux usées mixte
- La station de relevage El Bouni I elle relève les eaux usées mixte de Bouzaaroura, Sidi Salem et SR El Bouni II vers la STEP

*CHAPITRE II :*  
*PRÉSENTATION ET*  
*FONCTIONNEMENT*  
*DE LA STEP*  
*D'ANNABA*

## **I. Introduction :**

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

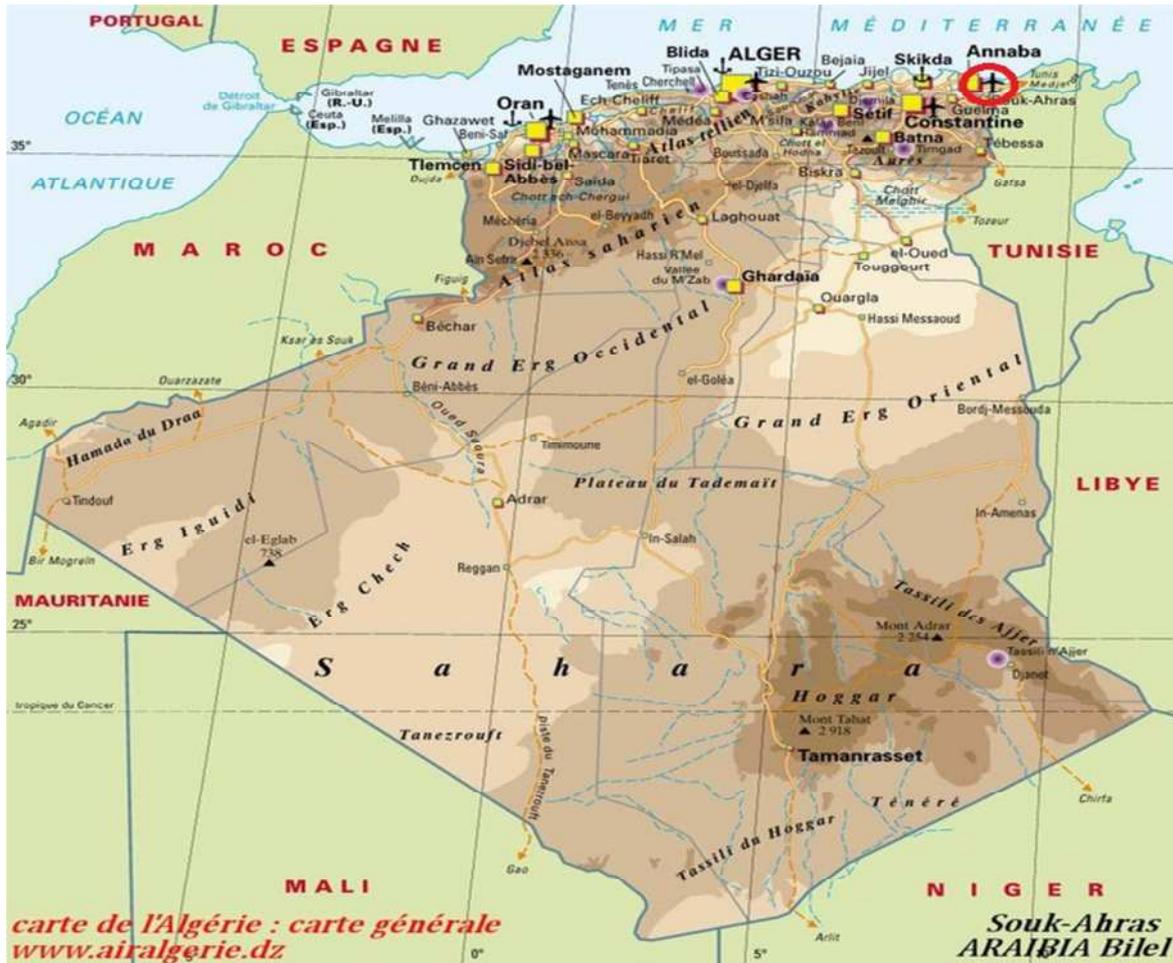
Les eaux usées sont collectées à travers un système de collecte acheminant les eaux vers la STEP. Le traitement mis en œuvre sert à éliminer la charge polluante afin de répondre aux normes de rejet. Actuellement les eaux usées épurées sont directement rejetées vers le milieu naturel oued Seybouse, alors que l'objectif à moyen terme de la STEP était la réutilisation des eaux usées épurées. (Irrigation des zones agricoles et l'alimentation des industries).

## **II. Situation géographique de la station d'Annaba :**

### **II.1. Situation géographique d'Annaba :**

▲ La wilaya d'Annaba appelée capitale industrielle de l'Est Algérien, Elle occupe une position stratégique sur le littoral septentrional de la Méditerranée, elle est repérée entre les latitudes 36°30' Nord et 37°03' et longitudes 7°20' Est et 8°40' Ouest (**Figure 8**).

▲ Située à 600 km de la capitale, à l'extrême est de pays, ouverte sur le littoral méditerranéen sur 80 km, surplombée dans sa partie ouest par les montagnes de l'Edough, sa situation est assez privilégiée, abritée du vent par ces montagnes de l'Edough bénéficiant d'un climat doux, elle s'étend sur 1412 km<sup>2</sup> et abrite une population qui avoisine les 600.000 hab.



**Fig.8** : Carte géographique représentative de la situation de la ville d’Annaba et ses coordonnées géographiques.

## II.2. Situation de la zone d’étude :

▲ La commune d’**El Bouni** est située à l’Est de la wilaya d’**Annaba**.

L’ensemble urbain d’El Bouni est constitué de la Zone d’El Bouni, de Bouzaâroura, de Boukhadra et du MIN (Marché d’Intérêt National).

Cet ensemble est délimité comme suit :

- Au Nord par : la ville de Annaba,
- Au Sud par : la commune de Sidi Amar et d’El Hadjar,
- À l’Est par : la localité de Sidi Salem et l’aéroport,
- À l’Ouest par : la RN 44 et Kherraza.

Ce secteur s’étale sur une superficie de 3.264 ha, et abrite plus de 58.625 habitants logés dans 9.971 logements.

- ▲ La station d'épuration à L'Allelik (El Bouni) est située à quelque 5 kilomètres au sud de la ville de Annaba, Elle se localise précisément entre la commune El Bouni et la commune Sidi Salem, comme est indiquier par la **Figure 9** si dessous.



**Fig.9** : Station d'épuration d'Annaba.

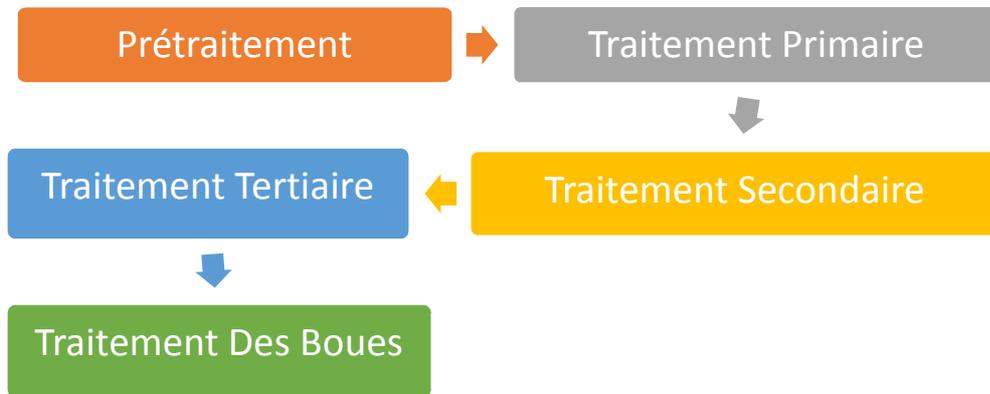
### III. Capacité de la station d'épuration :

On récapitule dans (**Tableau 3**) suivant les principaux paramètres de la Station d'Épuration d'Annaba.

**Tableau 3** : Principaux paramètres de la STEP d'ANNABA.

Paramètres	Unités	Echéance 2025	Echéance 2035
Population	EH	580700	674000
Charges polluantes à traiter			
DBO <sub>5</sub>	kg/j	34842	40440
DCO	kg/j	69684	80880
MES	kg/j	40649	47180
NTK	kg/j	6968	8088
Pt	Kg/j	1045	1213
Charges hydrauliques à traiter			
Volume journalier	m <sup>3</sup> /j	83620	107840
Débit de pointe de temps sec	m <sup>3</sup> /h	5924	5400
Débit de pointe de temps de pluie	m <sup>3</sup> /h	8884	8100
Température effluent			
Maximale		< 25°C en moyenne horaire	
Minimale		> 12°C en moyenne hebdomadaire	
Ph effluent		Compris entre 5.5 et 8.5 en moyenne horaire	

## IV. Mode de fonctionnement de la station de Annaba :



**Fig.10** : Etapes de traitement de la STEP d'Annaba.

### IV.1. Le prétraitement :

#### IV.1.1. Amenée des eaux brutes :

Les eaux brutes sont acheminées vers les ouvrages de la station par deux collecteurs principaux et relevé à l'entrée de la station.

L'ouvrage d'entrée du poste de relevage est équipé d'une grille à nettoyage manuel protégeant l'installation contre l'arrivée intempestives des gros objets pouvant nuire aux étapes du traitement ultérieure.

Les refus de la grille sont remontés manuellement à l'aide d'un râteau depuis le radier de l'ouvrage d'entrée du poste de relevage jusqu'au réceptacle de détritrus.

#### IV.1.2. Dégrillage fin :

De la station de relevage, les eaux seront refoulées vers le poste de dégrillage fin, qui comprendra 04 canaux de dégrillage de largeur 1.2 m Anchrage automatique.

Chacun des 4 canaux de dégrillage est isolable par batardeaux pour les opérations d'entretien ou en cas de dysfonctionnement en cas d'intervention sur un canal, les trois canaux en service sont capables de dégriller les débits de pointe en temps sec de l'horizon 2025.



Déchets



**Photographie 1** : poste de dégrillage.

### **IV.1.3. Dessablage et déshuilage :**

Cette phase de prétraitement est réalisée dans un dessableur déshuileurs type longitudinal à trois sections aérées.

La vitesse d'écoulement à travers le dessableur doit être comprise entre 0.15 - 0.30 m/s ce qui permet une élimination totale de sable de granulométrie de 0.20mm.

L'eau est aérée par des pompes aératrice immergées permettant d'une part la bonne séparation de sable l'eau usée et d'autre part favorisant la remontée (flottation) des gouttelettes d'huiles et des graisses en surface.

Le sable sédimenté est enlevé au moyen d'une pompe suceuse jusqu' à une trémie de stockage de sable.

Les huiles seront récupérées par un système de raclage de surface évacue les flottants dans une bêche a graisse commune aux ouvrages, est équipée d'une rampe d'aspiration d'eau industrielles, une pompe permet d'évacuer les graisses vers l'étage de digestion.



Sable



**Photographie 2 : Dessableur et Déshuileur.**

## IV.2. Traitement primaire :

### IV.2.1. Répartition des eaux prétraitées :

A la sortie des ouvrages de dessablage-déshuilage, la répartition des effluents prétraités sur les deux décanteurs primaires est assurée par la mise en place des déversoirs de 5m de long chacun et deux vannes murales.

Cet ouvrage de répartition comprend également un by-pass isolé par batardeau qui permet, de rejeter les eaux prétraitées.



Photographie 3 : Répartition des eaux prétraitées.

### IV.2.2. Décantation :

Le décanteur primaire permet l'élimination de 30% de la DBO5 et 70% de MES.

Les boues primaires des décanteurs primaires sont extraites par des pompes centrifuge un et envoyées vers un épaisseur statique.

### IV.2.3. Relèvement intermédiaire :

L'alimentation du traitement biologique est réalisée par un poste de relèvement.

Les avantages de ce poste de relèvement intermédiaire sont les suivants :

- Il permet d'alimenter les bassins biologiques avec une hauteur d'eau importante (7.5 m).
- Il autorise la maîtrise des débits de transition par le traitement biologique.
- Il mélange les eaux des deux décanteurs primaires.



**Photographie 4** : Relevage intermédiaire.

### IV.3. Traitement biologique :

Les trois bassins d'aérations de forme circulaire seront alimentés en eau usée prétraitée, chaque bassin est équipé d'un oxymètre permettant de contrôler en continu la teneur en oxygène de la biomasse.



**Photographie 5 : Bassin biologique.**

Après un temps de séjour des eaux usées dans le bassin d'aération, le mélange eaux boues activées sera évacué par l'intermédiaire d'un déversoir vers les ouvrages de dégazage.

