

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : Hydraulique

Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Filière : Hydraulique

Spécialité : Ressources hydraulique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**Simulation des performances épuratoires de la STEP
d'El- Kala par GPS-X**

Présenté par : *Boumahni Houcem eddine*

Encadrant : *HAMMAR Yahia* Grade Professeur Université BM Annaba

Jury de Soutenance :

DJEDAOUNE Amel	MCB	Université	Présidente
HAMMAR Yahia	Pr	Université	Encadrant
BENOUARA Nawel	MCB	Université	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

PROBLEMATIQUE

En Algérie, l'épuration des eaux usées constitue une question cruciale pour les pouvoirs publics qui intègrent cet aspect dans la stratégie nationale de développement des ressources en eau. Cet intérêt pour l'épuration de l'eau usée est illustré depuis la promulgation 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 que les engagements internationaux de l'Algérie notamment à travers la signature **du processus de Barcelone portant sur la protection du littoral**.

Ce choix s'est traduit par la réalisation de près d'une centaine de stations d'épuration durant la dernière décennie. Ces stations utilisent des cultures bactériennes concentrées en suspension qui dégradent les substrats contenus dans les eaux usées en présence d'oxygène.

En fait, les efforts consentis dans ce domaine font, aujourd'hui, que l'Algérie figure parmi les pays ayant atteint les objectifs du millénaire en termes d'accès à l'eau et à l'assainissement.

Dans ce contexte, pour faire face aux rejets liquides (eaux usées) la ville d'EL Kala dispose d'une station d'épuration boue activée à faible charge d'une capacité de 25 000 Equivalents habitant qui pourra traiter jusqu'à 1900 m³/j .

Depuis sa mise en service en 1982 et sa réhabilitation en 2006, jusqu'à l'année 2019, la station fonctionnait correctement et les eaux usées épurées répondaient aux normes de rejet.

Néanmoins en période estivale la STEP d'El Kala recevait des charges polluantes et hydrauliques supplémentaires.

Suite aux fluctuations journalières et même horaire de débit et de charge les exploitants de la STEP n'arrivent pas à adapter un régime de fonctionnement correct, ce qui perturbe le bon déroulement du processus biologique de dégradation de la matière organique.

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

REMERCIEMENTS

Dieu merci d'avoir terminé ce travail

Je tiens à remercier **Mr. Hammar Yahia** d'avoir acceptée de m'encadrer sur ce thème, et pour l'effort qu'il a déployé pour que se travaille voir le jour.

Nous tenons aussi à remercier tous les professeurs de l'hydraulique qui nous ont aidés et qui ont contribué à notre formation durant la période de nos études universitaires.

Nous remercions les honorables membres du jury qui nous ont

Font l'honneur de corriger et juger notre travail
A tous les enseignants, à toute la Promotion De 2ème Année Mastère

En Hydraulique, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mon cher papa, ma chère maman pour leur éducation, leur patience, leur énorme sacrifice pour m'offrir une vie pleine de joie et d'amour, leur soutien et leurs encouragements ; que Dieu les garde. Ainsi qu'à mon cher grand frère et grande sœur .

A Toute ma famille

A tous mes amis

A Toute la promotion hydraulique « année 2022/2023 »

Résumé :

La ville d'EL Kala dispose d'une station d'épuration (STEP) boue activée à faible charge d'une capacité de 25 000 Equivalents habitant qui pourra traiter jusqu'à 1900 m³/j .

Depuis sa mise en service en 1982 et sa réhabilitation en 2006, jusqu'à l'année 2019, la STEP fonctionnait correctement et les eaux usées épurées répondaient aux normes de rejet.

Suite aux fluctuations journalières et même horaire de débit et de charge les exploitants de la STEP n'arrivent pas à adapter un régime de fonctionnement correct, ce qui perturbe le bon déroulement du processus biologique des boues activées, néanmoins en période estivale.

C'est dans ce contexte que dans la suite de mon mémoire une simulation numérique du régime du fonctionnement de la STEP par le logiciel GPS-X 6.3 est réalisé, en tenant compte des paramètres physiques et opérationnelles de la station afin de déterminer les paramètres optimaux de fonctionnement quel que soit les variations des débits et des charges polluante.

Mots clés : eau usée, station d'épuration, boue activée, ASM1, simulation, GPS-X.

مدينة القالة تحتوي على محطة معالجة لمياه الصرف الصحي بحمولة منخفضة بسعة تعادل 25,000 نسمة، وقادرة على معالجة ما يصل إلى 1900 متر مكعب في اليوم. منذ تدشينها في عام 1982 وتجديدها في عام 2006، حتى عام 2019 تعمل محطة معالجة مياه الصرف الصحي بشكل صحيح وتلبي المياه المعالجة المعايير المطلوبة للتصريف. ومع ذلك، نظرًا لتقلبات التدفق والحمل اليومية وحتى ساعية، يواجه مشغلو محطة معالجة مياه الصرف الصحي صعوبة في تحديد نظام تشغيل مناسب، مما يعطل التشغيل السلس للعملية البيولوجية الحمأة النشطة المفعّل بشكل خاص خلال فترة الصيف.

في استكمال أطروحتي، يتم إجراء محاكاة عددية لنظام التشغيل لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام برنامج GPS-X 6.3، مع مراعاة الإعدادات الفيزيائية والتشغيلية للمحطة من أجل تحديد الإعدادات التشغيلية الأمثل وتحديد الإعدادات المثلى، بغض النظر عن التغيرات في التدفق وحمولة الملوثات.

الكلمات المفتاحية: GPS-X ، المحاكاة ، ASM1 ، محطة المعالجة ، الحمأة النشطة، مياه الصرف الصحي

ABSTRACT

The city of EL Kala has a low-rate activated sludge wastewater treatment plant (WWTP) with a capacity of 25,000 population equivalent, capable of treating up to 1900 m³/day.

Since its commissioning in 1982 and its rehabilitation in 2006, until the year 2019 the WWTP has been operating properly and the treated wastewater met the discharge standards.

However, due to daily and even hourly fluctuations in flow and load, the operators of the WWTP have been unable to establish a proper operating regime, which disrupts the proper functioning of the activated sludge biological process, particularly during the summer period.

In the continuation of my thesis, a numerical simulation of the operating regime of the WWTP using GPS-X 6.3 software is carried out, taking into account the physical and operational parameters of the plant, in order to determine the optimal operating parameters regardless of the variations in flow and pollutant load.

Keywords: wastewater, wastewater treatment plant, activated sludge, ASM1, simulation, GPS-X.

Sommaire

Introduction, problématique et objectifs.

Chapitre 01 : Généralité sur les eaux usées.

1. Introduction	1
2 .Définition des eaux usées	1
3. Nature et origine	1
3.1. Les eaux usées domestiques.....	1
3.2. Eaux industrielles	1
3.3 Effluent agricoles	1
3.4. Eaux de ruissellement	2
3.5 Les eaux usées pluviales	2
4 .La pollution des eaux usées.....	2
5. Différents types de pollutions des eaux.....	3
5.1 La pollution chimique	3
5 .2 La pollution organique	3
5.3 La pollution microbienne	3
5.4 La pollution thermique	3
5.5 La pollution radioactive	3
6. Les paramètres caractéristiques des eaux usées	3
6.1. Les paramètres physiques	3
6.1.1. Température.....	3
6.1.2. Matières en suspension (M.E.S).....	4
6.1.3 Débit.....	4
6.2. Les paramètres chimiques	5
6.2.1. PH.....	5
6.2.2. Oxygène dissous.....	5
6.2.3. La demande biochimique en oxygène (DBO5).....	5
6.2.4. La demande chimique en oxygène (DCO)	5
6.2.5. La biodégradabilité.....	5
6.2.6. L'équivalent habitant (EH)	5
7. Normes internationales	5
8. Normes Algériennes	6
9. Définition de l'épuration	7
10. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées	7
11. Rôle des stations d'épuration	7
12. procédés d'épuration des eaux usées.....	7
12.1. Prétraitement	8
12.2. Traitement primaire	9
12.2.1. Décantation primaire classique.....	9
12.2.2. Traitement physico-chimiques.....	9
12.3. Traitement secondaire : épuration biologique	9
12.3.1. Procédés biologiques extensifs.....	9
12.3.2. Procédés biologiques intensifs.....	9
12.3.3. Les boues activées.....	9
12.4. Traitement tertiaire	10

12.4.1. Traitement de l'azote	10
12.4.2. Traitement De Phosphore	10
12.4.3. Désinfection.....	10
12.4.4. Traitement des boues	10
12.4.4.1. Epaissement.....	10
12.4.4.2. Stabilisation	10
12.4.4.3. Déshydratation.....	11
13. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées	11
13.1. La charge massique	12
13.2. La charge volumique.....	12
13.3. Age des boues	12
13.4. Indice des boues	12
13.5. Besoins en oxygène	13
13.6. Temps de Séjours.....	13
14. Conclusion	13

Chapitre 02 : Système de collecte des eaux usées et présentation de STEP D'EL-KALA

1.Introduction.....	14
Rappels sur les eaux d'assainissement.....	14
1.1.Définition et Objectif de l'assainissement	14
2. Collecte des eaux usées.....	14
2.1.Réseaux de collecte	14
2.1.1 Réseaux unitaires	14
2.1.2 Réseaux séparatif	15
3. Relevage de la station de relevage.....	15
4. Présentation du système de collecte des eaux usées de la zone d'étude.....	16
5. Collecte des eaux usées d'El – KALA.....	17
6. Caractéristiques techniques des stations de relevage (SR)	19
7. Présentation de la station d'épuration d'El-KALA.....	19
7.1. Situation géographique.....	19
8. Les différentes filières de traitement des eaux usées d'EL- KALA.....	20
8.1Le relevage.....	20
8.2. Prétraitement.....	20
8.2.1. Dégrillage	20
8.2.2. Dessablage et déshuilage.....	20
8.3. Traitement biologique.....	20
8.3.1. Les systèmes d'aération.....	21

8.4. Décantation finale ou clarification.....	21
8.5. Recirculation et extraction des boues.....	22
8.6. Sortie de l'eau.....	22
9. Données techniques de la station	22
10. Filières de traitement des eaux.....	23
11. Dimensionnement des principaux ouvrages.....	23
11.1. Dé grilleur grossier manuel.....	23
11.2. Dé grilleur fin mécanisé	24
11.3. Dessaleur-déshuileur.....	24
11.4. Bassin d'aération (bassin biologique)	25
11.5. Décanteur.....	26
11.6. Recirculation des boues	27
11.7. Extraction des boues en excès.....	27
11.8. Epaisseur a boue	28
11.9. Lits de séchage	29
12. Problèmes constaté dans la STEP d'El –KALA	29
13. Les normes du rejet des effluents (Algériennes et Internationales).....	30
13.1. Les normes internationales.....	30
13.2. Les normes Algériennes.....	31
14. Conclusion	31
Chapitre 03 : Etude des bilan mensuel de l année 2019	
1. Introduction.....	32
2. Matériel et méthodes.....	32
2.1. Méthodes d'analyse des échantillons.....	32
2.2. Matériels Techniques (L'appareils des mesures)	32
3. Prélèvement d'échantillons de l'eau	33
4. Suivi des Performances de la station d'épuration de l'année 2019.....	33
4.1. Débit des eaux usées	33
4.2. Bilan mensuel des déférant paramètre entrée-sortie STEP.....	34
4.2.1. La température.....	35

4.2.2.Potentiel hydrique (pH).....	36
4.2.3.Matières en suspension (MES).....	37
4.2.5. La demande chimique en oxygène (DCO).....	38
4.3.6 Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	39
5.Conclusion	40

Chapitre 04: Présentation de logiciel GPS X

1. Présentation du Logiciel utilise.....	41
1.1. Description	41
2. Objectifs d'une simulation.....	41
3. Utilité du GPS-X.....	43
3.1. Simulation.....	43
3.2. Configuration.....	43
3.3. Analyse.....	43
3.4. Optimisation.....	43
4. Choix du modèle	44
5. Présentation du modèle ASM1.....	44
5.1. Unité utilisée.....	45
5.2. Variables.....	45
5.3. Processus du modèle	47
6. Conclusion.....	48

Chapitre 05 : Modélisation et Simulation de la STEP

1. Introduction.....	49
2. Caractéristique de l'eau d'entrée de la STEP.....	49
3.Calage du modèle ASM1 :.....	50
3.1. Calage manuel en régime permanent :.....	50
3.2. Résultats de simulation par GPS-X	52

3.2.1. Taux de recirculation 50%	52
3.2.2. Taux de recirculation 100% :.....	53
4. Comparaison des résultats des paramètres du bilan ONA de 2019 et les paramètres simulés	54
4.1. Comparaison des résultats du bilan ONA et simulés : MES	54
4.2. Comparaison des résultats du bilan ONA et simulés: DCO	55
4.3. Comparaison des résultats du bilan ONA et simulés: DBO5	56
5. Conclusion	56
6. Vérification de la capacité de la STEP par GPS-X en période estivale	57

Conclusion..... **62**

Conclusion Générale.