#### **IV.3.1. Dégazage :**

Le dégazage de la liqueur mixte s'effectue dans deux ouvrages communs chacun à deux lignes de bassins biologique. Ils sont dimensionnés pour recevoir la totalité de la liqueur mixte à l'horizon 2035.

Ces 2 ouvrages de 12 m de diamètre sont circulaires. Ils sont équipés d'un bras racleur de surface qui permet de récupérer les mousses et les flottants. Ces derniers sont repris par une trémie située à la périphérie de l'ouvrage puis évacués gravitairement vers une fosse à flottants. Ils sont, ensuite, envoyés par pompage vers la bache à boues épaissies.

Chaque ouvrage de dégazage assure également la répartition de la liqueur mixte entre 04 clarificateurs à l'aide de déversoirs. Ainsi les deux déversoirs qui alimenteront les deux clarificateurs supplémentaires prévus à l'horizon 2035 sont d'ores et déjà construits pour anticiper l'extension de la station.

Il est possible d'isoler chaque clarificateur par la fermeture de la vanne murale d'alimentation de la file concernée.

### IV.3.1.1. Les caractéristiques des dégazeurs :

Les caractéristiques des dégazeurs sont les suivantes :

**Tableau 4** : Les caractéristiques des dégazeurs.

Caractéristiques	Unité	Valeurs
Nombre d'ouvrages	u	2
Débit max par ouvrage	m <sup>3</sup> /h	10215
Débit vers clarificateur	m <sup>3</sup> /h	2554
Diamètre dégazeur	m	12
Diamètre cloison siphonide	m	11,5
Diamètre conduite d'arrivée	m	3,2
Hauteur déversoir	m	4,8
Lame d'eau	m	0,14
Surface utile de dégazage	m <sup>2</sup>	95,8
Vitesse de dégazage	m/h	106,6
Volume utile de dégazage	m <sup>3</sup>	472



**Photographie 6** : Dégazeur.

#### IV.4. Clarification :

L'étape de clarification permet d'assurer séparation entre les boues et l'eau traitée. L'efficacité de la séparation eau/boue dépend de la décantabilité des boues (liée à la nature des effluents) et de la capacité de l'ouvrage à atténuer de fortes variations de charges hydrauliques.

Ces choix est conditionné par le diamètre important des ouvrages et de la nécessiter de contrôler efficacement l'extraction des boues décantées de façon à limiter leur temps de séjour dans l'ouvrage.

Les boues décantent au fond de l'ouvrage. De là, elles sont aspirées grâce à un ensemble de tubes verticaux qui balayent toute la surface de l'ouvrage à chaque rotation du pont. La technologie des tubes de suction assure le maintien d'un lit des boues homogènes dans l'ouvrage tout en évitant des temps de séjour trop importants pour les boues.

Les ouvrages sont également équipés d'un dispositif de raclage de surface. Les surnageants ainsi récupérés directement dans le caisson du pont racleur et se trouvent mélangés aux boues aspirées en fond d'ouvrage.

La liqueur mixte maintenue en suspension dans les bassins d'aération, passe dans six bassins de clarifications de forme circulaire pour y obtenir un surnageant clair et limpide que l'on peut évacuer vers le milieu récepteur après le traitement tertiaire.

Chaque clarificateur est équipé d'un pont racleur qui contiendra :

- Des lames racleuses de fond qui ramèneront les boues vers la fosse centrale à boues, d'où elles sont reprises par l'intermédiaire des pompes suceuse vers la filière de traitement des boues.
- Des lames de surfaces permettant de récupérer les écumes et matières flottantes.

#### IV.4.1. Les caractéristiques des bassins de clarification :

Les caractéristiques des bassins de clarification sont présentées ci-dessous :

**Tableau 5 : Caractéristiques des clarificateurs.**

Caractéristiques	Unité	Valeurs
Nombre d'ouvrages	u	6
Débit max par ouvrage (sans retour)	m <sup>3</sup> /h	1535
Débit max par ouvrage (avec retour)	m <sup>3</sup> /h	2554
Indice de décantation	ml/l	170
Diamètre (sans voile extérieur)	m	42
Largeur goulotte (avec voile)	m	0,75
Diamètre Clifford	m	4,8
Surface au miroir	m <sup>2</sup>	1270
Surface au radier	m <sup>2</sup>	1468
Charge hydraulique maxi au radier	m/h	1,21
Charge maximale au radier	Kg MES/m <sup>2</sup> /h	8,7
Hauteur d'eau périphérique	m	3,5
Hauteur droite	m	3,9
Type clarificateur	–	Cylindrique à fond plat



**Photographie 7 : Clarificateur.**

#### IV.5. Poste de recirculation et d'extraction des boues :

La recirculation des boues recueillies dans les clarificateurs a pour objectif de maintenir la concentration en biomasse épuratrice dans les bassins d'aérations et de maintenir dans les clarificateurs un voile des boues suffisant pour avoir une concentration des boues avant recirculation.

Compte tenu des concentrations dans les bassins et des concentrations atteintes à la sortie des clarificateurs, le taux de recirculation pourra atteindre 100%. Pour chaque puits à boues associé à un clarificateur, la recirculation est assurée par deux pompes immergées de débit unitaire  $520 \text{ m}^3/\text{h}$ . Les canalisations de recirculation alimentent le bassin d'anoxie amont commun aux différentes files de traitement biologique.

Une régulation de débit par un régulateur de type PID à une consigne de niveau calculé est appliqué pour la gestion de ce poste.

Une partie des boues extraites de la fosse centrale des décanteurs seront envoyées vers le poste relevage intermédiaire pour un éventuel recyclage vers le bassin d'aération tandis que les boues en excès seront dirigées vers le traitement des boues.



**Photographie 8** : Poste de recirculation et d'extraction des boues.

## IV.6. Traitement des boues :

### IV.6.1. Épaississeur primaire et biologique :

Les boues de la file biologique et de la file boues primaire sont envoyées vers les 02 épaississeurs primaires et biologiques pour une réduction de volume des eaux sans aucune dépense d'énergie.

La charge spécifique en matières sèches en  $\text{kg/m}^2$  est de 80 à 120 pour une concentration de 100 g/l de boues primaire épaissies.



Photographie 9 : Épaississeur biologique.

### IV.6.2. Bâche à boues stabilisée :

La stabilisation se fait par un contact des boues primaires et biologiques.

Une fois épaissies les boues contiennent encore une très forte proportion d'eau 97% à 98%.

Pour rendre les boues transportables ou pellé-tables une déshydratation complémentaire est employée par une simple addition de chaux et chlorure ferrique pour améliorer la filtration de la boue.



**Photographie 10** : Bâche a boues stabilisées.

### **IV.6.3. Digestion :**

La digestion est un procédé biologique de stabilisation des boues à 35°C, qui produit un bio-gaze valorisable.

Il est utilisé pour la production de l'eau chaude nécessaire au maintien de la température des boues dans les deux digesteurs de 3090 m<sup>3</sup>.

Ce poste de digestion des boues n'a jamais fonctionné depuis la réalisation de la station.



**Photographie 11 : Digesteur.**

#### **IV.6.4. Déshydratation et filtre presses :**

L'essorage des boues se fait par filtration mécanique, les filtres à plaques utilisée à la STEP Annaba sont les filtres presses de types à plaques faciles à mécanique pour la décharge des gâteaux obtenus.

Les gâteaux de boues sont stockés dans un hangar de stockage pendant 06 mois et destinés à l'agriculture comme engrais.



**Photographie 12 : Déshydratation.**



**Photographie 13 : Filtre presses.**



**Photographie 14** : Stockage.

#### **IV.7. Traitement de l'air :**

Le prétraitement et la déshydrations sont confinés dans des bâtiments dont l'aire est extraite vers des unités de bio-désodorisation permettant d'éliminer les nuisances olfactives.

##### **IV.7.1. Les by-pass :**

Pour but de facilité l'exploitation et les travaux d'entretien, la station contient les by-pass suivants :

- By-pass généraux.
- By-pass des dessableur-déshuileur.
- By-pass amont décanteur primaire.
- By-pass amont traitement biologique.

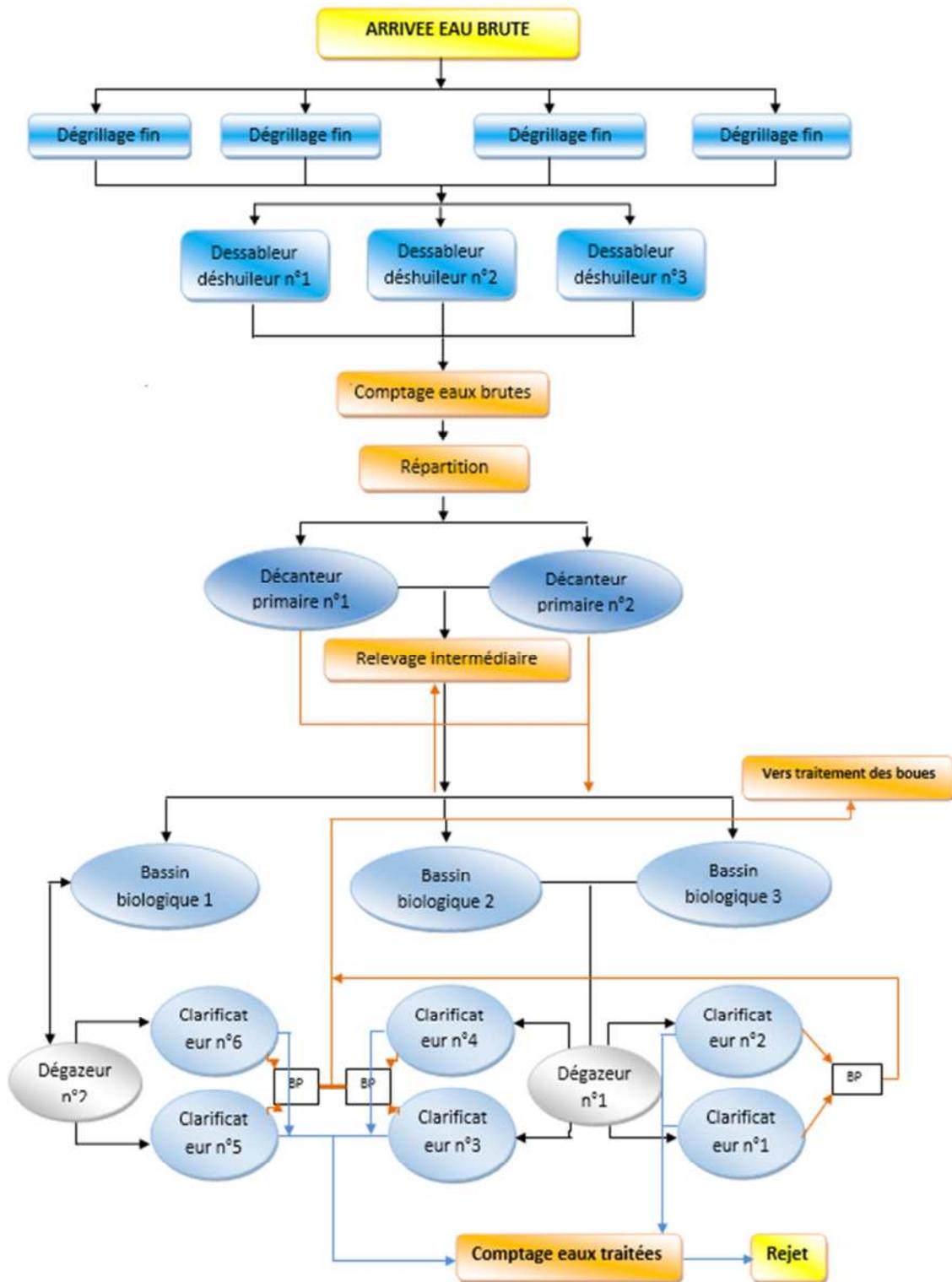


Fig.11 : Plan de fonctionnement de la STEP filière d'eau.

## V. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de donner une description détaillée du fonctionnement de la station d'épuration d'Annaba. Le procédé correspond bien à un traitement biologique à boues activées moyenne charge.

La station d'épuration de capacité de 580700 et 674 000 équivalents habitant respectivement pour les horizons 2025 et 2035.

Le procédé d'épuration 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, digestion et déshydratation.
- Traitement tertiaire de l'eau épurée, désodorisation du prétraitement et de la déshydratation.

CHAPITRE III :  
PRÉSENTATION  
DU GPS-X ET LE  
MODÈLE ASM1

# **I. Présentation du logiciel utilisé :**

## **I.1. Description :**

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.

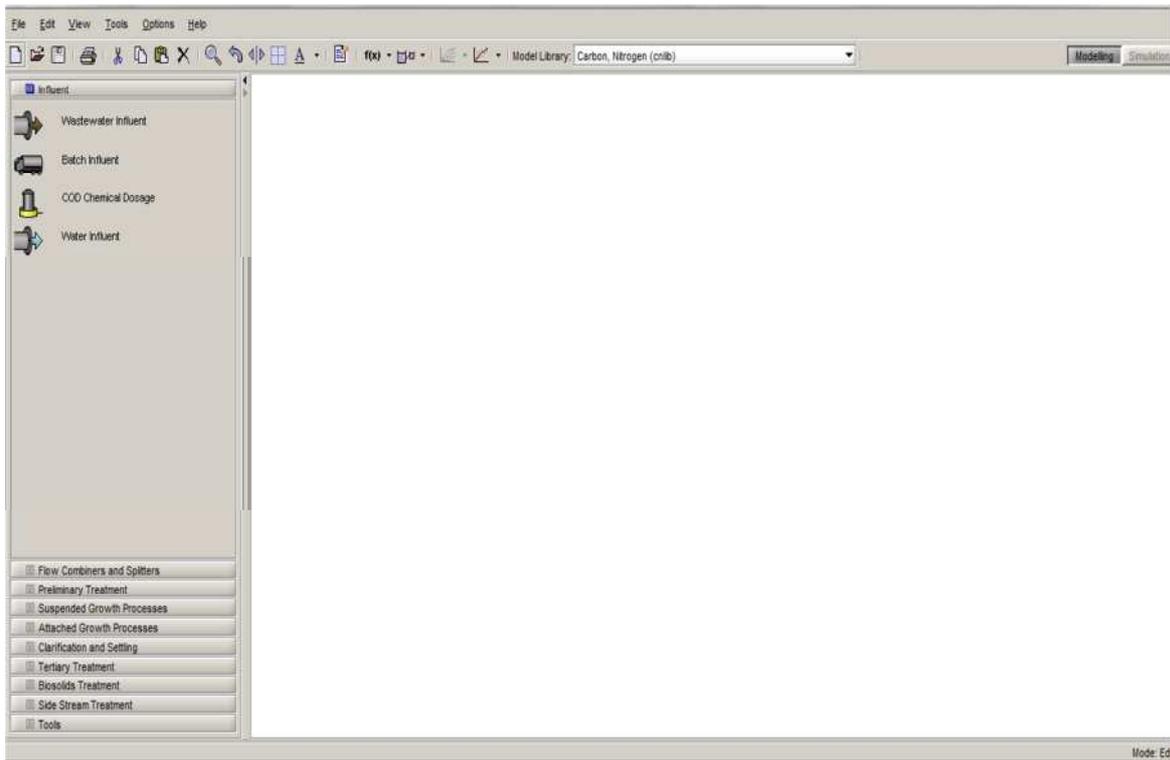
Le logiciel intègre de nombreux modèles répertoriés dans une bibliothèque (Library). Les modèles utilisés sont à la fois les modèles publiés au niveau international (ASM) mais aussi des modèles développés en interne par Hydromancies. De plus l'utilisateur peut créer son propre modèle.

Le logiciel GPS-X (Global Purpose 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.

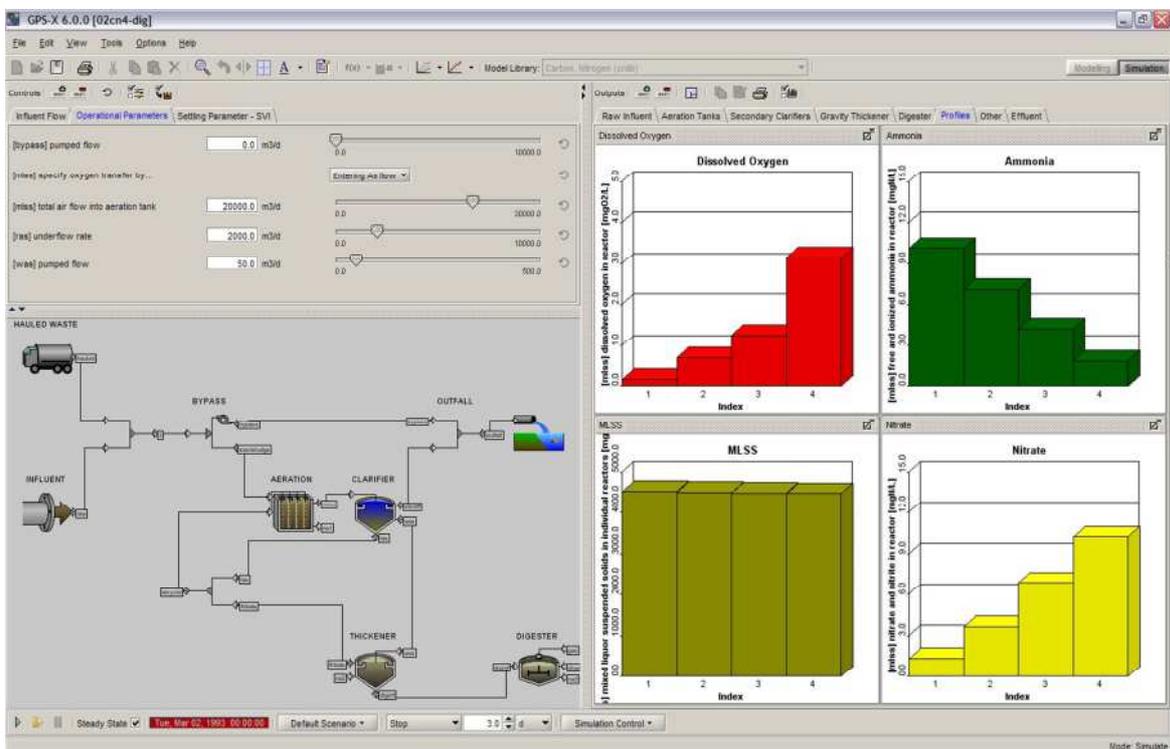
Ce logiciel, disponible au département d'hydraulique sous la responsabilité de Mr Hammar, est utilisé pour des simulations au niveau des travaux de recherche et des mémoires de fin d'étude.

## **I.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.



**Fig.12 : L'interface du GPS-X en mode Modélisation.**



**Fig.13 : L'interface du GPS-X en mode Simulation.**

### **I.2.1. 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 (CNPlib). 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.

### I.3. 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.

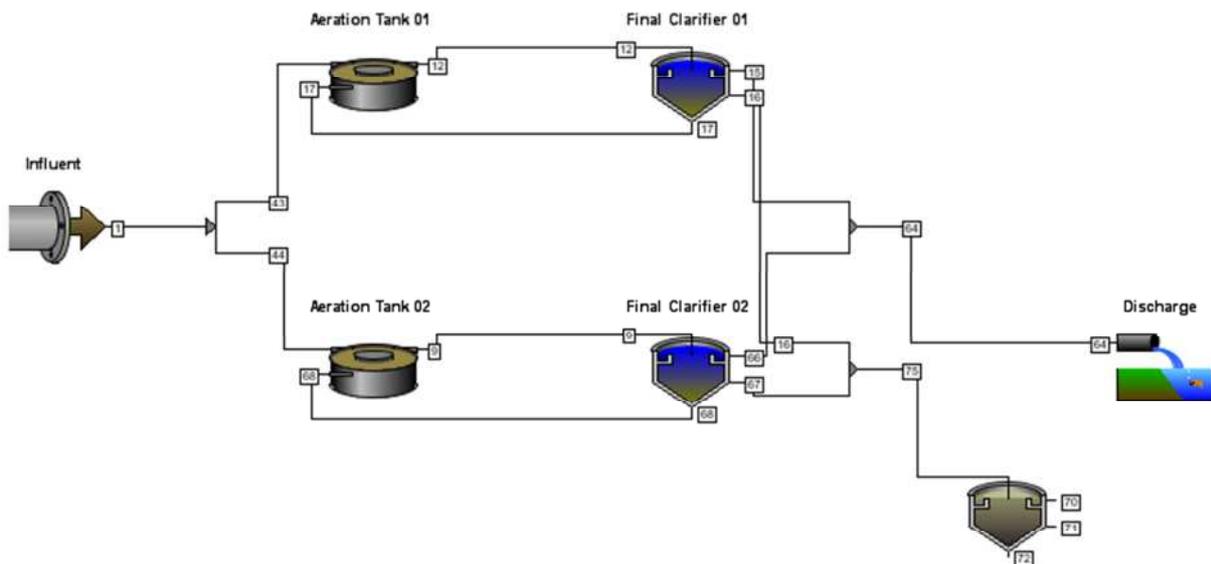


Fig.14 : Schéma STEP par GPS-X.

## II. Présentation du Model 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.

## **II.1. 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.

## **II.2. Variables :**

Tout en restant conforme aux nomenclatures utilisées dans les précédents

modèles, ASM1 utilise toutefois un vocabulaire particulier. Les constituants insolubles (ou particulaires) 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**.

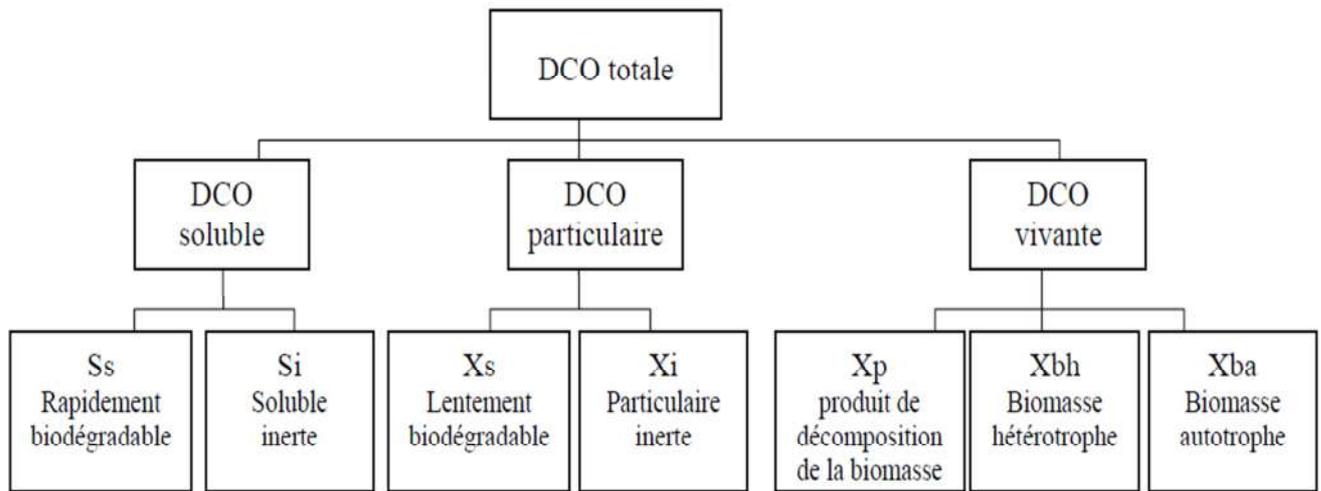
La matière organique dans les eaux résiduaires peut être subdivisée en un certain nombre de catégories.

- **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).