LISTE DES ABREVIATIONS

- ASM1** : Activated sludge model 1.
- Cm** : La charge massique exprime en kg DBO5 / kg MVS.j.
- COT** : Carbone total organique.
- Cr3+**: L'ion chrome (mg/l).
- Cr6+** : L'ion de dichromate (mg/l).
- Cv** : La charge volumique exprimé en kg O2 .m-3.j-1.
- DBO5** : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (mg/l).
- DCO** : Demande Chimique en Oxygène (mg/l).
- EH**: l'équivalent habitant.
- EP**: Eaux pluviales.
- EU**: Eaux usées.
- GPS-X** : Global Pur pose System.
- IM** : Indice de Mohlman (mg/l).
- M.M** : matière minérales (mg/l).
- MA** : matière azotée.
- MES** : Matière En Suspension (mg/l).
- Mg** : Magnesium.
- MO** : matière organique.
- MP** : matière phosphorées.
- MVS** : matière volatile en suspension (mg/l).
- NH4+** : l'azote ammoniacal (mg/l).
- NO2** : nitrites (mg/l).
- NO3** : nitrates (mg/l).
- OMS** : Office mondiale de la santé.
- ONA** : Office National d'Assainissement.
- PH** : potentiel Hydrogène.

PO₄₋₃: Ortho phosphates (mg/l).

REUE: Réutilisation des eaux usées épurées.

Si : concentration en DCO soluble inerte.

Snd : concentration d'azote organique biodégradable soluble.

Snh : concentration d'azote ammoniacale soluble.

Sni : concentration d'azote inerte organique soluble.

Sno : concentration d'azote nitrate soluble.

SR: stations de relevage.

Ss : concentration en DCO rapidement biodégradable.

STEP: Station d'Épuration.

T°: Température.

TSS : Total suspended solids.

VSS : volatiles suspended solids.

Xba : concentration de biomasse autotrophe.

Xbh : concentration de biomasse hétérotrophe.

Xi : concentration de la matière en suspension organique inerte.

Xnd : concentration d'azote organique lentement biodégradable.

Xni : concentration d'azote organique particulaire inerte.

Xp : concentration de la matière issue de la décomposition de la biomasse.

XS : concentration de la matière organique lentement biodégradable.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Normes de rejets internationales.....	5
Tableau n°2 : Les valeurs limite des paramètres de rejet dans un milieu récepteur.....	6
Tableau n°3: Paramètres de fonctionnement des systèmes à boues activées.....	11
Tableau n°4 : Caractéristiques techniques des stations de relevage.....	19
Tableau n°5: Caractéristiques techniques de la station.....	24
Tableau n°6: Normes de rejets de l’OMS.....	30
Tableau n°7: Normes de rejets Algériens.....	31
Tableau n°8: Appareillage des mesures utilisées.....	32
Tableau n°9 : variation de débit entrée –sortie STEP 2019.....	33
Tableau n°10 : bilan mensuel de l’ exploitation STEP.....	34
Tableau n°11: Caractéristiques de l'effluent d'entrée janvier2019.....	49
Tableau N°12 : Fractions introduites en GPS-X (Metcalf, 2003).....	50

LISTE DES COURBES

Courbe n °1: Variation de débit entrée –sortie STEP 2019.....	34
Courbe n °2 : Variation de la température à l’entrée et à la sortie de la STEP	35
Courbe n °3: Variation de la PH à l’entrée et à la sortie de la STEP.....	36
Courbe n °4: Variation des matières en suspension (MES) à l’entrée et à la sortie de la STEP.....	37
Courbe n °5 : Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) à l’entrée et à la sortie de la STEP.....	38
Courbe n °6: Variation de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l’entrée et à la sortie de la STEP.....	39
Courbe N° 7 : Résultats de simulation par GPS-X : R=50%.....	52
Courbe N° 8 : Résultats de simulation par GPS-X : R=100%.....	53
Courbe N° 9 : Comparaison des paramètres bilan 2019 et simulés : MES.....	54
Courbe N°10: Comparaison des paramètres bilan 2019 et simulés : DCO.....	55
Courbe N°11: Comparaison des paramètres bilan 2019 et simulés : DBO.....	56
Courbe N°12 : Paramètres simulés par GPS-X (1 ^{er} cas).....	57
Courbe N°13 : Paramètres simulés par GPS-X (2 ^{ème} cas).....	58
Courbe N°14 : Paramètres simulés par GPS-X (3 ^{ème} cas).....	59
Courbe N°15 : Paramètres simulés par GPS-X (4 ^{ème} cas).....	60
Courbe N°16 : Paramètres simulés par GPS-X (5 ^{ème} cas).....	61
Courbe N°17 : Paramètres simulés par GPS-X (6 ^{ème} cas).....	62
Courbe N°18 : Paramètres simulés par GPS-X (7 ^{ème} cas).....	63
Courbe N°19 : Paramètres simulés par GPS-X (8 ^{ème} cas).....	64
Courbe N°20 : Paramètres simulés par GPS-X (9 ^{ème} cas).....	65
Courbe N°21 : Paramètres simulés par GPS-X (10 ^{ème} cas).....	66

Courbe N°22 : Paramètres simulés par GPS-X (11^{ème} cas).....	67
Courbe N°23 : Paramètres simulés par GPS-X (12^{ème} cas).....	68

LISTE DES FIGURES

Figure n°1 : Système unitaire.....	15
Figure n°2 : Système séparatif.....	15
Figure n°3 : Collecteur d'acheminement des eaux usées vers STEP.....	16
Figure n°4 : Situation géographique de la ville d'El Kala	19
Figure n°5 : L'interface du GPS-X en mode Modélisation.....	42
Figure n°6 : L'interface du GPS-X en mode Simulation.....	42
Figure n°7 : Un schéma d'une STEP dans GPS-X.....	44
Figure n°8 : Fractionnement de la DCO.....	44
Figure n°9 : Fractionnement de l'azote.....	47
Figure n°10 : Schéma STEP D'EL KALA par GPS-X.....	51

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photographie n°1: Station de relevage BOULIF.....	17
Photographie n°2: Station de relevage El MORDJANE.....	18
Photographie n°3 : station de relevage d'EL PORT.....	18
Photographie n°4 : Aérateur de surface.....	21
Photographie n°5 : Dé grilleur grossier.....	23
Photographie n°6 : Dé grilleur fin mécanisé.....	24
Photographie n°7 : Dessaleur-déshuileur.....	25
Photographie n°8: Bassin d'aération.....	25
Photographie n°9 : Décanteur.....	26
Photographie n°10 : Pompe de recirculation des boues.....	27
Photographie n°11: Extraction des boues.....	28
Photographie n°12 : Epaisseur.....	28
Photographie n°13: Lits de séchage.....	29

INTRODUCTION

INTRODUCTION, PROBLEMATIQUE ET OBJECTIF DU PRESENT MEMOIRE

En Algérie, l'épuration des eaux usées constitue une question cruciale pour les pouvoirs publics qui intègrent cet aspect dans la stratégie nationale de développement des ressources en eau. Cet intérêt pour l'épuration de l'eau usée est illustré depuis la promulgation 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 que les engagements internationaux de l'Algérie notamment à travers la signature **du processus de Barcelone portant sur la protection du littoral**.

Ce choix s'est traduit par la réalisation de près d'une centaine de stations d'épuration durant la dernière décennie. Ces stations utilisent des cultures bactériennes concentrées en suspension qui dégradent les substrats contenus dans les eaux usées en présence d'oxygène.

En fait, les efforts consentis dans ce domaine font, aujourd'hui, que l'Algérie figure parmi les pays ayant atteint les objectifs du millénaire en termes d'accès à l'eau et à l'assainissement.

Dans ce contexte, pour faire face aux rejets liquides (eaux usées) la ville d'EL Kala dispose d'une station d'épuration boue activée à faible charge d'une capacité de 25 000 Equivalents habitant qui pourra traiter jusqu'à 1900 m³/j .

Depuis sa mise en service en 1982 et sa réhabilitation en 2006, jusqu'à l'année 2019, la station fonctionnait correctement et les eaux usées épurées répondaient aux normes de rejet.

Néanmoins en période estivale la STEP d'El Kala recevait des charges polluantes et hydrauliques supplémentaires.

Suite aux fluctuations journalières et même horaire de débit et de charge les exploitants de la STEP n'arrivent pas à adapter un régime de fonctionnement correct, ce qui perturbe le bon déroulement du processus biologique de dégradation de la matière organique.

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

CHAPITRE 01 :

Généralité sur les

eaux usées

1. Introduction :

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitement elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent, elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un résidu, et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques.

2. Définition des eaux usées :

Les eaux usées, ou les eaux résiduaires, sont des eaux chargées de résidus, solubles ou non provenant de l'activité humaine industrielle ou agricole et parvenant dans les canalisations d'évacuation des eaux usées. Elles représentent, une fraction du volume des ressources en eaux utilisables mais leur qualité très médiocre exige une épuration avant leur rejet dans le milieu Naturel **THOMAS O ;(1955) [1]**.

3. Nature et origine :

3.1. Les eaux usées domestiques :

En général, ces eaux sont chargées en matières organiques, graisses et produits d'entretiens ménagers. Elles présentent une bonne biodégradabilité (MAJOURI et AMOURIA, 2000). Elles sont constituées par : - Des eaux vannes (eaux de W .C) - Des eaux ménagères (eaux d'éviers, lavabos, douches, baignoires, appareils ménagères, etc. (LADJEL ,2006). [2].

3.2. Eaux industrielles :

Elles sont représentées par les rejets des exploitations industrielles et semi industrielles (station de lavage et graissage, station d'essences etc ...), qui sont caractérisés par une grande diversité de la composition chimique, présentant ainsi un risque potentiel de pollution (KHADRAOUI et TALAB ,2008). [3].

3.3. Effluent agricoles :

Il s'agit de rejets liquides et agricoles issus du ruissellement d'eaux d'irrigation qui entraîne des engrais et des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures : Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terres perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissant la teneur en oxygène des eaux courantes, compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques. Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de

désherbants et d'insecticides.(En région viticole, apport de sulfates de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes) (RICHARD, 1996). [4].

3.4. Eaux de ruissellement :

Ce sont essentiellement les eaux de pluie et de lavage des chaussées. Les eaux de pluie sont caractérisées par un débit fortement variable, présentant des valeurs moyennes à fortes variations saisonnières à l'intérieur desquelles la répartition des débits est aléatoire. La pollution entraînée est maximale en début de précipitation. Elle correspond au lavage des toits et des chaussées. Elle décroît ensuite fortement en de pluie persistante. Les polluants sont en majorité des matières en suspension d'origine minérale, mais aussi des hydrocarbures provenant de la circulation automobile. On y trouve aussi des polluants de l'atmosphère (poussière, oxyde d'azote (NOx), oxyde de soufre (SOx), du plomb, etc.) [5].

3.5. Les eaux usées pluviales :

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées surtout en début de pluie par deux mécanismes le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées.

Les déchets solides ou liquides déposés par temps sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent.

Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts. [6].

4. La pollution des eaux usées :

Les eaux usées, connues sous le nom d'eaux polluées, englobent toutes les formes d'eau susceptibles de contaminer les environnements où elles sont déversées. Elles sont altérées par les activités humaines, qu'il s'agisse de l'usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Ces eaux sont considérées comme polluées et nécessitent un traitement approprié.

5. Différents types de pollutions des eaux :

5.1. La pollution chimique :

Due à la présence de substances chimique dissoutes dans l'eau. Cette pollution est due essentiellement au déversement de polluants organiques et des sels de métaux lourds qui sont les plus menaçants rejetés souvent par les unités industrielles [7].