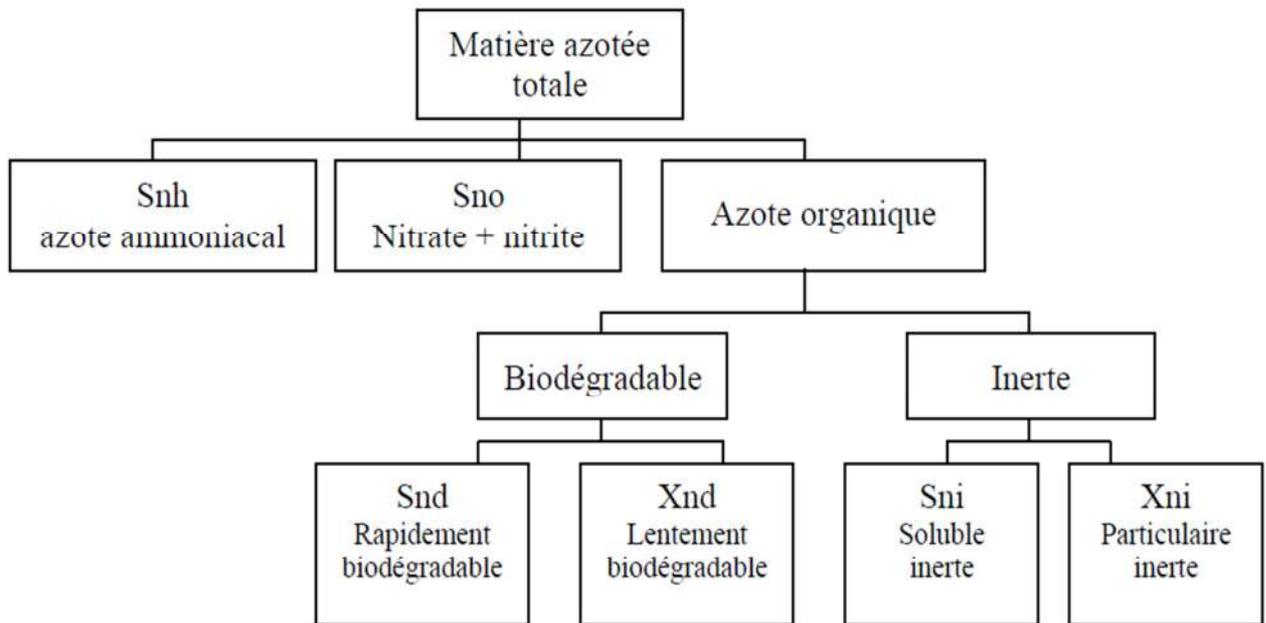
La matière organique est ainsi fractionnée en différentes parties dont les définitions se distinguent selon leur rôle dans la croissance de la biomasse. Elles interviennent dans le modèle sous forme de **variables** et caractérisent l'état de pollution de l'effluent brut, de la boue des bassins et de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



**Fig.15** : 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).



**Fig.16** : Fractionnement de l'azote.

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

### **II.3. 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 bio floc.

Au préalable, pour faciliter la modélisation, la matière rapidement biodégradable (Ss) est considérée comme le seul substrat pour la croissance de la biomasse hétérotrophe. La matière lentement biodégradable (Xs) est éliminée de la suspension instantanément par occlusion dans le bio floc.

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.

#### **II.4. 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 particulière, 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.**

#### **II.5. 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 ( $S_s$ ). 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.

### **III. 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 IV :*  
*PARTIE*  
*EXPÉRIMENTALE*

## **I. Introduction :**

La station d'épuration de la ville d'Annaba fonctionne avec le procédé d'épuration boue activée moyenne charge. Elle est destinée à traiter les eaux usées avant leur rejet dans l'oued Seybouse qui doivent répondre aux normes de rejets fixé par la réglementation Algérienne.

## **II - Prélèvements et échantillonnage des eaux usées :**

Lors de notre stage pratique on a effectué des prélèvements et des prises d'échantillons des eaux usées en tête et à la sortie de la STEP. L'échantillon est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser.

Les caractéristiques des eaux usées entrée à la STEP d'Annaba en Mai 2021 sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 6** : les débits des eaux usées entrées / sorties de la STEP d'Annaba en Mai 2021.

Date	Qj entrée	Qj sortie
Unité	m3/j	m3/j
01/05/21	28 258	26 845
02/05/21	46 730	44 393
03/05/21	19 234	18 272
04/05/21	35 994	34 194
05/05/21	41 542	39 465
06/05/21	41 976	39 877
07/05/21	18 760	17 822
08/05/21	19 787	18 797
09/05/21	37 441	35 569
10/05/21	39 049	37 096
11/05/21	32 325	30 709
12/05/21	43 375	41 206
13/05/21	31 114	29 558
14/05/21	28 326	26 910
15/05/21	20 712	19 676
16/05/21	43 469	41 296
17/05/21	39 177	37 218
18/05/21	48 624	46 193
19/05/21	37 021	35 170
20/05/21	37 876	35 982
21/05/21	39 325	37 359
22/05/21	38 088	36 183
23/05/21	38 499	36 574
24/05/21	51 186	48 627
25/05/21	39 301	37 336
26/05/21	38 047	36 144
27/05/21	35 277	28 883
28/05/21	35 530	33 754
29/05/21	25 954	24 656
30/05/21	55 566	52 788
31/05/21	31 864	27 023

### **III. Mode opératoire d'analyse des MES à la STEP**

#### **Annaba :**

Durant notre stage pratique on a effectué des manipulations au laboratoire.

#### **III.1. Détermination MES par filtration sur fibre de verre NF EN872 :**

##### **III.1.1. Principe :**

Séparation des matières en suspension par filtration sur disque en fibre de verre puis séchage à 105°C, la masse du résidu retenu sur le filtre est déterminé par pesée différentielle.

##### **III.1.2. Appareillage :**

- Equipement de filtration sous vide.
- Disque filtrant en fibre de verre D47.
- Fiole : 100ml/500ml.
- Balance analytique de lecture à 0.1mg.
- Etuve (105°C).
- Dessiccateur.



**Photographie 15** : Système de filtration.

### **III.1.3. Mode opératoire :**

- Laver le disque de filtration à l'eau distillée, placer-le sur le verre de montre en pyrex, puis sécher à l'étuve à 105°C jusqu'à masse constante (au moins 1heure).
- Laisser refroidir le disque au dessiccateur.
- Le peser à la balance de précision et noter la tare du filtre.
- Le mettre en place sur l'équipement de filtration.
- Agiter l'échantillon à analyser, puis verser dans une fiole un volume de 100ml pour l'eau brute et 500ml pour l'eau épurée.
- Verser progressivement l'échantillon sur le filtre. Noter le volume filtré.
- Rincer la fiole avec environ 10ml d'eau distillée et verser l'eau de rinçage sur le filtre.
- Rincer les parois en du système de filtration avec environ 20ml, laisser essorer le filtre.
- Récupérer le filtre avec une pince, et remis dans le verre de montre.
- Sécher à 105°C dans l'étuve pendant 2 heures.
- Retirer le filtre de l'étuve le placer dans le dessiccateur pour refroidissement.
- Peser avec la balance de précision.

### III.1.4. Expression des résultats :

- La teneur de l'eau en matière en suspension (mg/l) est donnée par l'expression.

$$\text{(MES en mg/l} = (\text{M}_1\text{-M}_2) \times 1000/\text{V}$$

$M_0$  = masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

$M_1$  = masse du disque filtrant après utilisation (mg).

$V$  = volume d'eau utilisé (ml).

### III.2. Détermination MES par centrifugation NF T90-105-2 :

Au cas où la méthode NF-EN872 méthode par filtration sur filtre en fibre de verre ne s'applique pour des raisons de la qualité de l'échantillon et du colmatage du papier filtre ou lorsque la qualité de l'échantillon est très chargée en matière en suspension (la durée de la filtration dépasse 30mn, l'utilisation de la méthode par centrifugeuse est recommandée NF T90 105-2).

#### III.2.1. Appareillage :

- Centrifugeuse susceptible de 4 500tr/mn.
- Capsule de 100ml verre borosilicaté, platine, ou silice.
- Etuve 105°C.
- Balance de précision du laboratoire.
- Un dessiccateur.



**Photographie 16** : Système de centrifugation.

### **III.2.2. Mode opératoire :**

- Centrifuger un volume d'eau de façon à recueillir au moins 30mg de matières.
- Séparer le liquide surnageant par siphonage sans perturbation du dépôt et jusqu'à une hauteur de 10mm de liquide au-dessus du dépôt.
- Les culots de matières sont transvasés dans une capsule tarée.
- Rincer les tubes à centrifuger par 3 fois avec petite quantité d'eau distillée (20ml).
- Introduire les eaux de lavages avec les culots dans la capsule séchée à 105°C.
- Sécher à 105°C jusqu'à masse constante.
- Laisser refroidir au dessiccateur.
- Peser.

### III.2.3. Expression des résultats :

- La teneur de l'eau en matière en suspension (**mg/l**) est donnée par l'expression.

$$\text{(MES en mg/l= (M}_1\text{-M}_0\text{) x1000/V)}$$

$M_0$ = masse de la capsule vide (mg).

$M_1$ =masse de la capsule pleine après dessiccateur à 105°C (mg).

$V$ = volume d'eau utilisé (ml).

**Tableau 7** : Les valeurs de MES des eaux usées entrées / sorties de la STEP d'Annaba en Mai 2021.

Date	MES entrée	MES sortie
Unité	MES entrée	mg/l
02/05/21	180	3,6
03/05/21	191	3,6
04/05/21	310	2,8
09/05/21	490	6
10/05/21	121,5	
11/05/21	190	1,2
12/05/21		5,2
16/05/21	170	11,6
17/05/21	240	6,8
18/05/21	203	7,2
23/05/21	200	6,8
24/05/21	320	6,4
25/05/21	290	8,4
30/05/21	352,5	8,4
31/05/21	200,5	13,6

## IV. Détermination de la demande chimique en oxygène DCO (DCO NFT90-101 février2001) :

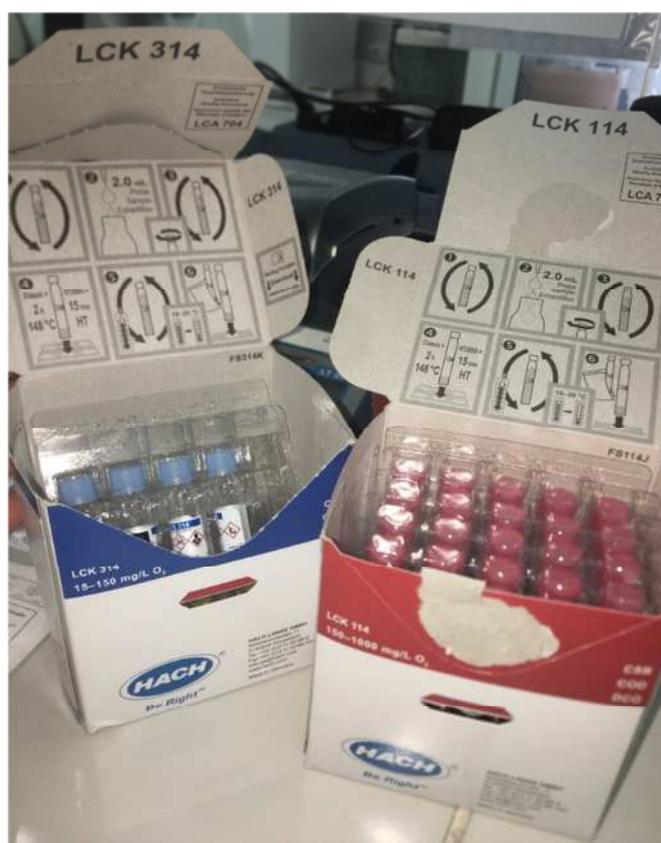
### IV.1. Définition :

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies

La mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leur origine organique ou minérale.

### IV.2. Mode opératoire :

- Prend le tube de réactif et l'agite le bien.
- Après ajoute 2 ml de l'échantillon et agite.
- Met le tube de réactif dans un thermostat à 148°C pendant 2h15min.
- Agite le tube après le met le dan un spectrophotomètre pour mesurer le DCO.



**Photographie17** : Les tubes des réactifs.



Photographie 18 : Thermostat.



Photographie 19 : Spectrophotomètre.

**Tableau 8** : Les concentrations de DCO des eaux usées entrées / sorties de la STEP d'Annaba en Mai 2021.

Date	DCO entrée	DCO sortie
Unité	mg/l	mg/l
02/05/21	304	38,5
09/05/21	490	38,9
17/05/21	381	47
23/05/21	251	42,2
30/05/21	525	42,2

## V. Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub> :

### V.1. Principe de fonctionnement :

La méthode respirométrique pour la demande biochimique en oxygène (DBO) est un test fait à 20° dans un environnement contrôlé. La longueur du test peut être de 5, 7 ou 10 jours, dépendant de l'analyse ou du protocole. Le test DBO mesure la quantité d'oxygène consommée par les bactéries qui oxydent les matières organiques dans un échantillon d'eau. Ce test est utilisé pour mesurer la quantité de déchets présents dans les usines de traitement des eaux usées, et pour examiner l'efficacité du traitement des eaux usées.

### V.2. Transfert de l'oxygène dans l'échantillon :

Les bactéries de l'échantillon consomment de l'oxygène tout en consommant les matières organiques dans les bouteilles de l'échantillon. L'air présent dans la bouteille au-dessous de l'échantillon contient 21% d'oxygène et réapprovisionne l'oxygène dissous consommé par les bactéries. Pendant la période du test, des bras agitateurs mélangent continuellement l'échantillon dans chaque bouteille. Ceci permet le transfert de l'oxygène de l'air à l'échantillon et aide à simuler les conditions naturelles.