5.2. La pollution organique :

Elle constitue souvent la fraction la plus importante d'autant Plus que dans son acceptation la plus large, cette forme de pollution peut considérer Comme résultats de diverses activités (urbain, industriels, artisanales et rurales). On Distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organiques banales " glucides, Lipides", Les détergents, les huiles et goudron [8].

5.3. La pollution microbienne :

Les eaux d'égout sont porteuses d'une multitude d'organismes vivants qui sont introduits par les excréments d'origine humaine ou animale.

5.4. La pollution thermique :

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de Refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, Acieries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80°C.) Elle diminue jusqu'à (40 à 45°C) Lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, Qui influe sur la solubilité de l'oxygène [9].

5.5. La pollution radioactive :

C'est celle qui est occasionnée par une éventuelle radioactivité Artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous Toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement Des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des Organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont Sensibles aux rayonnements [9].

6. Les paramètres caractéristiques des eaux usées :

On distingue les paramètres physiques, les paramètres chimiques et les paramètres toxiques.

6.1. Les paramètres physiques :

6.1.1. Température :

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques .La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des micro organismes vivants dans l'eau.[10].

6.1.2. Matières en suspension (M.E.S) :

Exprimée en mg par litre. Ces sont les matières non dissoute de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Dans le milieu récepteur, les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, Les matières volatiles en sus photosynthèse végétale. De plus, ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques. [10].

6.1.3. Débit :

Le principal intérêt de la mesure du débit est le fait qu'il permet de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire de << l'équivalent habitant >> qui exprime le volume d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour. [11].

6.2. Les paramètres chimiques :

6.2.1. pH :

Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. Les eaux usées domestiques sont Généralement neutres ou basiques, de (6 à 9), donc elle n'influe pas sur le pH de milieu Récepteur mais les affluents industriels constituent un facteur très important dans la Modification de la valeur de pH [12].

6.2.2. Oxygène dissous :

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est fonction de La pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau ne Dépasse rarement 10 mg/l. Elle est fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut Contenir de 2 à 8 mg/l.ar jour [13].

6.2.3. La demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation (Avec l'intervention des bactéries) les matières organiques contenues dans une eau usée. Elle indique la quantité de matière organique présente dans une eau usée, qui est un des plus importants critèresqui permet l'évaluation de la qualité et le degré de pollution de ces eaux usées.

Matière organique + bactéries → Boues + gaz + eau

Généralement, la pollution est dégradée d'une manière significative pendant une durée de 5 jours. Au-delà de 5 jours la consommation en oxygène diminue énormément ainsi on a adopté la notion DBO₅ obtenue après 5 jours d'incubation à 20°C et dans l'obscurité. [14].

6.2.4. La demande chimique en oxygène (DCO) :

Demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies. Elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des corps oxydables dans le milieu.

L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. La DCO est mesuré en mg d'O₂/l

-DCO =1.5 à 2 fois DBO pour les eaux usées urbaines

-DCO =1 à 10 fois DBO pour l'ensemble des eaux résiduaire

-DCO >2.5 fois DBO pour les eaux usées industrielles.

La relation empirique de la matière oxydable en fonction de la DBO₅ et la DCO est donnée par l'équation suivante: $MO = (2 DBO_5 + DCO) / 3$. [14].

6.2.5. La biodégradabilité :

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent aqueux à être Décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans les processus D'épuration biologique des eaux. [15].

6.2.6. L'équivalent habitant (EH) :

Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun est sensé utiliser 180 à 300 l d'eau par jour.

La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml. [16].

7. Normes internationales :

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

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivant : [17].

Paramètres	Unité	Normes utilisées (OMS)
PH	-	6,5-8,5
DBO ₅	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<20
NH ₄ ⁺	mg/l	<0,5
NO ₂	mg/l	1
NO ₃	mg/l	<1
P ₂ O ₅	mg/l	<2
Température T	°C	<30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Inodore

Tableau n°1: Normes de rejets internationales.

8. Normes Algériennes :

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement. Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau °2.

paramètres	Unité	valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6.5à 8.5
MES	mg/l	35
DBO ₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
(*) Détergents	mg/l	2

Tableau n°2 : Les valeurs limite des paramètres de rejet dans un milieu récepteur.

9. Définition de l'épuration :

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter une pollution l'Environnement et non de produire de l'eau potable [18].

10. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées :

Les paramètres essentiels qui doivent être prise en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- Des exigences du milieu récepteur
- Des caractéristiques des eaux usées ; (demande biochimique en oxygène ; demande chimique en oxygène ; matière en suspension.....).
- des conditions climatiques (température ; évaporation ; vent ; etc..).
- de la disponibilité du site.
- des conditions économiques (cout de réalisation et d'exploitation).
- des facilités d'exploitations ; de gestion et d'entretien [19].

11. Rôle des stations d'épuration :

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement [20].

D'une façon générale, une station d'épuration des eaux usées comprend les étapes suivantes :

- procédés physiques
- procédés physico-chimiques
- procédés biologiques

12. procédés d'épuration des eaux usées :

- ✓ Prétraitement : dégrillage, dessablage, déshuilage.
- ✓ Traitement primaires : décantation, traitements physico_ chimiques.
- ✓ Traitement secondaires : épuration biologique des matières organiques.
- ✓ Traitement tertiaires : Azote , phosphore, désinfection.
- ✓ Traitement des boues.

12.1. Prétraitement :

Le prétraitement consiste à extraire des eaux usées la plus grande quantité possible de matières pouvant gêner les traitements ultérieurs par :

- leur taille : détrit grossiers,
- leur pouvoir abrasif : sable, gravier,
- leur masse spécifique : huiles, graisses.

Sous cette appellation seront étudiés :

- Le dégrillage :

Le dégrillage consiste à séparer les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, on faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'écartement est bien calculé. L'efficacité du dégrillage est en fonction de l'écartement entre les barreaux de la grille ; on distingue :

Pré dégrillage pour écartement 30 à 100mm;

Dégrillage moyen pour écartement 10 à 25 mm;

Dégrillage fin pour écartement 3 à 10 mm;

- Le dessablage :

Le dessablage consiste à retirer de l'effluent les sables et les particules minérales plus

ou moins fines, afin de protéger les conduites et pompes contre la corrosion et éviter même le colmatage des canalisations par les dépôts au cours du traitement. La technique classique du dessablage consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse d'environ de 0.3m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables .

- Le déshuilage – dégraissage :

. C'est un procédé destiné à éliminer les graisses et les huiles dans les eaux résiduaires. Les huiles et les graisses présentent plusieurs inconvénients pour le traitement tel que :

Envahissement des décanteurs récoltés en surface est dite clarifiée. Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration.

Mauvaise diffusion de l'oxygène dans les décanteurs;

Mauvaise sédimentation dans les décanteurs;

Risque de bouchage des canalisations et des pompes;

Diminution du rendement du traitement qui arrive après. [22].

12.2. Traitement primaire :

12.2.1. Décantation primaire classique :

Le traitement primaire consiste en une simple décantation. Elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension.

L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation).

La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1.2m/h, 40 à 60% de MES, soit 40% de MO, 10 à 30 % de virus, 50 à 90% des helminthes et moins de 50% des kystes de protozoaires et entraîne également avec elle une partie des micropolluants. [22].

12.2.2. Traitement physico-chimiques :

L'objectif du traitement physico-chimiques est d'augmenter les performances de séparation des particules ultrafines, constituant normalement la part colloïdale non décantable ; pour cela ; on effectue une adjonction de coagulant flocculant qui provoquent l'agglomération des particules fines [23].

12.3 .Traitement secondaire : épuration biologique

Les différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées sont :

12.3.1. Procédés biologiques extensifs :

Ils reposent sur les phénomènes de l'auto-épuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc.[24].

12.3.2. Procédés biologiques intensifs :

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. [25].

12.3.3. Les boues activées:

-La station à boues activées ; qui reposent sur les principes suivants :

- L'eau à épurer est mise en contact avec une culture bactérienne importante dans le bassin d'aération.
- De l'oxygène est fourni au travers d'un dispositif d'aération.

- Un brassage de la culture bactérienne * boues * et de l'eau épurée se fait dans un clarificateur .
- La boue est soit recyclée ; soit extraite : ce sont les *boues excès* [23].

12.4. Traitement tertiaire :

12.4.1. Traitement de l'azote : l'azote contenu dans les eaux usées urbaines s'élimine par voie biologique simultanément à la pollution carbonée [23].

12.4.2. Traitement De Phosphore : les eaux usées urbaines ; le phosphore provient environ pour moitié des rejets humains et pour moitié de l'utilisation des détergents * lessives* .

-On distingue :

-Le phosphore organique : résidu de matière vivante.

-Le phosphore minéral : essentiellement constitué d'ortho-phosphates

12.4.3. Désinfection :

Les traitements utilisés en désinfection sont :

- La chloration : par injection de chlore gazeux ou d'eau de javel.
- Le lagunage.
- Le traitement par Ultra- violet.
- La filtration par membrane [23].

12.4.5. Traitement des boues :

Les boues constituant le résidu principal des stations d'épuration. Le traitement des boues représente 30% de l'investissement dans la construction d'une station d'épuration.

Le traitement des boues a pour objectifs de :

→ réduire la fraction organique afin de diminuer leur pouvoir fermentescible et les risques de contamination (stabilisation) ;

→ diminuer leur volume total afin de réduire leur coût d'évacuation (déshydratation) [26].

12.4.5.1. Epaissement : permet d'augmenter la concentration des boues recueillies.

12.4.5.2. Stabilisation : permet de réduire le caractère fermentescible des boues. Les procédés employés sont.

- La stabilisation aérobie.
- La digestion anaérobie.
- La stabilisation chimique des boues.

12.4.5.3. Déshydratation : permet de passer d'une boue liquide à quelques dizaines de g/l à une boue plus ou moins solide. Les techniques employées sont

- Les lits de séchage.
- Les filtres à bande.
- Les centrifugeuses.
- Les filtres presses .
- La filtration sous vide [23].

13. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées :

Les performances de la station d'épuration en termes d'élimination de la pollution présente dans l'eau dépendent étroitement des paramètres de fonctionnement du processus, parmi lesquels figurent les principaux éléments suivants : la charge massique, la charge volumique, l'âge des boues, le temps de séjour et la concentration des boues dans le bassin d'aération. Ces paramètres sont présentés dans le tableau ci-dessous n°3 ;

:

Ce dernier donne quelques caractéristiques sur les paramètres de fonctionnement du système à boues activées.

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

- La charge massique ;
- La charge volumique ;
- Age des boues ;
- Indice de Molhman ;
- Besoin en oxygène ;

Paramètre	Aération prolongé	Faible charge	Moyenne charge
Cm (Kg DBO ₅ /kg MVS/j)	$C_m < 0.35$	$0.1 < C_m < 0.2$	$0.2 < C_m < 0.5$
Cv (Kg BDO ₅ /m ³ /j)	$C_v < 0.35$	$0.35 < C_v < 0.5$	$0.5 < C_v < 2$
MVS (Kg/m ³)	$4 < MVS < 6$	$3 < MVS < 4$	$3 < MVS < 4$
Age des boues (j)	$A > 15$	$10 > A > 8$	$10 > A > 2$
Temps de séjour des effluents (h)	$T_s > 24$	$24 > T_s > 8$	$8 > T_s > 2$

Tableau n°3 : Paramètres de fonctionnement des systèmes à boues activées. [23].

13.1. La charge massique (Cm) :

La charge massique (Cm) est définie comme la quantité de Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours (DBO5) exprimée en kilogrammes par jour, rapportée à la masse totale de matières en suspension présentes dans le volume de l'installation (V). L'expression mathématique de la charge massique est la suivante :

$$C_m = \text{DBO5} / (V * \text{MST})$$

13.2. La charge volumique (Cv) :

La charge volumique Cv qui correspond à la quantité journalière de DBO5 (en kg/j) à dégrader dans le volume V (m3) de l'ouvrage. Elle s'exprime :

$$C_v = \text{DBO5} / V$$

13.3. Age des boues :

L'âge des boues L'âge des boues est la durée d'aération subie par la boue avant son élimination. L'âge des boues est défini comme étant le rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur.

$$\text{Age} : \frac{C_{bt}}{C_{bex}} = \frac{\text{MES AB} * \text{VAB}}{C_{bex}}$$

Age: âge des boues (h).