### **V.3. Fonction du détecteur de pression :**

Le BOD TrakII est fermé hermétiquement pour empêcher que les changements de pression atmosphérique externes ne pénètrent dans la bouteille du test. Des détecteurs de pression surveillent la pression de l'air dans les bouteilles échantillons. Lorsque l'oxygène est consommé, la pression dans l'espace d'air situé au-dessus du liquide dans la bouteille diminue. La baisse de pression est en corrélation directe avec DBO.

### **V.4. Suppression du dioxyde de carbone :**

Du  $\text{CO}_2$  est produit quand des micro-organismes oxydent des matières organiques dans l'échantillon. Le dioxyde de carbone doit être éliminé du système pour qu'il n'interfère pas avec la mesure. Des pastilles d'hydroxyde de potassium (KOH) placées dans un couvercle hermétique dans chaque bouteille d'échantillon avant le test éliminent le  $\text{CO}_2$ .

### **V.5. Procédure :**

#### **V.5.1. Accessoires nécessaires :**

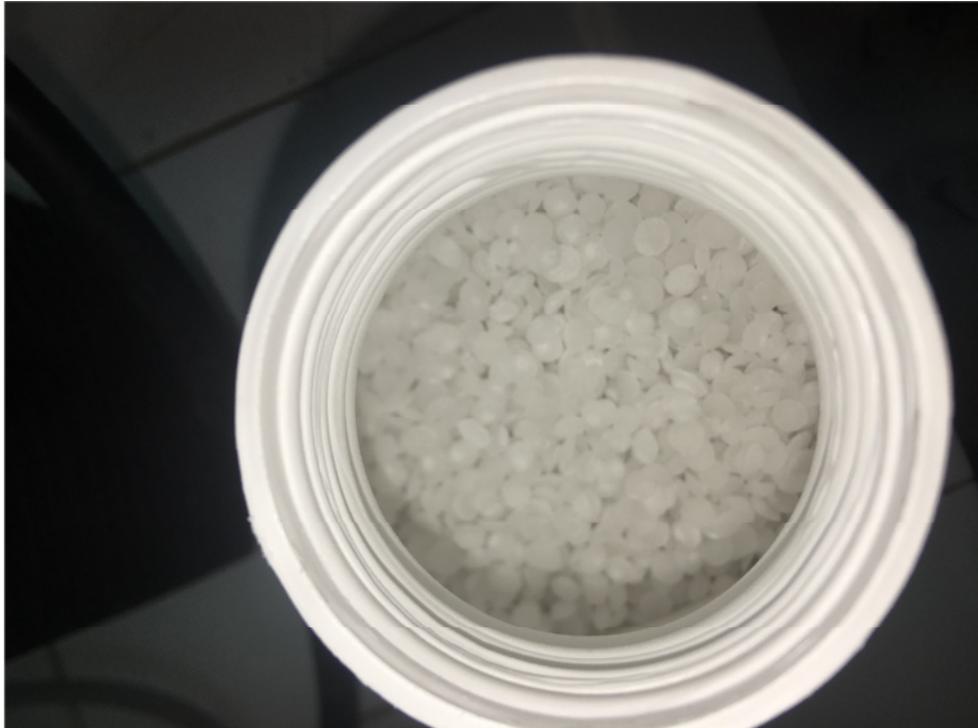
- -Bouteille BOD TrakII
- -Thermomètre
- -Eprouvette graduée
- -Mixeur



**Photographie 20 : Bouteille BOD TrakII.**



**Photographie 21** : Un sachet de substance nutritive tampon.



**Photographie 22** : Hydroxyde de potassium.

### V.5.2. Réactifs nécessaires :

- Un sachet de substance nutritive tampon
- Hydroxyde de potassium

**Tableau 9** : volume d'échantillons simplifiés.

Plage de la DBO mg/l	Volume de l'échantillon ml
0 à 35	420
0 à 70	355
0 à 350	160
0 à 700	95

1. Chauffer ou refroidissez l'échantillon de 19 à 21 °C.
2. Homogénéiser l'échantillon dans un mixeur s'il contient de gros solides en suspension ou flottant.
3. Choisir la taille d'échantillon correcte pour la plage de l'échantillon, mesurez l'échantillon dans un cylindre gradué.
4. Verser le contenu d'un sachet de substance nutritive tampon dans le cylindre gradué.
5. Mettre un agitateur BOD Trak II dans la bouteille.
6. Fermer la bouteille avec un couvercle hermétique.
7. Utiliser une cuillère spatule pour mettre 2 pastilles de KOH dans le couvercle hermétique.
8. Mettre les bouteilles sur le châssis du BODTrakII, connecter le tube avec la bouteille échantillon correspondante et serre le couvercle hermétique.
9. Mettre l'instrument dans l'incubateur. La température de l'incubateur devra être 20+/-1°C.
10. Brancher et mettre l'instrument en route. Assurer que les agitateurs tournent bien.
11. Appuyer sur la touche du canal 6 pour accéder au paramètre de durée du test. Utilisée les touches fléchées pour choisir un test de 5 jours.
12. Appuyer sur **off** pour sauvegarder vos sélections et quitter le menu.

13. Appuyer et continuer à appuyer sur la touche **ON** pour démarrer un test.

**Tableau 10** : Les concentrations de DBO5 des eaux usées entrées / sorties de la STEP d'Annaba en Mai 2021.

<b>Date</b>	<b>DBO5 entrée</b>	<b>DBO5 sortie</b>
<b>Unité</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>
<b>02/05/21</b>	<b>145</b>	<b>2,80</b>
<b>09/05/21</b>	<b>202</b>	<b>2,80</b>
<b>17/05/21</b>	<b>207</b>	<b>5,70</b>

*CHAPITRE V :*  
*MODÉLISATION ET*  
*SIMULATION DE LA*  
*STEP*

## **I. Introduction :**

La modélisation mathématique peut donc permettre de mieux appréhender le fonctionnement d'une station d'épuration des eaux usées, en choisissant des conditions opératoires et en les testant. Dans tous les cas, l'utilisateur spécifie ses entrées, fait exécuter la simulation, exploite les résultats calculés et juge de leur adéquation au problème posé. Si nécessaire, il modifie telle ou telle donnée et recommence le processus. Ce chapitre présente 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.

## **II. Caractéristique de l'effluent d'entrée :**

Avant d'entamer l'étape de simulation de la filière d'épuration nous avons étudié les données du bilan effectué en 2021 (02 mois) par l'office national d'assainissement (ONA) et le bilan Mai 2021 effectué par nous-même durant notre stage pratique à la station d'épuration.

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

**Tableau 11** : Les caractéristiques de l'effluent d'entrée bilan ONA 2021.

	<i>Paramètres</i>	<i>Valeurs entrés</i>
<i>Mars</i>	Débit [m <sup>3</sup> /j]	43 309
	DCO [mg/l]	233,27
	MES [mg/l]	143,14
	DBO5 [mg/l]	137,67
<i>Avril</i>	Débit [m <sup>3</sup> /j]	33 866
	DCO [mg/l]	196,02
	MES [mg/l]	190,75
	DBO5 [mg/l]	81

**Tableau 12** : Les caractéristiques de l'effluent d'entrée Mai 2021 (Période de notre stage).

<i>Mai</i>	Débit [m <sup>3</sup> /j]	36 111
	DCO [mg/l]	390,2
	MES [mg/l]	247,03
	DBO5 [mg/l]	184,67

**Tableau 13** : Ratios des charges polluantes des eaux usées à l'entrée de la station d'Annaba.

Année	Mois	VSS/TSS ratio	Particule COD [mg/l]	Particule COD/VSS ratio
2021	Mars	0.75	200.88	2.06
	Avril	0.75	168.82	2.06
	Mai	0.75	336	2.06

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 %**.

## II.1. Calcul des ratios :

a - VSS/TSS ratio = MVS/MES = 0.75.

b - Particule DCO = Tot DCO - Soluble DCO.

→ Soluble DCO = MES - MVS.

c - Particule DCO/VSS ratio = Par DCO/MVS = 2.06

## III. 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.

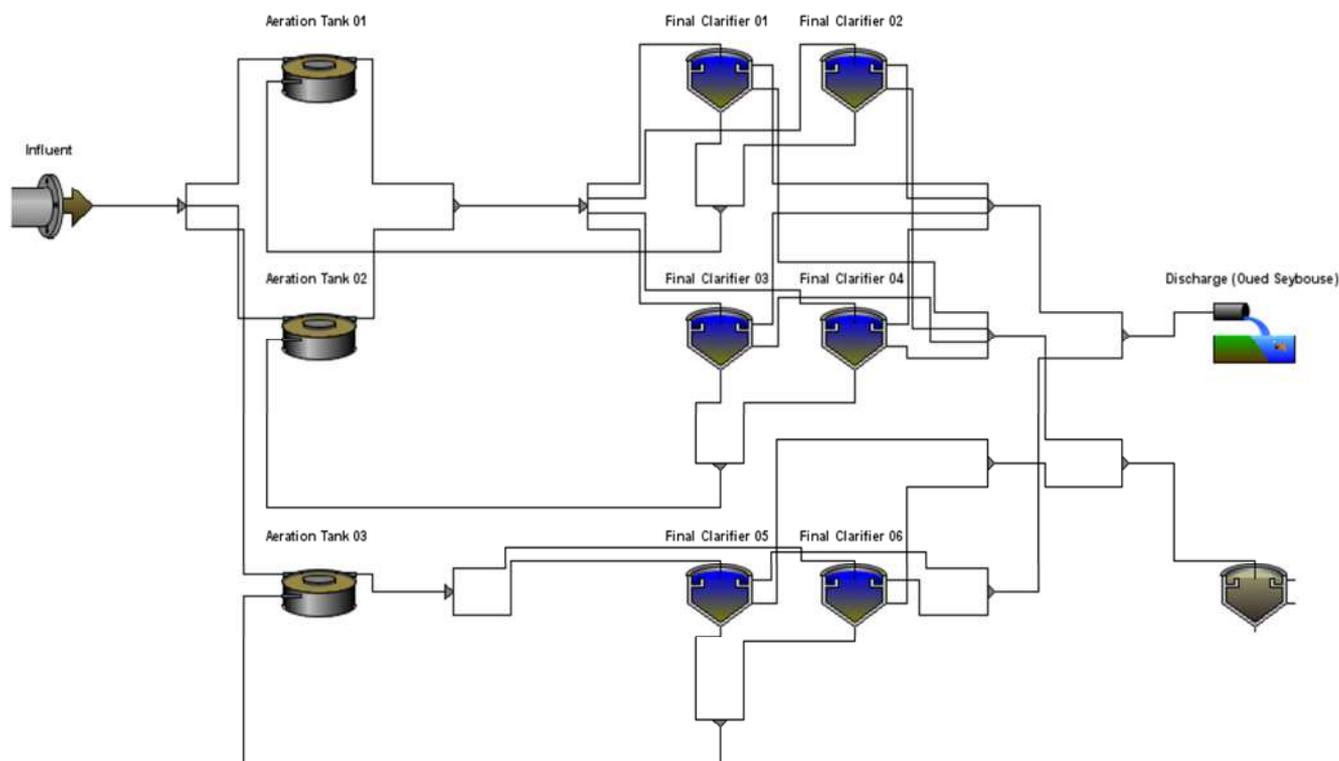
Afin de simuler le fonctionnement de la STEP, la modélisation doit passer par les étapes suivantes :