C b . t : concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (mg/l).

C b . ex : concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l). L'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique.

13.4. Indice des boues :

L'indice de MOHLMAN se définit comme le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boues correspondant à 1mg de matières sèche

L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport [27].

$$\text{IM} = \frac{\text{boues décantées en ml/l}}{\text{masse de la matière sèche mg/l} \dots}$$

13.5. Besoins en oxygène :

A fin de garantir aux micro-organismes des conditions satisfaisantes de croissance tout en assurant un fonctionnement normal; il faudrait maintenir la concentration en oxygène dans le bassin d'aération supérieur à 0.5 et 2 mg/l en tout temps et quelque soit la charge (Dégrémont , 1972) [28].

13.6. Temps de Séjours :

Le temps de séjour correspond à la durée de rétention de l'eau dans le bassin d'aération. Il calculé à partir de la formule suivante:

$$T_s = \frac{V}{Q_j}$$

Avec:

Ts temps de séjour de l'eau (h);

V: volume du bassin d'aération (m³);

Qj: débit d'eau à traiter (m³/h).

14. Conclusion :

Les eaux usées ont donc plusieurs origines et ont une composition diversifiée, elles sont caractérisées par différents paramètres qui permettent de mesurer la charge polluante de l'effluent liquide. Les eaux usées ont un impact néfaste sur le milieu naturel, leur rejet dans la nature subit donc à des normes de réglementation établies au niveau national et international.

**Chapitre 02 : Système de
collecte des eaux usées et
présentation de STEP d'El -
Kala**

1. Introduction :

Dans la wilaya d'EL- TARF il existe plusieurs stations d'épuration urbaines ou industrielles, fonctionnelles ou en arrêt, et d'autres en projet en cours de réalisation.

Parmi les stations fonctionnelles, la station d'EL _ KALA qui a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestiques et pluviales par le procédé d'épuration boues activées à faible charge. On fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau . [29].

1. Rappels sur les réseaux d'assainissement :

1.1. Définition et Objectif de l'assainissement :

-L'assainissement comprend la collecte ; le traitement et l'évacuation des eaux pluviales et les eaux usées grâce à des canalisations.

-L'assainissement est fortement lié à la santé publique en raison des nombreuses maladies; donc l'assainissement vise à assurer l'évacuation et le traitement des eaux usées et des excréments en minimisant les risques pour :

- ✓ la santé et l'hygiène publique.
- ✓ l'équilibre du milieu naturel vers lequel elles retournent. [30].

2. Collecte des eaux usées:

La collecte s'effectue par l'évacuation des eaux usées domestiques ; industrielle ou pluviales dans les canalisations d'un réseau d'assainissement appelé collecteurs ; le transfert de ces eaux usées vers la station d'épuration peut se faire soit par gravité ; soit par refoulement. En effet ; il peut arriver que la configuration du terrain ne permette pas un écoulement satisfaisant des eaux collectées ; on a alors recours aux **stations de relevage**.

Les canalisations sont réalisées en différents matériaux.

2.1. Réseaux de collecte :

Il existe deux types de réseaux de collecte :

2.1. 1.Réseaux unitaires :

Ils évacuent dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales. Ils ont l'avantage d'être économiques et simple. [29].

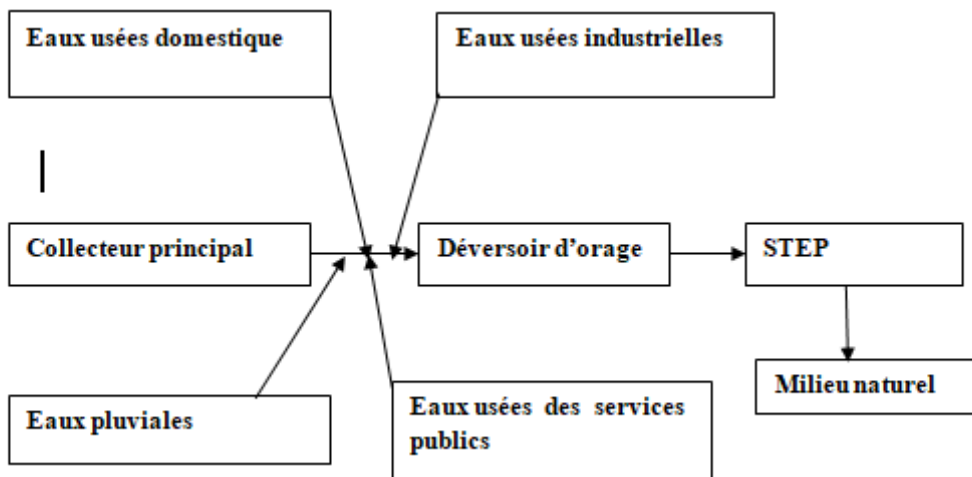


Figure n° 1 : système unitaire

2.1.2. Réseaux séparatif :

Ils collectent les eaux domestiques dans un réseaux et les pluviales dans un autre Ce système à l'avantage d'éviter le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu' 'il pleut. [29].

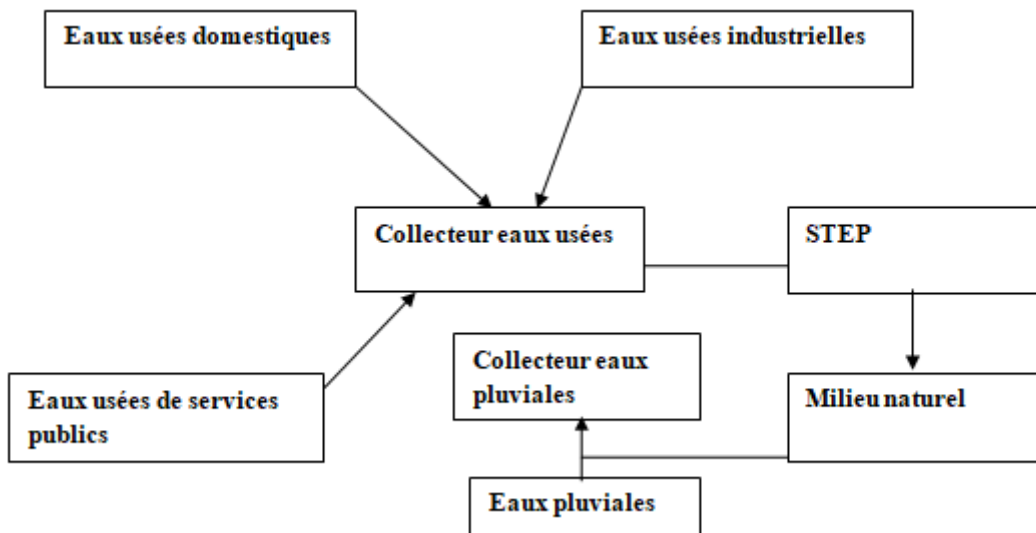


Figure n°2 : système séparatif

3. Station de relevage :

Lorsque l'exutoire du réseau unitaire ou séparative se trouve plus haut que le départ des écoulement eaux usées (EU) ou eaux pluviales (EP) ; ils n'est pas possible de véhiculer les eaux par un écoulement gravitaire ; Ainsi ; lorsque le raccordement gravitaire des effluents aux ouvrages d'épuration n'est pas possible ; un ou plusieurs stations de relevage (SR) (poste de relèvement) sont nécessaires.

Une station de relevage a donc pour objet de faire transiter sous pression des effluents ou de l'eau ; souvent sur une assez longue distance ou sur une assez grande hauteur de refoulement pour franchir un obstacle particulier (rivière; relief). [31].

4. Présentation du système de collecte des eaux usées de la zone d'étude :

La zone nord objet de notre étude achemine ces eaux usées vers la STEP via collecteur principal de diamètre (300 et 400 mm) à trois stations de relevage qui sont :

- Station Boulifa .
- Station Mordjane.
- Station port. [31].

- Le schéma d'acheminement des usées est représenté par la photo aérienne suivante :



Figure n°3 : Collecteur d'acheminement des eaux usées vers STEP.

5. Collecte des eaux usées d'El - KALA:

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

A - le secteur Ouest dont toutes les eaux usées sont acheminées vers la station de relevage N ° 1 * BOULIF * ; située à la limite Ouest de la ville d'El – KALA ; elle est composée de cité Boulif et cité Corniche.

Cette station de relevage reçoit de manière gravitaire les effluents provenant des quartiers EL moudjahidin ; Bingalats ; Ces eaux sont refoulées vers la station de relevage N ° 2

* EL MORDJANE*.[29] .



Photographie n°1: Station de relevage BOULIF.

B - le secteur central dont toutes les eaux usées sont acheminées vers la station de relevage N°2 * EL MORDJANE* située au centre d'EL- KALA (zone hôte) ; il est composée de cité FLN ; rue EL Mordjane et 24 avril . Cette station de relevage reçoit les effluents par gravité provenant des quartiers : Gilass ; 210 ; 90 et les Allmen ; Ces eaux sont refoulées vers la station de relevage N°3 * EL PORT *.[29].



Photographie n°2: Station de relevage El MORDJANE.

C - Le secteur est dont toutes les eaux usées sont acheminées vers la station de relevage N°3 « EL PORT» située à l'est d'El-KALA. Cette station de relevage reçoit de manière gravitaire les effluent provenant des quartiers : la grande plage, cité pisané, cité Fernana et Les crêtes. [29].



Photographie n°3 : station de relevage d'EL PORT.

6. Caractéristiques techniques des stations de relevage (SR) :

Nom de la SR	Nombre de Pompe (N+1)	HMT (m)	Débit nominal de N pompe (l/s)	Puissance installé (KW)	Destination des eaux relevées
Boulif	2	20	40	18	SR Mordjane
EL – Mordjane	3	40	150	33	SR PORT
EL- port	3	40	240	66	STEP EL-KALA

Tableau n°04 : caractéristiques techniques des stations de relevage. [29].

7. Présentation de la station d'épuration d'El-KALA :

7.1. Situation géographique : la ville d'El Kala est situé dans la wilaya d'EL-Taraf ; El Kala (anciennement La Calle) est une commune de la Wilaya d'El Tarf en Algérie, proche de la frontière algéro-tunisienne, située à 20 km au nord-est d'El Tarf et 77 km à l'est d'Annaba .



Figure n°4 : Situation géographique de la ville d'El Kala . [32].

8. La filière de traitement des eaux usées d'EL- KALA:

Le procédé d'épuration utilisé au niveau de la STEP d'El-KALA est le procédé d'épuration à boues activées à faible charge avec aération prolongée .Le bassin d'aération est équipé par six (06) aérateurs de surface à vitesse lente [33].

8.1. Le relevage:

La station de relevage d'EL-Port permet d'acheminer ces eaux vers la STEP grâce à des pompes submersibles [33].

8.2. Prétraitement :

Il a pour but d'éliminer les matières volumineuses et d'alléger la pollution des eaux usées afin de protéger les équipements de la station : déchets volumineux (dégrillage), sables (dessablage), et corps gras (dégraissage déshuilage) [33].

8.2.1. Dégrillage :

Il consiste d'insérer une grille en travers du courant d'eau usée afin de retenir les gros déchets. Le but du dégrillage est d'éviter : l'accumulation ; les odeurs ; le colmatage des canalisations (nettoyage manuel ou nettoyage automatique) l'inefficacité des ouvrages et équipement [33].

8.2.2. Dessablage et déshuilage :

Ils consistent ensuite à faire passer l'eau dans des bassins ou la réduction de vitesse d'écoulement fait déposer les sables et flotter les graisses. L'injection des microbulles d'air permet d'accélérer la flottation des grains. Les sables sont récupérés par pompage alors que les graisses sont raclées en surface [33].

8.3 Traitement biologique :

Ce traitement s'effectue dans le bassin d'aération et le décanteur secondaire.

Les traitements biologiques permettent d'éliminer de façon très poussée la fraction soluble et organique de la pollution. Ce traitement s'appuie sur l'utilisation des micro-organismes les eaux sont envoyées vers le bassin d'aération (réacteur biologique). Les aérateurs permettent de satisfaire le besoin en oxygène entre 1 à 3 mg/l. Ce procédé es appelé épuration à boue activée; Il existe quatre principales utilisations spécifiques du procédé à boues activées:

- Elimination de la pollution carbonée (matières organiques) ;
- Elimination de la pollution azotée ;
- Elimination biologique du Phosphore ;
- Stabilisation des boues: procédé dit d'aération prolongée ou digestion aérobie [33].

8.3.1. Les systèmes d'aération :

Le bassin d'aération de la STEP d'El- KALA est équipé de 06 Aérateurs de surface (37 KW chacun) et d'une sonde de mesure d'oxygène dissous.

Le système d'aération est une aération mécanique de surface [33].



Photographie n°4 : Aérateur de surface.

- Les aérateurs fonctionnent par des horaires réglés au cours de 24 heures :
- De 8h à 20h :

Marche	Arrêt
1 h 30 min	30min

- De 20h à 8 h :

Marche	Arrêt
15 min	1 h

8.4. Décantation finale ou clarification :

La décantation se réalise dans un décanteur à pont racleur. A l'issue de ce traitement une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et des boues. Cependant le temps de séjour de la boue dans le décanteur ne doit pas dépasser 2 heures. Ainsi que l'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel [33].

8.5. Recirculation et extraction des boues :

- **Recirculation des boues :**

Une partie des boues décantées sont renvoyées vers le bassin d'aération afin de maintenir un équilibre constant entre la quantité de pollution à traiter et la masse de bactérie épuratrice. La recirculation est continue et se fait pendant les 24 heures [33].

- **Extraction des boues :**

Dans cette partie les boues sont envoyées vers le silo à boues afin de réduire leur volume par épaissement ce qui permet de concentrer au maximum les boues. Ces dernières sont envoyées vers le lit de séchage ou elles sont déshydratées pour les rendre plus solides afin de les utiliser en agriculture. La déshydratation est naturelle et se fait par exposition de la boue à l'air libre. L'extraction se fait 15 min par jour par l'ouverture de vanne d'extraction [33].

8.6 .Sortie de l'eau :

Les eaux épurées sont rejetées dans le milieu récepteur qui est la mer

9. Données techniques de la station :

La station de la ville d'El -KALA a été dimensionnée sur les bases de données suivantes :

Type de réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Domestique
Capacités	25000 EQ /hab.
Débit journalier	1900 m ³ /j
Matière en suspension	3520 kg/jour
Débit de pointe horaire admis au traitement	810 m ³ /h
DBO5 journalier	1920 kg/j
DCO journalier	4200 kg/ j

Tableau n°5: Caractéristiques techniques de la station [33].

10. Filières de traitement des eaux :

La STEP est composée des ouvrages suivants :

- ✓ Dé grilleur grossier.
- ✓ Dé grilleur fin mécanisé.
- ✓ Dessaleur-Déshuileur.
- ✓ Bassin d'aération prolongée.
- ✓ Décanteur secondaire.
- ✓ Recirculation des boues.
- ✓ Extraction des boues en excès.
- ✓ Epaisseur des boues.
- ✓ Déshydratation des boues sur lits de séchage [33].

11. Dimensionnement des principaux ouvrages :

11.1. Dé grilleur grossier manuel :

- ❖ Largeur de la grille : 1.00 m
- ❖ Inclinaison : 70 °
- ❖ Ecartement entre les barreaux : 50 mm [33].



Photographie n°5 : Dé grilleur grossier

11.2. Dé grilleur fin mécanisé :

- ❖ Largeur de la grille : 1.00 m
- ❖ Profondeur du chenal : 1.00 m
- ❖ Ecartement entre les barreaux : 20 mm [33].



Photographie n°6: Dé grilleur fin mécanisé.

11.3. Dessaleur-déshuileur:

De forme conique, le dessaleur –déshuileur est équipé par des pompes suceuses pour l'évacuation des sables et d'un écumeur pour l'élimination des matières flottantes. Il a les dimensions suivantes :

- ❖ Diamètre : 4.60 m
- ❖ Profondeur : 4 m [33].



Photographie n°7 : Dessaleur-déshuileur.

11.4. Bassin d'aération (bassin biologique) :

Le bassin d'aération sous forme rectangulaire de dimensions suivantes :

- ❖ Longueur : 44 m
- ❖ Largeur : 30 m
- ❖ Hauteur d'eau : 4 m
- ❖ Volume : 5200 m³ [33].



Photographie n°8: Bassin d'aération.

11.5. Décanteur :

Le décanteur est équipé d'un pont racleur à vitesse de rotation de 0.04 m/s de forme circulaire de dimensions :

- ❖ Diamètre : 28 m
- ❖ Surface : 600.15 m²
- ❖ Profondeur : 3 m [33].



Photographie n°9 : Décanteur.

11.6. Recirculation des boues :

La recirculation des boues se fait vers le bassin d'aération pour une régénération des bactéries épuratrices [33].



Photographie n°10 : Pompe de recirculation des boues.

11.7. Extraction des boues en excès :

L'extraction des boues en excès se fait vers l'épaississeur où elles séjournent pendant environ 24 à 48 heures, puis les boues épaissies (décantées) seront évacuées vers les lits de séchage pour la déshydratation [33].



Photographie n°11: Extraction des boues.

11.8. Epaisseur à boue :

- ❖ Diamètre : 5 m
- ❖ Hauteur : 06 m
- ❖ Pente de fond : 1/7 [33].



Photographie n°12 : Epaisseur.

11.9. Lits de séchage :

Le système consiste à sécher les boues à l'aire libre sur des lits de séchage drainé au nombre de neuf. C'est une technique de déshydratation naturelle.

Les dimensions de lits de séchage sont :

- ❖ longueur : 18.10m
- ❖ largeur : 12m
- ❖ profondeur : 0 .18 m [33].



Photographie n°13: Lits de séchage

12. Problèmes constaté dans la STEP d'El –KALA :

- Et nous en mentionnons certains :

1-Manque de :

- ✓ Réactif.
- ✓ Matériel de sécurité pour laboratoire (masque, lunettes).

3-Manque de moyen de :

- ✓ Transport des employés.
- ✓ Communication, internet.

13. Les normes du rejet des effluents (Algériennes et Internationales) :

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépassée ou une limite inférieure à respecter.

13.1. Les normes internationales :

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées :

Paramètres	Normes
PH	6.5-8.5
Température [° C]	25-30
MES (mgO2/l)	30
DBO5 (mgO2/l)	30
DCO (mgO2/l)	90
Azote totale (mg/l)	50
Phosphore total (mg/l)	2
Ammonium NH4 (mg/l)	< 0.5
Nitrate NO3 (mg/l)	50
Nitrite NO2 (mg/l)	1
Huiles et graisses (mg/l)	20
Coliformes totaux	5000
Coliformes fécaux	2000
Streptocoques	1000

Tableau n °6 : Normes de rejets de l'OMS [34].

13.2. Les normes Algériennes :

Paramètres	Unité	Valeur limites
Température	°C	30
PH	-	6.5à 8.5
MES	mg/l	35
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
(*) Détergents	mg/l	2

Tableau n °7 : Normes de rejets Algériens [34].

14. Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons pu fournir une description détaillée du réseau d'assainissement de la ville d'EL-KALA, qui peut être de type unitaire ou séparatif en fonction des situations spécifiques. De plus, nous avons également fourni une description approfondie de la station de relevage.

-Le secteur Ouest d'El -KALA dont toutes les eaux usées sont acheminées vers la station de relevage N°1 (BOULIF).

-Le secteur central (centre ville d'El -KALA) dont les eaux sont acheminées vers la station de relevage N°2 (El Mordjane).

- le secteur est (à l'est de la ville d'El- KALA) dont les eaux sont acheminées vers la station de relevage N°3 (El port).

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

Le processus d'épuration vise à éliminer les débris organiques ou minéraux les plus volumineux, à éliminer les matières en suspension (MES) de densité différente de l'eau, comme les grains de sable et les particules minérales, ainsi qu'à éliminer les pollutions résiduelles potentiellement nuisibles en aval, telles que les germes pathogènes, l'azote, le phosphore, etc.

La station d'épuration des eaux usées (STEP) d'EL-KALA utilise un procédé à boues activées de très faible charge avec une aération prolongée, grâce à des aérateurs de surface à vitesse lente.

Malheureusement, même en présence d'une station d'épuration, on constate que les eaux usées des quartiers situés du côté sud-ouest d'EL-KALA sont directement rejetées en mer sans subir traitement.

Chapitre 03 : Etude des bilan mensuel de l'année 2019

1. Introduction :

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (entrée de la station) et de l'eau épurée (sortie de la station) afin de déterminer les différents rendement d'épuration des paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer les performances épuratoires de la station d'épuration.

Actuellement (période de mon stage février-mai 2023), la station d'épurations d'El Kala **ne fonctionne plus correctement** comme avant selon les exploitants de la station. Cela est due à la détérioration du collecteur principal (Port-STEP) acheminant les eaux usées à la STEP est cela depuis la fin de l'année 2019.

Pour faire face à cette situation j'étais obligé de suivre les bilans d'exploitation de la STEP fourni par l'ONA des années précédentes.

Dans la suite de ce chapitre je présenterai les bilans mensuels de l'année 2019.

2. Matériel et méthodes :

2.1. Méthodes d'analyse des échantillons :

Durant son fonctionnement normale des années précédentes, différentes méthodes d'analyse journalière spécifique sont adoptées par la STEP d'EL -KALA ; tel que : T°. pH .MES .DCO . DBO₅ .O₂ dissous

2.2. Matériels Techniques (L'appareils des mesures) :

Le laboratoire de la station contient plusieurs appareils qui permettent de mesurer les différents paramètres des eaux usées :

Paramètre mesurés	Appareils
pH et température	pH mètre
Matière en suspension (MES)	Centrifugeuse /Etuve
Demande chimique en oxygène(DCO)	Thermostat /spectrophotomètre /Micropipette
Demande biologique en oxygène(DBO5)	DBO mètre /Incubateur /Flacon coloré pour DBO5
Oxygène dissous (O ₂ dissous)	Oxymétrie

Tableau n°8 : Appareillage des mesures existant à la STEP.

3. Prélèvement d'échantillons de l'eau :

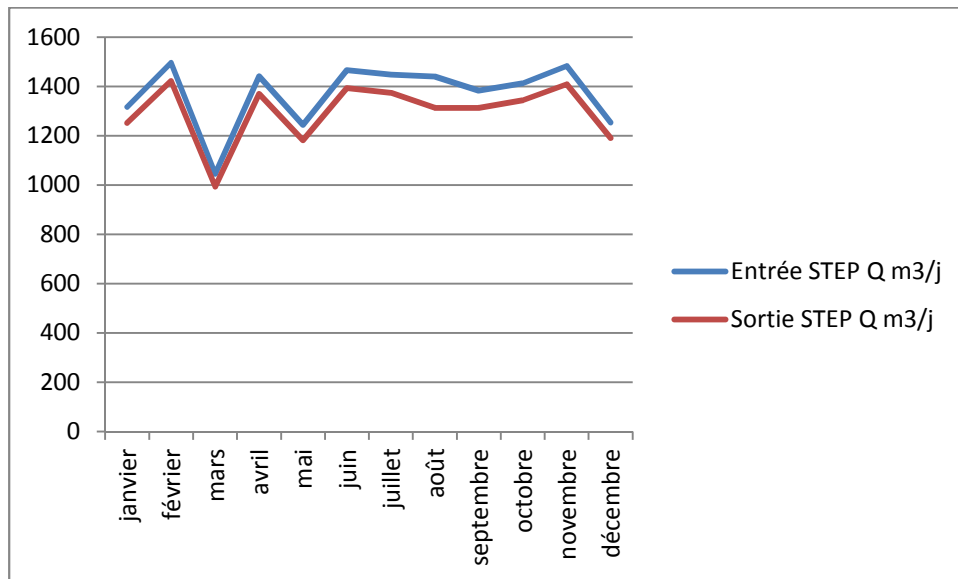
Le prélèvement a été fait avec des béciers avant et après épuration. Le volume prélevé est 100 ml. Les analyses sur lesquelles on va parler dans cette partie concernent les effluents d'eau usée de la station d'EL-KALA de l'an 2019, chaque heure, un certain volume d'eau usée est prélevé, à l'entrée de la STEP ainsi qu'à la sortie. Ceci est effectué 8 fois par jour pour avoir enfin l'échantillon final à analyser qui se compose du mélange des volumes prélevés. Les échantillons doivent être analysés dans un délai de 24 h au maximum, afin d'éviter toute modification des concentrations de l'échantillon.