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

### III.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.

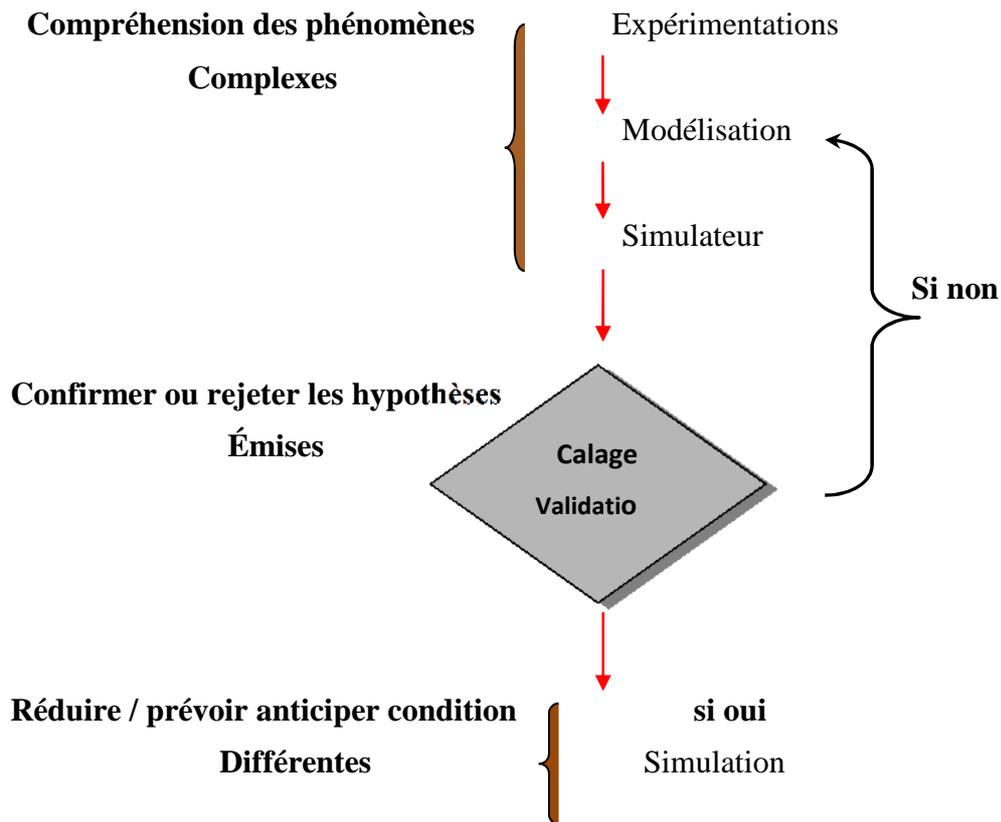
La figure suivante présente une description schématique de la STEP :



**Fig.17:** Schema STEP Annaba par GPS-X.

### III.2. Choix et calage du modèle :

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



**Fig.18** : Etapes de calage et validation (les étapes de la modélisation).

- **Expérimentations :**  
Essais réalisés pour étudier un phénomène.
- **Modélisation :**  
Représentation mathématique du déroulement de phénomènes biologique, physique, chimique.
- **Simulation :**
  - Représentation numérique de phénomènes complexes à partir de la résolution d'équations.
  - Utilisation d'un simulateur pour faire des expérimentations sur une représentation virtuelle de phénomènes complexes.
- **Calage :**  
Le calage d'un modèle consiste à ajuster ses paramètres dans le but de simuler le plus fidèlement possible le système réel.

- **Validation :**

Rendre représentatif dans des conditions données.

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.

**Tableau 14 :** Comparaison entre les valeurs moyennes analysées avec ceux simulées (Bilan 2021).

<i>Mois</i>	<i>Paramètres</i>	<i>Bilan STEP (2021)</i>	<i>Simulation GPS-X</i>
		<i>Valeurs analysées</i>	<i>Valeurs calculées</i>
<i>Mars</i>	DCO [mg/l]	43,72	72,05
	MES [mg/l]	11,31	5,22
	DBO5 [mg/l]	4,37	22,06
<i>Avril</i>	DCO [mg/l]	47,52	51,35
	MES [mg/l]	7,13	2,91
	DBO5 [mg/l]	3,78	19,28
<i>Mai</i>	DCO [mg/l]	41,76	58,03
	MES [mg/l]	6,54	3,56
	DBO5 [mg/l]	3,77	23,61

### III.2.1. Le choix du débit de recirculation et extraction :

#### III.2.1.1. Recirculation :

On a 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 analysées.

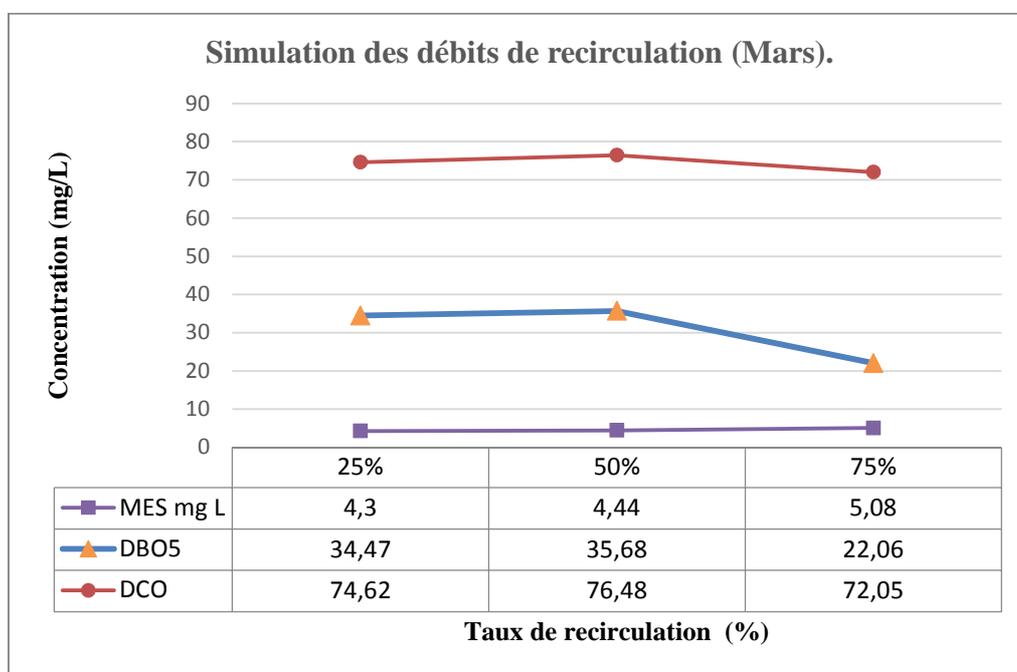
On a essayé différent taux de recirculation à savoir 25%, 50% et 75% du débit d'entrée de la STEP

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

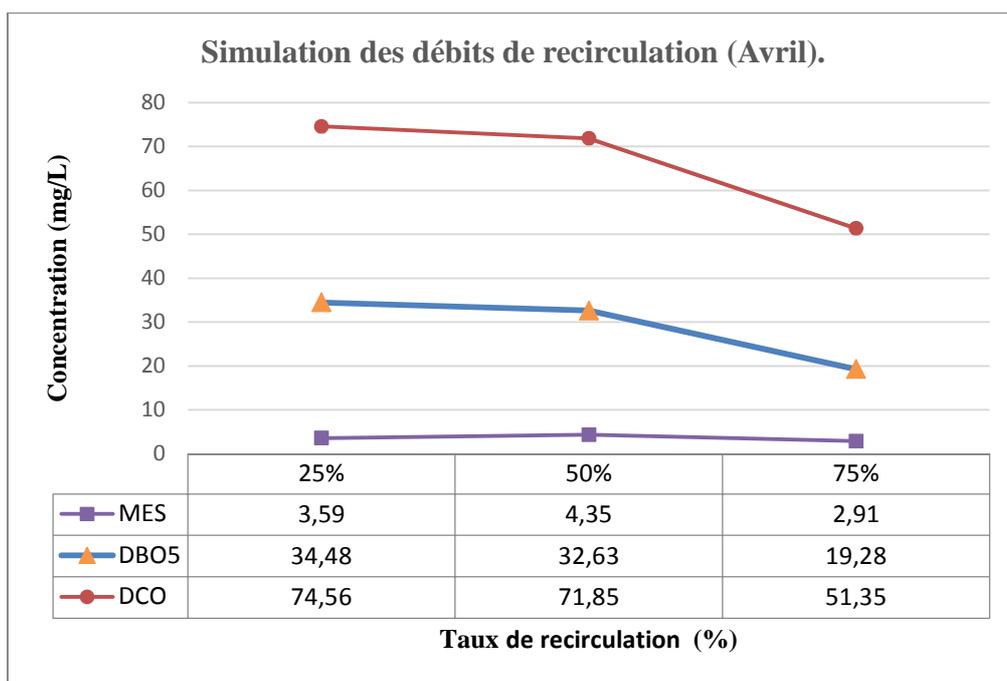
**Tableau 15** : Débits de recirculation de chaque mois.

Année	Mois	Le débit de recirculation [m <sup>3</sup> /j]		
		25%	50%	75%
2021	Mars	2706,81	5413,62	8120,43
	Avril	2116,62	4233,25	6349,87
	Mai	2256,93	4513,87	6770,81

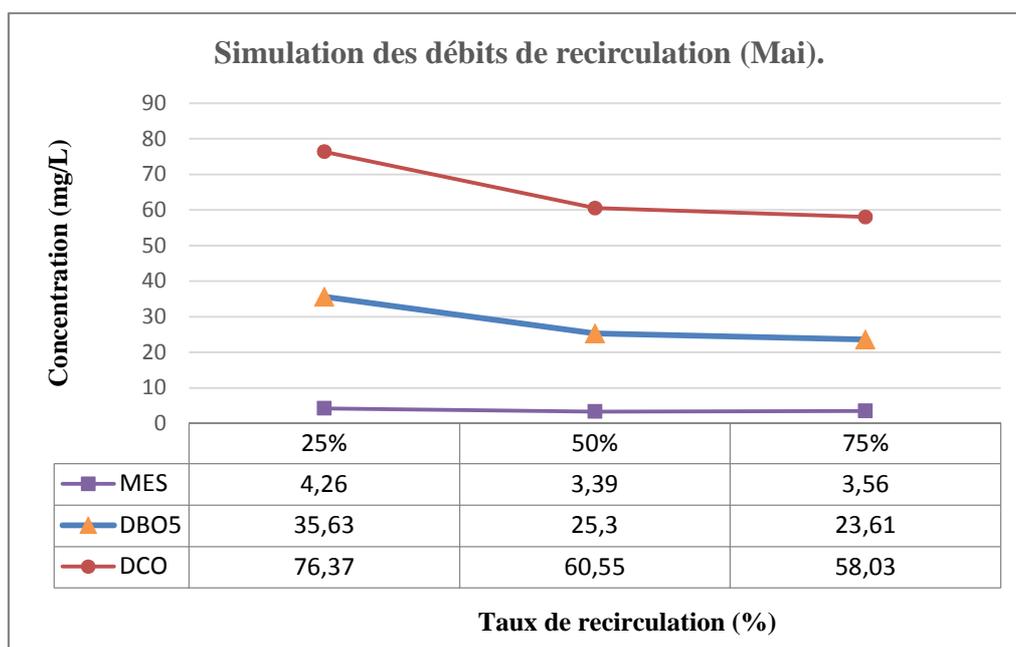
Les courbes suivantes représentent la simulation des débits de recirculation de chaque mois :



**Courbe 1** : Simulation des débits de recirculation (Mars).



**Courbe 2 : Simulation des débits de recirculation (Avril).**



**Courbe 3 : Simulation des débits de recirculation (Mai).**

On remarque qu'après plusieurs tentatives de simulation le modèle de fonctionnement optimal proche aux normes de rejet Algérienne est obtenu pour les valeurs des débits de recirculation de 75% du débit d'entrée.