4. Suivi des Performances de la station d'épuration de l'année 2019 :

4.1. Débit des eaux usées :

	Entrée STEP	Sortie STEP
	Q m ³ /j	Q m ³ /j
janvier	1316	1251
février	1496	1422
mars	1045	993
avril	1441	1369
mai	1243	1181
juin	1466	1393
juillet	1447	1374
août	1440	1313
septembre	1382	1313
octobre	1413	1343
novembre	1483	1409
décembre	1253	1190

Tableau n°9 : Variation de débit entrée –sortie STEP 2019. [36].



Courbe n ° 1: Variation de débit entrée –sortie STEP 2019. [36].

Selon le bilan fournit par l'ONA de l'an 2019 le débit varient de 1045 m³/j à 1496 m³/j.

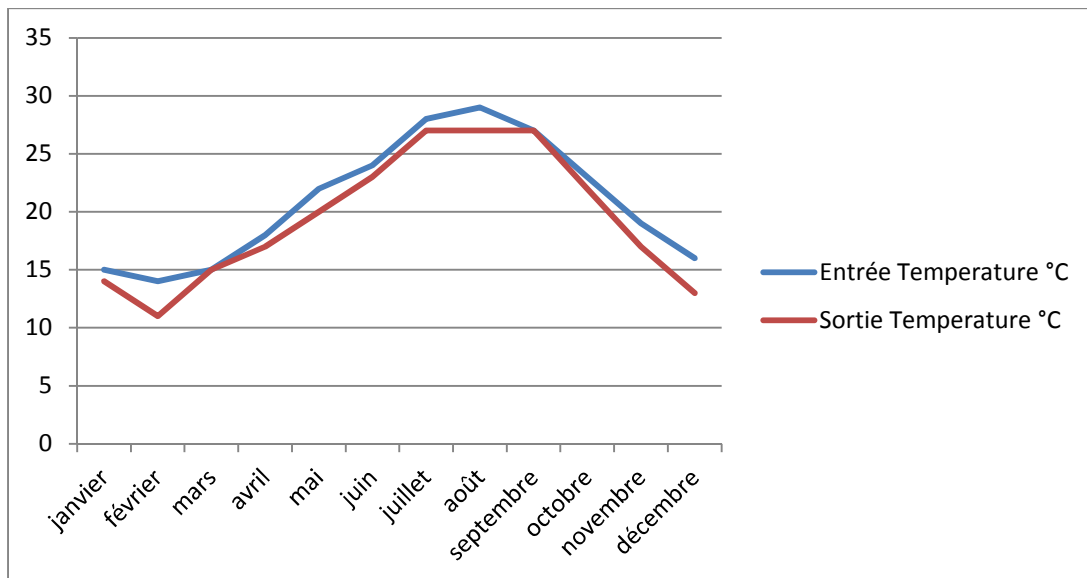
4-2. Bilan mensuel des différents paramètres entrée-sortie STEP:

	Entrée STEP					Sortie STEP				
	MES mg/l	DCO mg/l	DBO5 mg/l	pH	T °C	MES mg/l	DCO mg/l	DBO5 mg/l	pH	T °C
Janvier	315	868	600	7.13	15.5	45.67	77	50	7.21	13.5
Février	155	327	127	7.31	13	82	101	81	7.32	10.8
Mars	254	469	270	7.14	15.2	42.5	62	40	7.36	14.8
Avril	321	480	277	6.56	18.3	35	75	46	6.85	17.5
Mai	292	425	237	6.92	22.4	30	81	50	7.32	19.6
Juin	118	350	150	7.2	23.6	40	115	88	7.35	23.4
Juillet	208	540	325	7.6	28.5	74	138	104	8.5	27.6
Aout	338	423	233	7.5	28.8	96	130	108	7.9	27.5
Septembre	120	420	288	7.5	27.6	98	130	120	7.5	27.6
Octobre	120	423	142	7.53	23.1	60	78	76	7.15	21.7
Novembre	337	422	221	7.31	19.1	27	78	60	7.35	16.9
Décembre	267	572	355	7.41	15.8	22	73	111	7.53	12.8

Tableau n°10 : Bilan mensuel année 2019 STEP. [36].

4.2.1. La température :

La courbe suivante montre les variations de la température des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP d' El Kala durant l' année 2019.



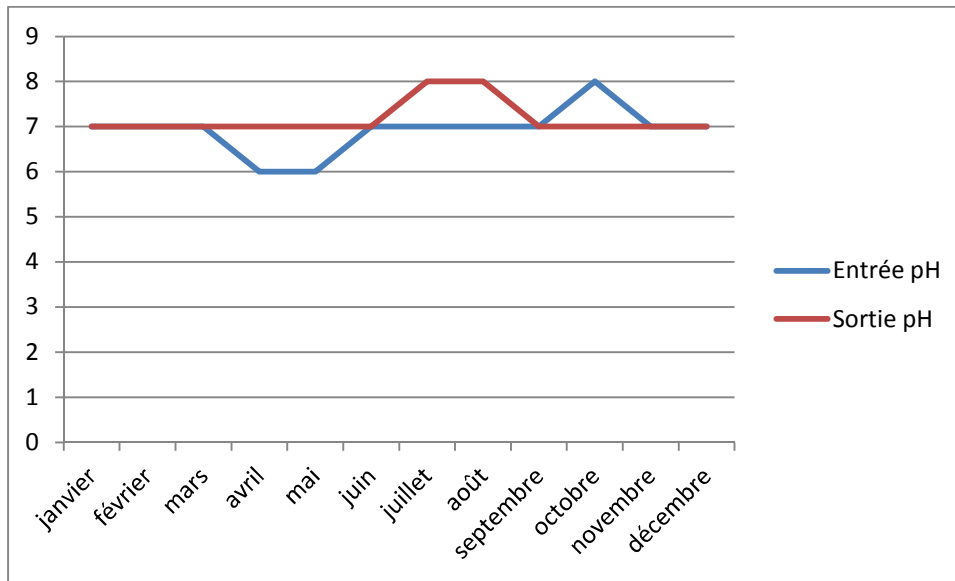
Courbe n °2 : Variation de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP. [36].

Commentaire :

La température joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique bactérienne et évaporation de l'eau en fonction de la température de l'air extérieur. La température d'eau usée entrée STEP varié entre 13°C en février et 28,8°C en août. Par contre à la sortie varié de 10,8 °C en février et 27,6°C en juillet et septembre.

4.2.2. Potentiel hydrique (pH) :

La courbe suivante représente la variation du PH de l'eau brute et des eaux traitée.



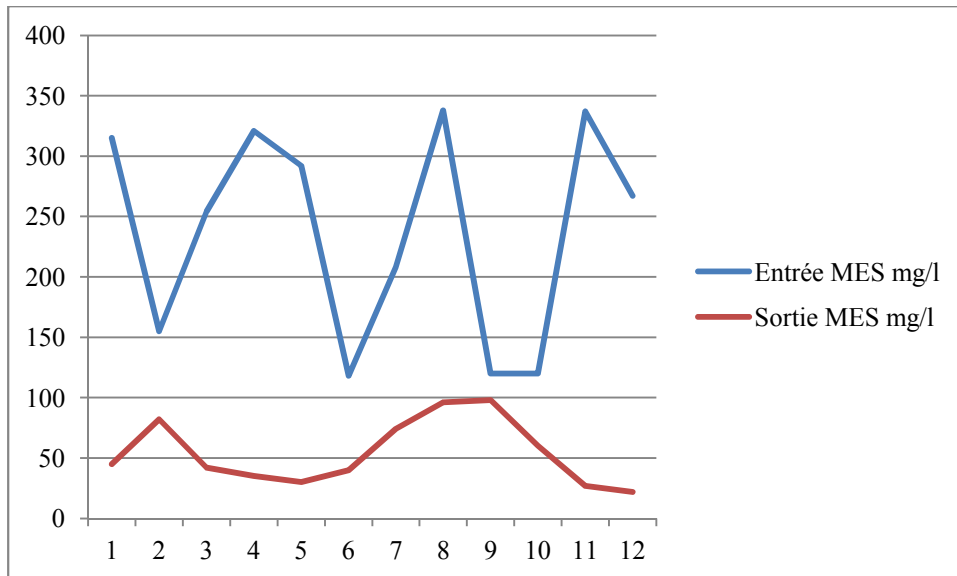
Courbe n °3: Variation du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP. [36].

Commentaire :

Nous avons remarqué que les valeurs de pH mesurées d'eau usée entrée STEP varié entre 6,65 en avril et 7,6 en juillet. Par contre à la sortie variée de 6,85 en avril et 8,5 en juillet.

4.2.3. Matières en suspension (MES) :

La courbe suivante montre la variation des matières en suspension (MES) de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.



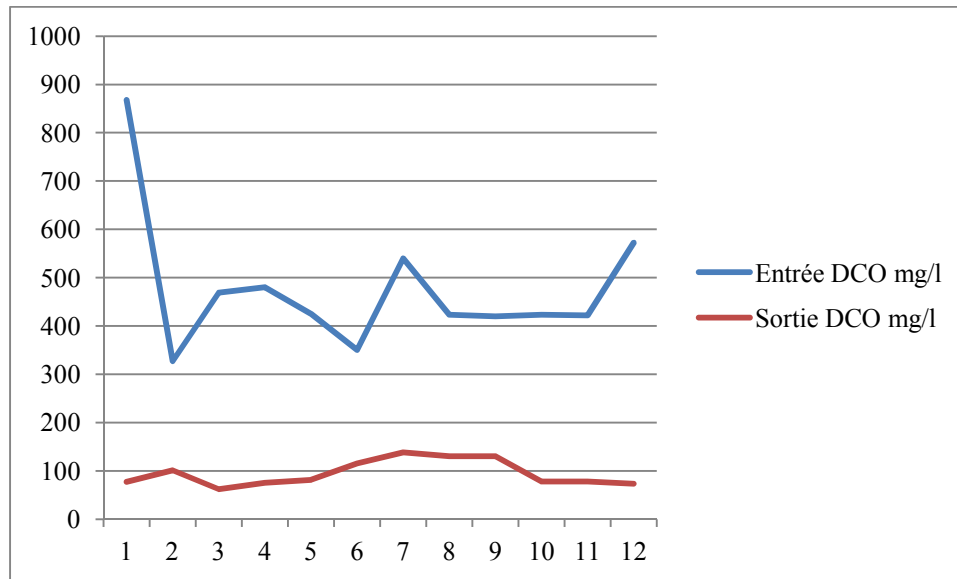
Courbe n °4 : Variation des matières en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP. [36].

Commentaire :

Nous avons remarqué que les valeurs de MES mesurées d'eau usée entrée STEP varié entre 118 mg /l en juin et 338 mg /l en août. Par contre à la sortie variée de 22 mg /l en décembre et 98 mg /l en septembre.

4.2.4. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La courbe suivante représente la variation de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.



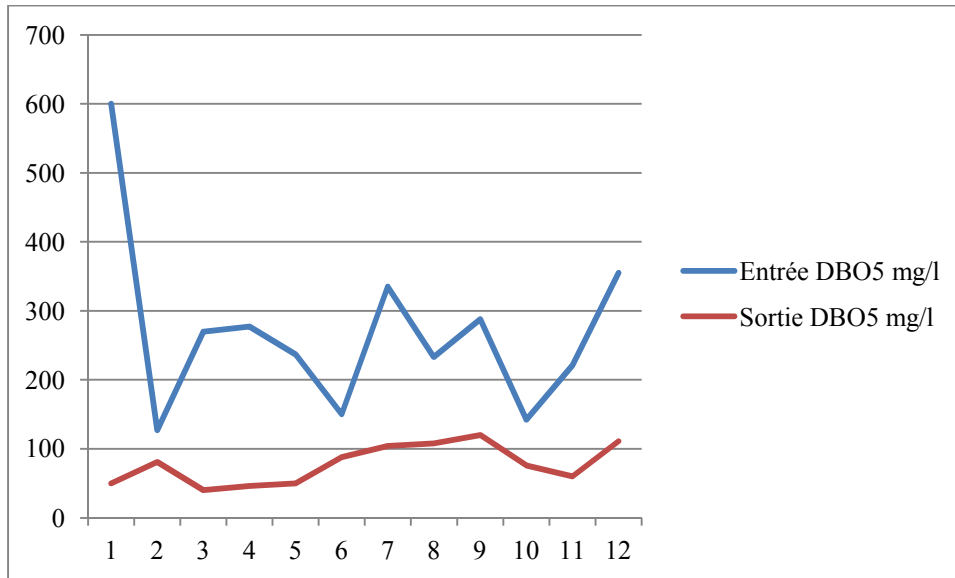
Courbe n°5 : Variation la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP [36].

Commentaire :

Nous avons remarqué que les valeurs de DCO mesurées d'eau usée entrée STEP varié entre 327 mg /l en février et 868 mg /l en janvier. Par contre à la sortie variée de 62 mg /l en mars et 138 mg /l en juillet.

4.2.5. Demande biologique en oxygène (DBO₅) :

La courbe suivante représente la variation de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP



Courbe n °6: Variation temporelle de la demande biologique en oxygène (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP. [36].

Commentaire :

Nous avons remarqué que les valeurs de DBO₅ mesurées d'eau usée entrée STEP varié entre 127 mg /l en février et 600 mg /l en janvier. Par contre à la sortie variée de 40 mg /l en mars et 120 mg /l en septembre.

5. Conclusion :

Le bilan mensuel des échantillons prélevés sont à deux endroits selon les exploitants de la STEP.

Le prélèvement des échantillons revêt d'une importance capitale car il détermine la pertinence des résultats d'analyses.

Les échantillons sont analysés au sein du laboratoire de la STEP d' El-Kala

.Les eaux usées présentent divers paramètres qui les caractérisent, tels que la température, le pH, la DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène), la DCO (Demande Chimique en Oxygène) et les MES (Matières en Suspension).

Chapitre 04:

Présentation du logiciel GPS-X

1. Présentation du Logiciel utilise :

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

Le logiciel GPS-X (Global 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.

Les simulations peuvent être réalisées tant en régime permanent qu'en régime Dynamique .A titre d'exemple makinia a effectué des simulations en régime permanent à parti D'un ensemble de fractionnement d'eaux usées urbaines du nord de la Pologne et les Coefficients acquis ont été validés en régime dynamique (**Makinia, 2002**).

Dans chaque régime, il est possible de faire des calages, des ajustements, des analyses De sensibilité et de la personnalisation des processus. Le rendement de la nitrification Et de la dénitrification sont obtenus pour différentes stations. Le langage de Programmation du logiciel utilisé est le fortran et ACSL, Advanced Control Simulation (Interface java) Ce logiciel, disponible au département d'hydraulique sous la responsabilité de Mr Hammar ; est utilisé pour des simulations au niveau des travaux de recherche et des Mémoires de fin d'étude [11].

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
- 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 [11].

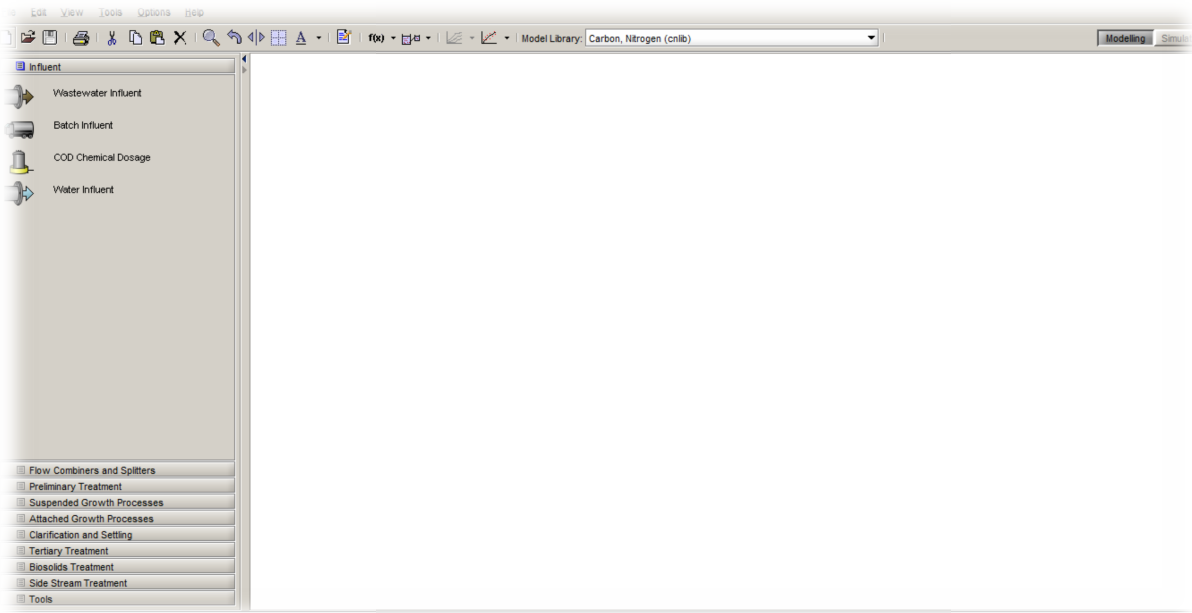


Figure n°5 : L'interface du GPS-X en mode Modélisation.

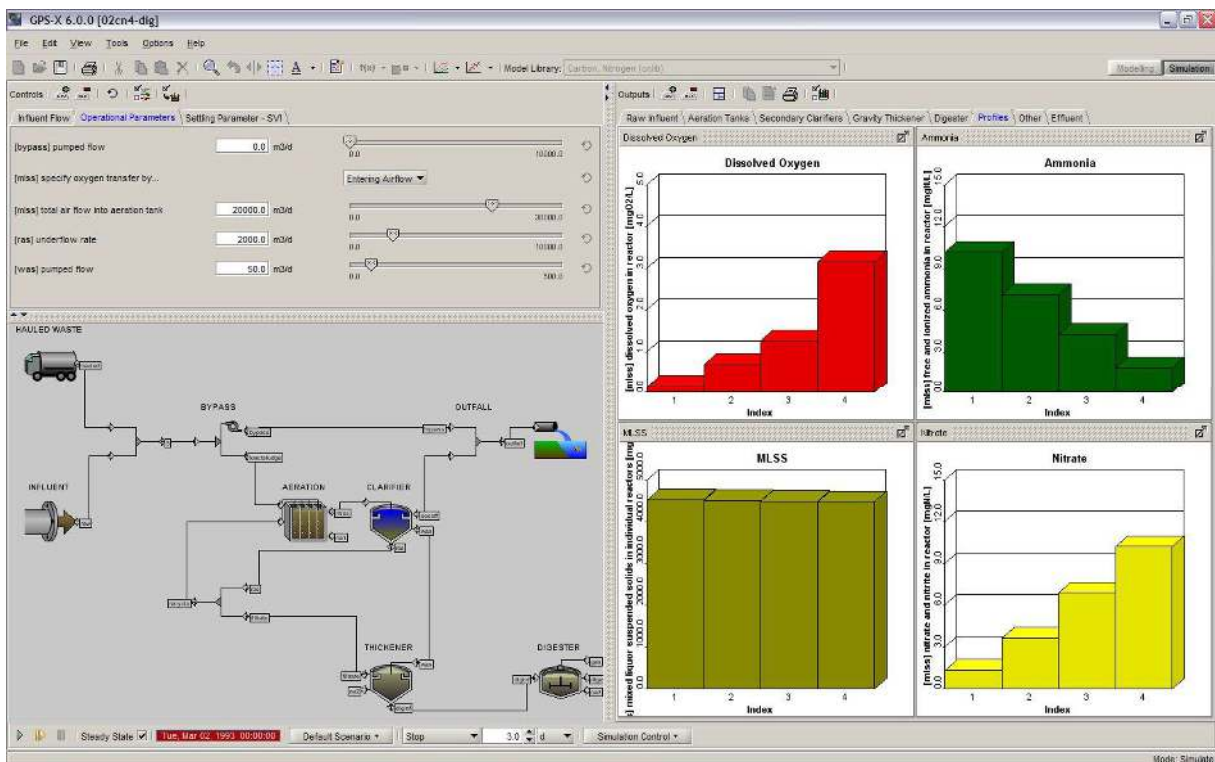


Figure n°6: L'interface du GPS-X en mode Simulation.

3. Utilité du GPS-X :

Le logiciel nous permet de créer la configuration actuelle de la station. L'utilisation de GPS-X se fait pour 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 :

3.1. 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.

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

3.3. 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.

3.4. Optimisation : ce module nous assiste dans l'optimisation des STEP .par exemple pour déterminer la meilleure distribution d'aire dans un réacteur de boues activées afin d'optimiser la qualité des effluents et réduire les coûts de l'aération.

Une forme 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 (CNPLIP). 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. an outre, des analyses de sensibilité vis-à-vis des paramètres ou variables sont possibles. Enfin, l'optimisation de leurs valeurs est proposée par l'utilisation d'algorithmes mathématiques [11].

4. Choix du modèle :

Le modèle ASM1 associant une description simple des phénomènes biologiques et une représentation conforme à la réalité. il exprime les vitesses de dégradation du substrat carboné et azoté en fonction de l'état de pollution (nommé par les variables) et caractéristiques de la biomasse assurant le traitement (nommé par des paramétrés). le modèle ASM1 fait appel à différentes notions que nous allons essayer de décrire [11].

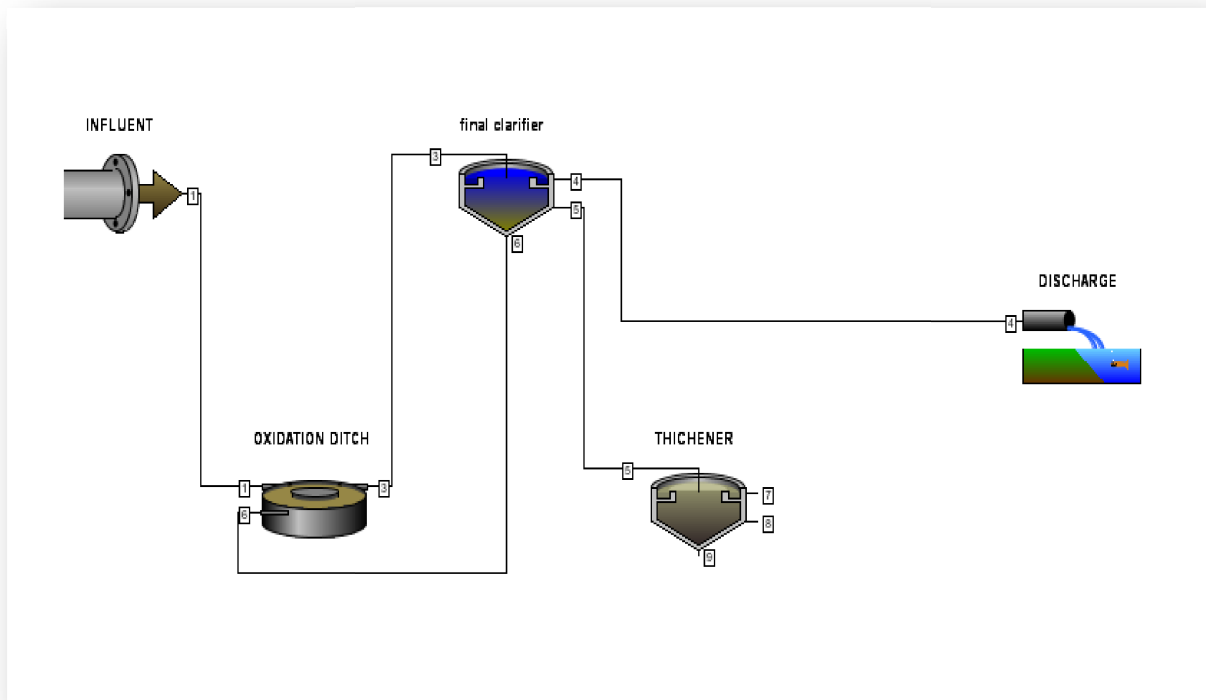


Figure n°7: Un schéma d'une STEP dans GPS-X.