### III.2.1.2. Extraction des boues :

Selon le choix du taux de recirculation, différents débits d'extraction ont été testés

Les tableaux suivants représentent la simulation des débits d'extraction de chaque mois :

**Tableau 16 : Simulation des débits d'extraction (Mars).**

Les débits d'extraction	250	400	500
MES	59,32	5,33	5,08
DBO5	64,62	30,93	22,06
DCO	131,98	69,5	72,05

**Tableau 17 : Simulation des débits d'extraction (Avril).**

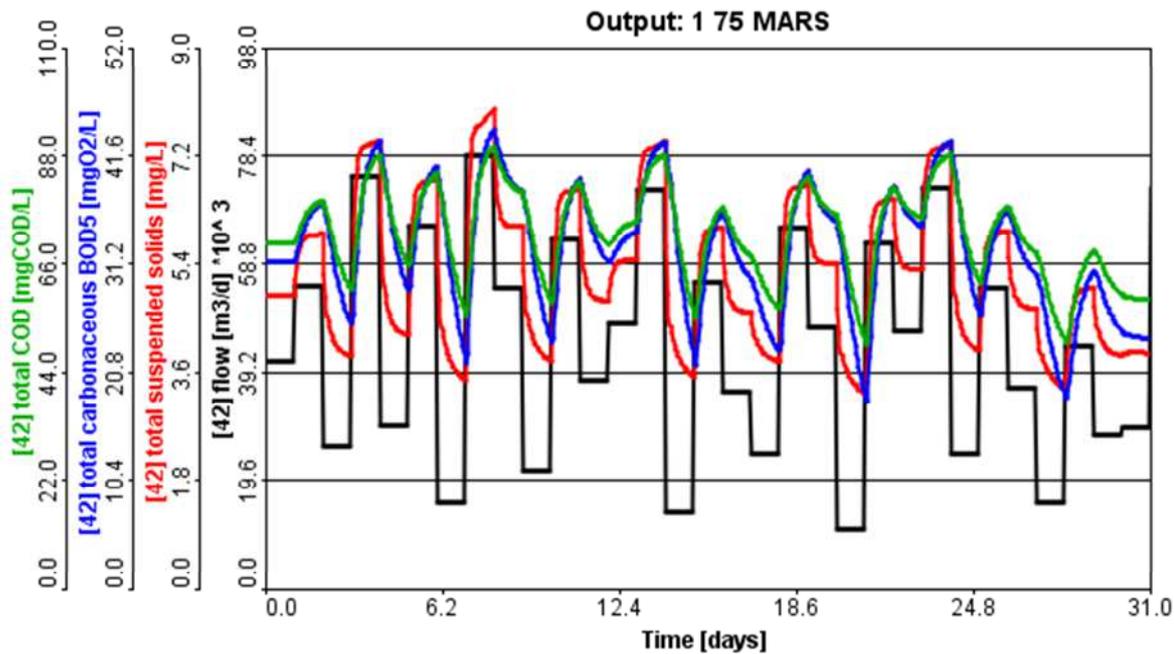
Les débits d'extraction	250	400	500
MES	7,48	5,12	2,91
DBO5	32,21	31,35	19,28
DCO	71,89	70,09	51,35

**Tableau 18 : Simulation des débits d'extraction (Mai).**

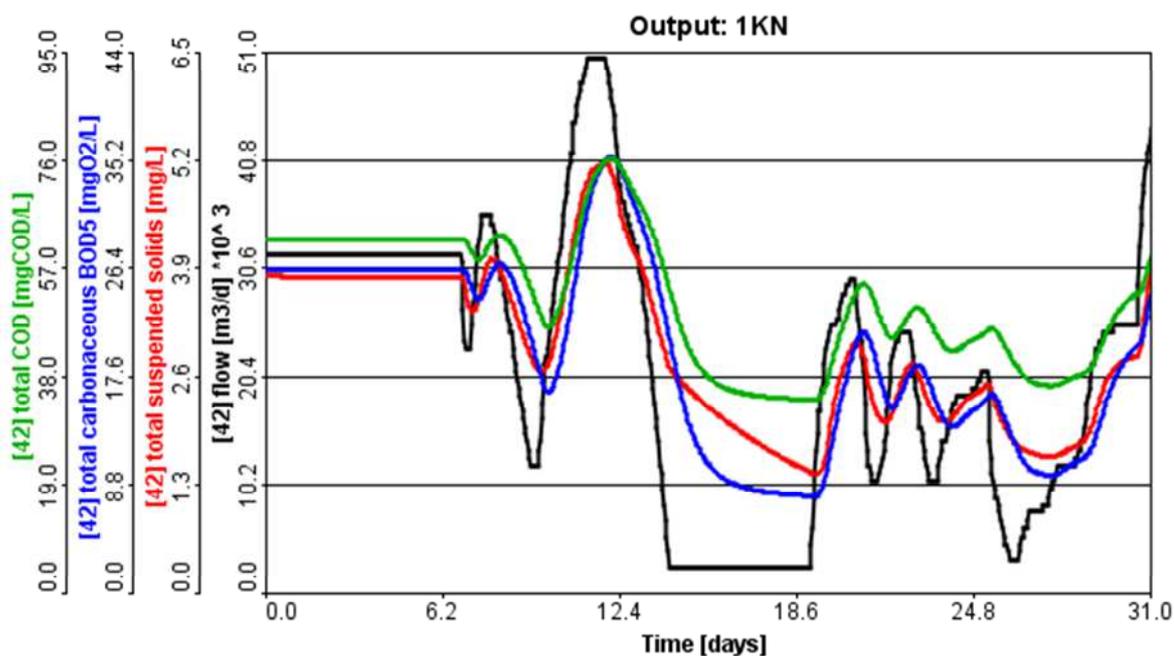
Les débits d'extraction	250	400	500
MES	11,65	9,06	3,56
DBO5	36,51	33,16	23,61
DCO	79,27	72,94	58,03

On constate d'après la simulation que le débit qui donne de bonnes performances est de 500 m<sup>3</sup>/j

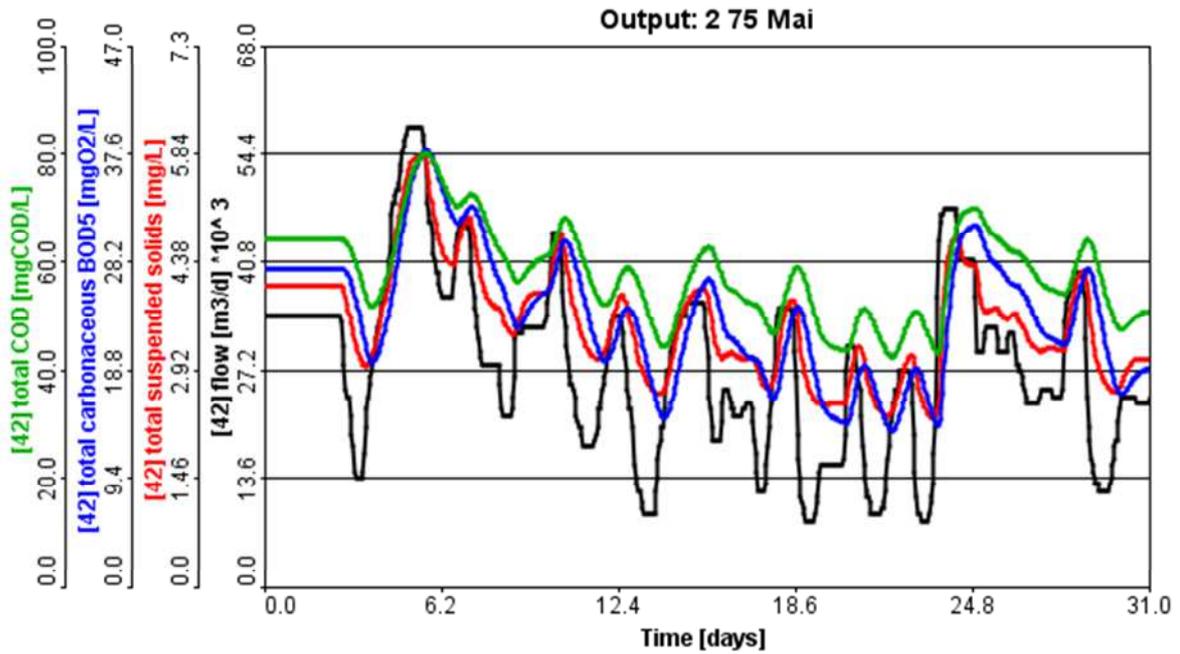
Les courbes suivantes représentent les paramètres simulés par GPS-X avec un tau de recirculation et d'extraction respectivement de 75% et 500 m<sup>3</sup>/j :



**Courbe 4 :** Paramètres Simulés Par GPS-X (Mars).



**Courbe 5 :** Paramètres Simulés Par GPS-X (Avril).



**Courbe 6 : Paramètres Simulés Par GPS-X (Mai).**

### III.2.2. 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.

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.

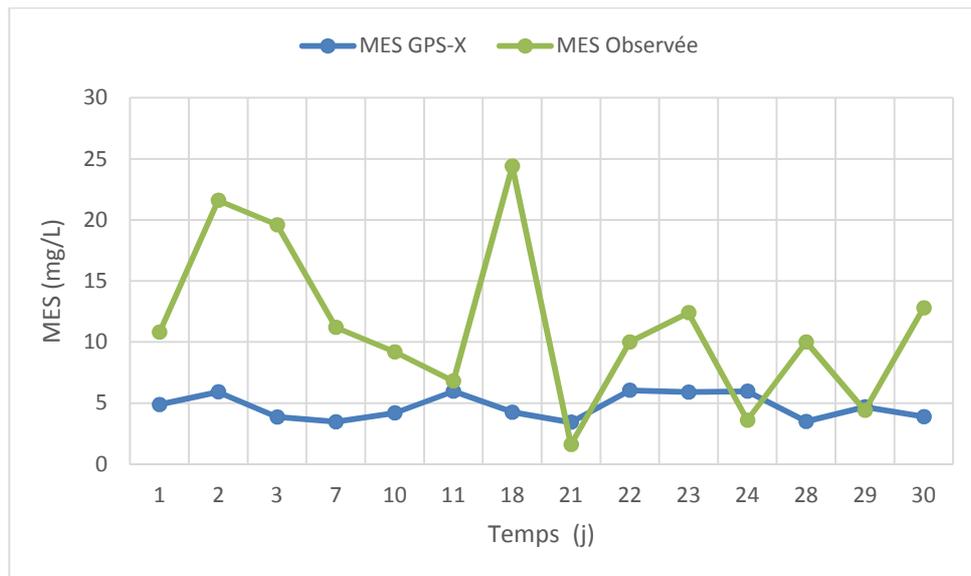
Par la suite on a procédé au :

- Calage entre les valeurs observées (Bilan 2021 Mars, Avril, Mai) et les valeurs calculées à partir de GPS-X.

#### III.2.2.1 Mars :

##### a. Comparaison des résultats (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 pour le débit de recirculation de 75% et une extraction de  $500 \text{ m}^3 / \text{j}$ .



**Courbe 7 :** Comparaison des résultats de Mars 2021 (MES).

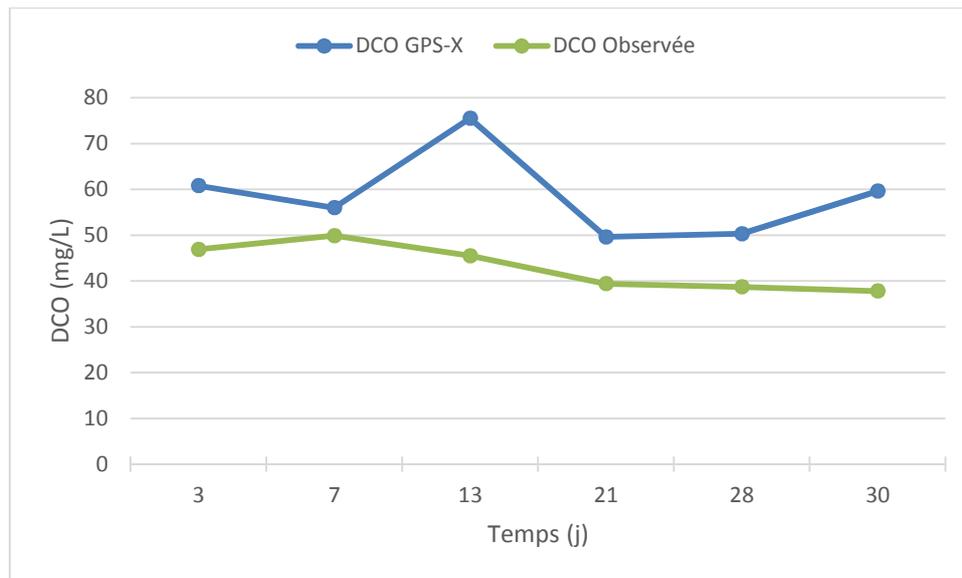
➤ **Interprétation :**

On remarque :

Les concentrations en MES sortie obtenu par les analyses varient de 1,6 à 24,4 mg/l alors que les concentrations en MES simulées par GPS-X varient de 3,47 à 6,05 mg/l, ces résultats répondent à la norme de rejet qui fixe les MES à 30 mg/l.

**b. Comparaison des résultats (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.



**Courbe 8 :** Comparaison des résultats Mars 2021 (DCO).

➤ **Interprétation :**

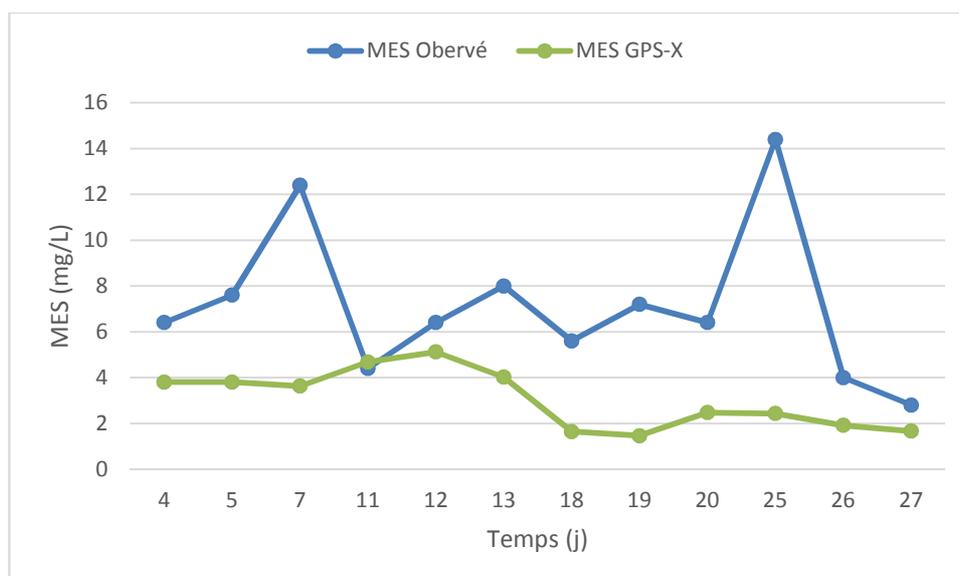
On remarque :

Les concentrations en DCO sortie obtenu par les analyses varient de 37,8 à 49,9 mg/l alors que les concentrations en DCO simulées par GPS-X varient de 49,6 à 75,5 mg/l, ces résultats répondent à la norme de rejet qui fixe les DCO à 90 mg/l.

### III.2.2.2 Avril :

#### a. Comparaison des résultats (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.



**Courbe 9 :** Comparaison des résultats de Avril 2021 (MES).

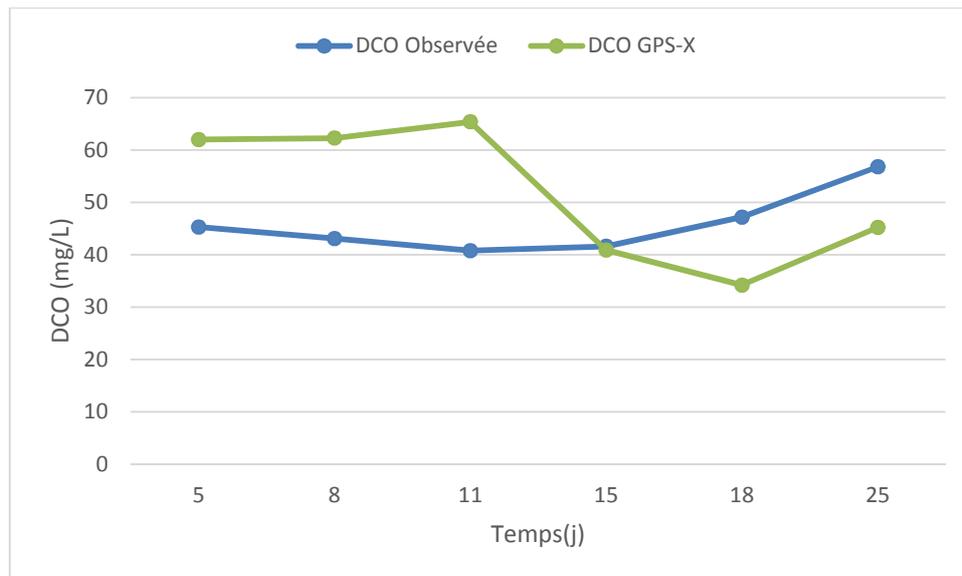
### ➤ **Interprétation :**

On remarque :

Les concentrations en MES sortie obtenu par les analyses varient de 2,8 à 14,4 mg/l alors que les concentrations en MES simulées par GPS-X varient de 1,46 à 5,12mg/l, ces résultats répondent à la norme de rejet qui fixe les MES à 30 mg/l.

### **b. Comparaison des résultats (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.



**Courbe 10** : Comparaison des résultats de Avril 2021 (DCO).

### ➤ Interprétation :

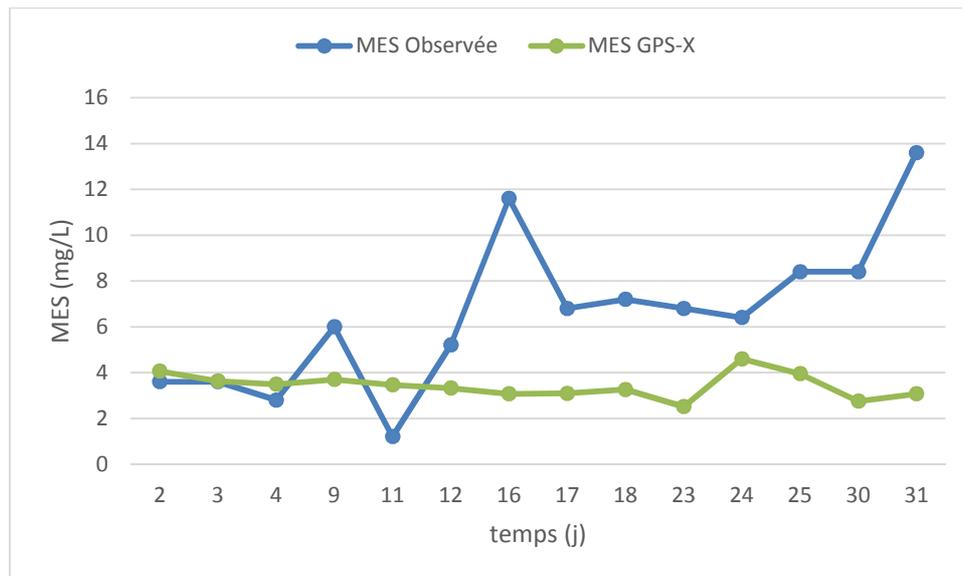
On remarque :

Les concentrations en DCO sortie obtenu par les analyses varient de 2,8 à 14,4 mg/l alors que les concentrations en DCO simulées par GPS-X varient de 34,2 à 65,4 mg/l, ces résultats répondent à la norme de rejet qui fixe la DCO à 90 mg/l.

### III.2.2.3 Mai :

#### a. Comparaison des résultats (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.



**Courbe 11 :** Comparaison des résultats de Mai 2021 (MES).

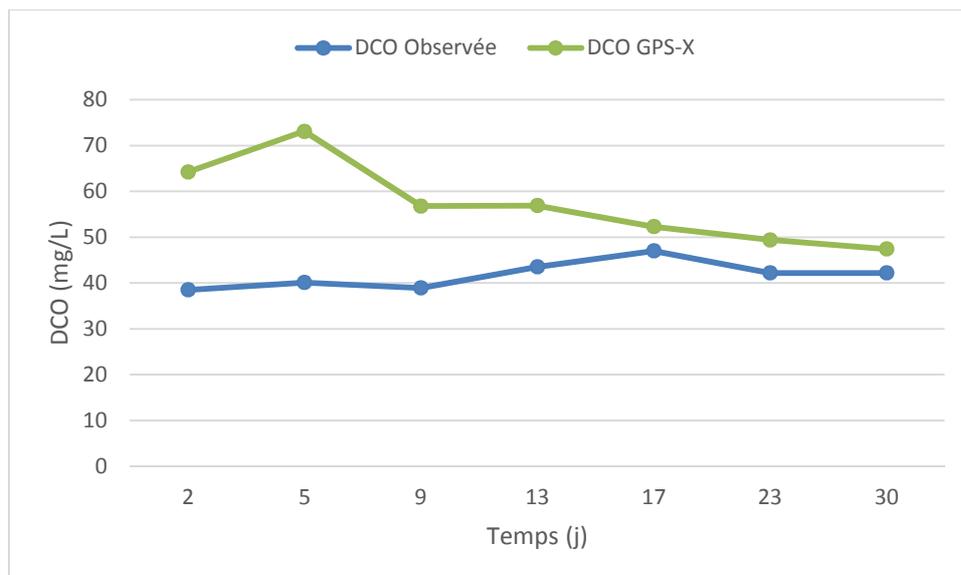
➤ **Interprétation :**

On remarque :

Les concentrations en MES sortie obtenu par les analyses varient de 1,2 à 13,6 mg/l alors que les concentrations en MES simulées par GPS-X varient de 2,51 à 4,6 mg/l, ces résultats répondent à la norme de rejet qui fixe les MES à 30 mg/l.

**b. Comparaison des résultats (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.



**Courbe 12 :** Comparaison des résultats de Mai 2021 (DCO).

➤ **Interprétation :**

On remarque :

Les concentrations en DCO sortie obtenu par les analyses varient de 38,5 à 43,5 mg/l alors que les concentrations en DCO simulées par GPS-X varient de 47,4 à 73,1 mg/l, ces résultats répondent à la norme de rejet qui fixe les DCO à 90 mg/l.

## **IV. Concluions :**

D'après les comparaisons des résultats des analyses de la STEP avec les résultats de la simulation avec GPS-X on remarque que la STEP respecte les normes de rejet.

Après plusieurs tentatives de simulation le modèle de fonctionnement optimal proche aux résultats d'analyses est obtenu pour les valeurs des débits de recirculation de 75 % du débit d'entrée et de 500 m<sup>3</sup>/j d'extraction.

On remarque que plus le débit de recirculation est élevé on obtient un rendement meilleur de la STEP

# CONCLUSION GÉNÉRALE

## CONCLUSION GÉNÉRALE

La station d'épuration (STEP) de L'Allalick, située à près d'une dizaine de kilomètre au Sud-Est de la ville d'Annaba, opérationnelle depuis 2010, troisième à l'échelle nationale. Elle assure actuellement l'épuration des eaux usées et assurera le recyclage des eaux épurées au bénéfice de l'agriculture et de l'industrie.

Le réseau d'assainissement de la ville d'Annaba est divisé en trois secteurs géographiques dominants :

- Le secteur Nord dont toutes les eaux usées sont acheminées vers la station de relevage N°4 « Rizi Amor ».
- Le secteur central correspondant à l'ancien tissu urbain de la ville qui est doté d'un réseau séparatif, les eaux sont acheminées vers la station de pompage N°2 (Ancienne Gare).
- Le secteur Sud et Ouest est composé de la cité 8 Mai, 11 Décembre, la Cité dite plaine Ouest et la cité Seybouse.

Le réseau d'assainissement de la commune d'El Bouni.

- La station de pompage Boukhadra principal
- La station de relevage El Bouni II elle relève les eaux usées mixte
- La station de relevage El Bouni I elle relève les eaux usées mixte de Bouzaaroura, Sidi Salem et SR El Bouni II vers la STEP

La station d'épuration de capacité de 580700 et 674 000 équivalents habitant respectivement pour les horizons 2025 et 2035.

Le procédé d'épuration 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).
- Epaississement des boues biologiques et primaires, digestion et déshydratation.
- Traitement tertiaire de l'eau épurée, désodorisation du prétraitement et de la déshydratation.

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.

D'après les comparaisons des résultats des analyses de la STEP avec les résultats de la simulation avec GPS-X on remarque que la STEP respecte les normes de rejet.

Après plusieurs tentatives de simulation le modèle de fonctionnement optimal proche aux résultats d'analyses est obtenu pour les valeurs des débits de recirculation de 75 % du débit d'entrée et de 500 m<sup>3</sup>/j d'extraction.

On remarque que plus le débit de recirculation est élevé on obtient un bon rendement de la STEP.

RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- STEP Annaba.
- ONA (l'office national d'assainissement) bilan 2021.
- Mémoire de Remita Lynda et Chaib Hayat 2017 : (Programme de calcul d'une conduite d'assainissement en Visuel Basic Application : VBA (Cas d'un réseau séparatif) Tizi Ouzou).
- Mémoire de Hafsi Mostefa 2015 : (Simulation des performances de la STEP d'Annaba par GPS-X).
- Thèse de Latifa Haouèche 2012 : (Elaboration et validation d'un modèle de simulation dynamique d'un chenal d'oxydation : couplage du modèle ASM1 et du modèle piston avec dispersion ; Tunisie).
- Mémoire de DEA de Paula Porras 2003 : (Protocoles de fractionnement de la DCO de eaux résiduaires urbaines et impact sur les résultats de simulation d'une station à boues activées par le modèle ASM1 ; Strasbourg).
- Mémoire de Geneviève Prades 2003 : (Optimisation d'une installation de traitement par boues activées lors de surcharges de pollution en période de vendanges ; Strasbourg).