5. Présentation du modèle ASM1 :

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

En outre, le modèle doit prendre en compte la cinétique (vitesse de réaction) et la stœchiométrie (rapport qu'un composant a sur les autres dans une réaction chimique) de chaque processus. Les principales tâches conceptuelles dans le développement du modèle mathématique sont l'identification des réactions, le choix de leurs expressions cinétiques et

stœchiométriques appropriées. Associant une description simple des phénomènes biologiques et une représentation conforme de la réalité, elles expriment les vitesses de dégradation des substrats carbonés et azotés en fonction de l'état de pollution (nommé par des variables) et des caractéristiques de la biomasse assurant le traitement (nommé par des paramètres).

Le modèle ASM1 fait appel à différentes notions que nous allons essayer de décrire [11].

5.1. 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 [13].

5.2. Variables :

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

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

- **La matière organique non-biodégradable** : est biologiquement inerte (ou réfractaire) et traverse le système à boues activées sans modification de concentration. Selon l'état physique, deux formes peuvent être identifiées :
- **La matière organique soluble inerte (Si)** qui quitte le système avec la même concentration qu'à l'entrée.
- **La matière organique particulière 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 particulière. [29].

- Les biomasses hétérotrophes (X_{bh}) et autotrophes (X_{ba}) peuvent être présentes dans l'eau usée, ayant de ce fait un effet important sur l'exécution des réactions dans le système [13].

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 (X_p).

La matière organique est ainsi fractionnée en différentes parties dont les définitions se distinguent selon leur rôle dans la croissance de la biomasse. Elles interviennent dans le modèle sous forme de variables et caractérisent l'état de pollution de l'effluent brut, de la boue des bassins et de l'effluent traité. Ce qui s'illustre pour la DCO totale sous trois formes : la forme substrat, la forme inerte et la biomasse vivante (hétérotrophe et autotrophe).

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

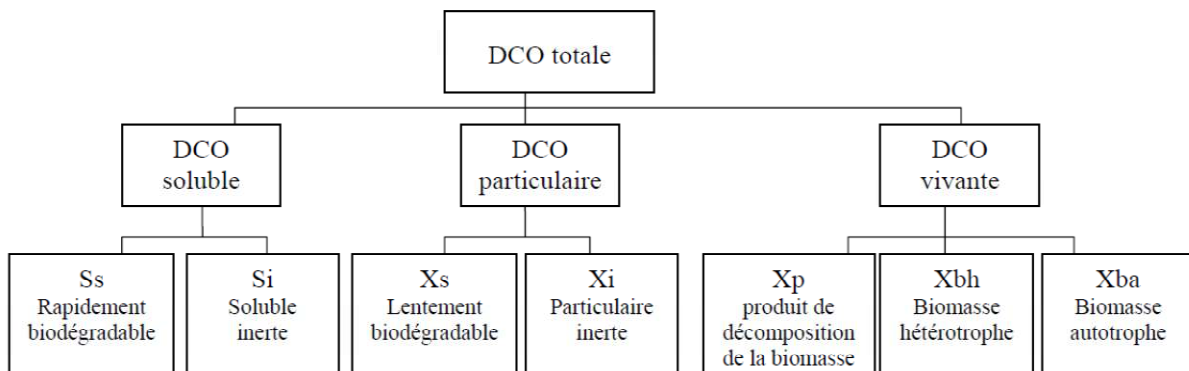


Figure n°8: Fractionnement de la DCO. [29].

Pour l'azote, nous retrouvons la même démarche de fractionnement. Il consiste à déterminer les fractions minérales (S_{nh} : azote ammoniacal et S_{no} : nitrates), organique biodégradable (soluble : S_{nd} et particulaire : X_{nd}) et réfractaires au traitement (soluble : S_{ni} et particulaire : X_{ni}). [29].

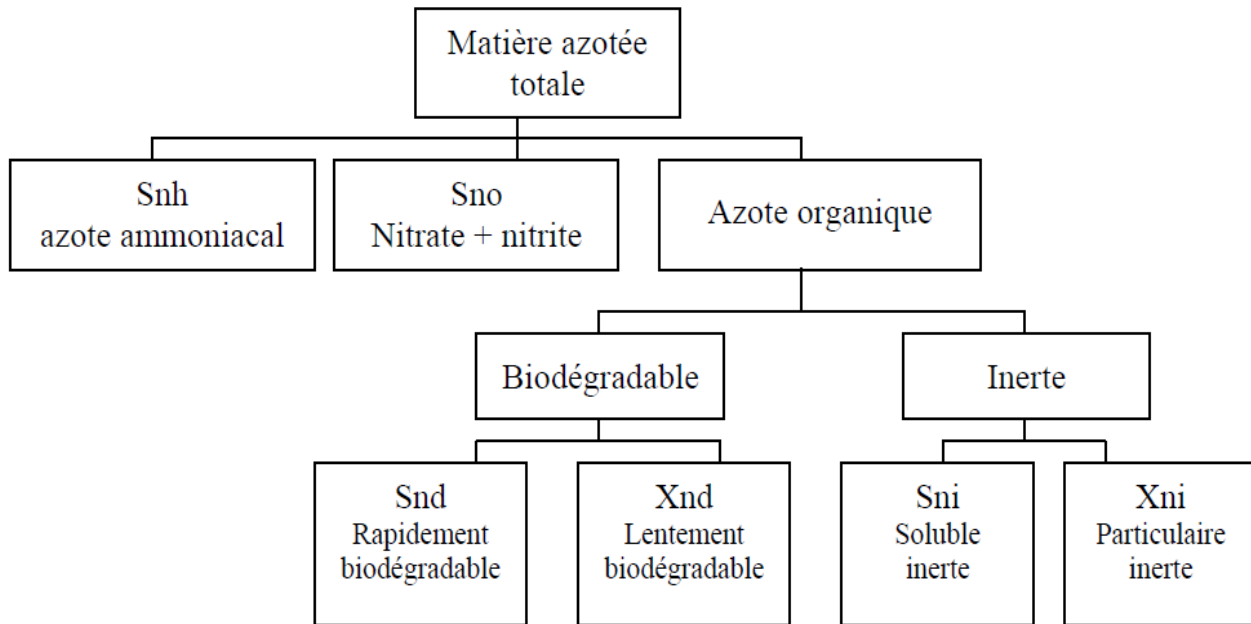


Figure n°9: Fractionnement de l'azote. [29].

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

5. 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 [11].

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 [11].

6. Conclusion :

Dans ce chapitre on a présente :

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 [35].

Chapitre 05 : **Modélisation et** **Simulation de la** **STEP**

1. Introduction :

Pour mieux évaluer les performances épuratoires des stations d'épuration, on procède à l'élaboration d'un outil d'aide à la décision pour mieux appréhender les conditions d'exploitation de la station d'épuration à boue activée de la ville d'El Kala. (actuellement non fonctionnelle)

Ce chapitre présente la procédure de modélisation de la STEP de la ville d'El Kala en suivant la méthodologie suivante:

La caractérisation du mode de fonctionnement

- Choix du modèle et son calage.
- Optimisation des STEP.

2. Caractéristiques de l'effluent d'entrée

Je dispose des fiches d'exploitation élaborées par l'office national d'assainissement (ONA) durant les années du fonctionnement de la STEP afin d'évaluer la qualité des données qui doivent être utilisées lors de simulation.

Pour caractériser le mode de fonctionnement, j'ai élaboré la méthodologie suivante :

Vu le manque des outils de contrôle j'ai effectué un questionnaire - débat avec les gestionnaires de la STEP, à propos du débit réel entrant, le débit de recyclage, le débit d'extraction et les concentrations de la charge polluante.

Les valeurs d'entrée sont récapitulées dans le tableau (N°11) présenté si-dessous

Paramètres	Valeurs d'entrée
Débit	1496 m ³ /j
DCO	330 mg/l
MES	155 mg/l
DBO5	127mg/l
NTK	25 mg/l

Tableau N°11 : Caractéristique de l'effluent d'entrée

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

Le fractionnement de la DCO choisi pour représenter cet effluent lors de la simulation dynamique de la STEP est celui proposé pour un effluent domestique classique en temps sec (Metcalf, 2003) à savoir :

Fractions	valeurs
Fraction soluble inerte frSI	0.087
Fraction soluble volatile de la DCO fSA	0.23
Fraction soluble lentement biodégradable	0.6

Tableau N°12 : Fractions introduites en GPS-X (Metcalf, 2003)

Les données présentées ci-dessus, le fractionnement et les concentrations précitées, caractérisent l'effluent d'entrée pour la simulation.

3. Calage du modèle ASM1 :

Il est nécessaire de définir une méthode de calibration selon le but de la modélisation, pour une première approximation afin de déterminer les conditions initiales, nous procédons à un calage en régime permanent. Les conditions initiales retenues à partir de cette étape seront par la suite introduites lors de la simulation dynamique.

3.1. Calage manuel en régime permanent :

Nous considérons que le système est en état d'équilibre. Chaque sortie représente un état d'équilibre différent du précédent et du suivant. Les paramètres ajustés seront introduits manuellement en tenant compte des différentes interactions entre eux selon les deux principes suivants :

- L'ajustement d'un paramètre se fait sur une phase où le processus relatif est nettement dominant.
- D'autre part, lors de l'ajustement des cinétiques de dégradation nous faisons l'hypothèse que les valeurs des taux de rendement de la biomasse sont correctes. Ainsi, les paramètres à modifier sont les constantes cinétiques liées aux processus. Concernant les constantes d'hydrolyse, nous avons modifié les valeurs pour prendre en compte les résultats respirométriques maintenus dans la littérature.

Les valeurs de certains paramètres biologiques du modèle ASM1 ont été modifiées. Le taux de croissance des bactéries hétérotrophes aérobies, généralement compris entre 3 et 13,2/j (HENZE et al. 1987), a été fixé à 7/j pour les deux premiers étages, et le coefficient de demi-saturation à 5 g DCO/m³. La biomasse hétérotrophe aérobique facultative présente sur le troisième étage a un taux de croissance plus faible (4/j). Le taux de décès des autotrophes a été fixé à la valeur de 0,14/j (MARQUOT et al. 2006).

. La station d'EL Kala est représentée en GPS-X selon la configuration suivante : (figure N° 10).

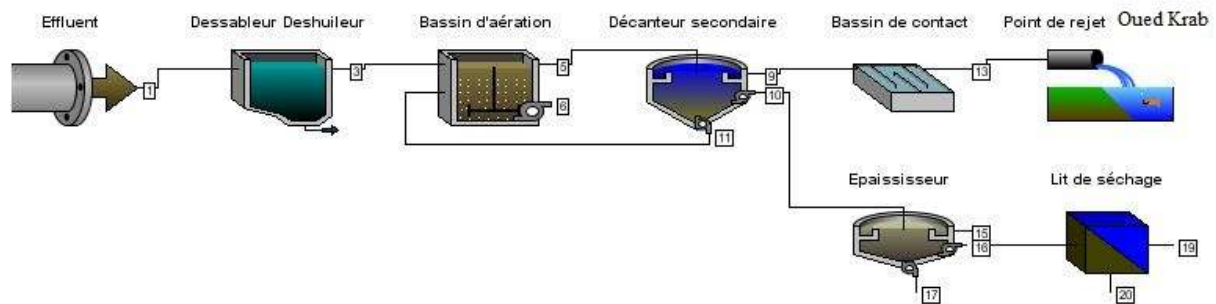


Figure N°10 : Configuration de la STEP d'El Kala

Après avoir disposé la description physique de la filière (dimensions des ouvrages), Nous attribuons à chaque compartiment de la STEP un modèle, qui est celui prédéfini et disponible en GPS-X :

- Le système biologique est représenté par le réacteur biologique en utilisant le Modèle ASM1.
- Le modèle choisi pour le clarificateur, est celui de Takacs (1991), simple unidimensionnel.

Les variables choisies comme étant des variables de contrôle sont les suivantes :

- débit d'entrée de la station
- système d'aération
- débit de recyclage de boue
- débit d'extraction de boue.

▪ **Aération :**

La simulation a été effectuée en ajustant les paramètres d'aération, d'une part, le facteur de proportionnalité entre le transfert d'oxygène dans les boues et dans l'eau claire (coefficient α) a été pris à 0,95 au lieu de 0,8 (valeur par défaut), d'autre part l'apport spécifique brut en oxygène en eau claire pour le bassin d'aération

▪ **Recirculation :**

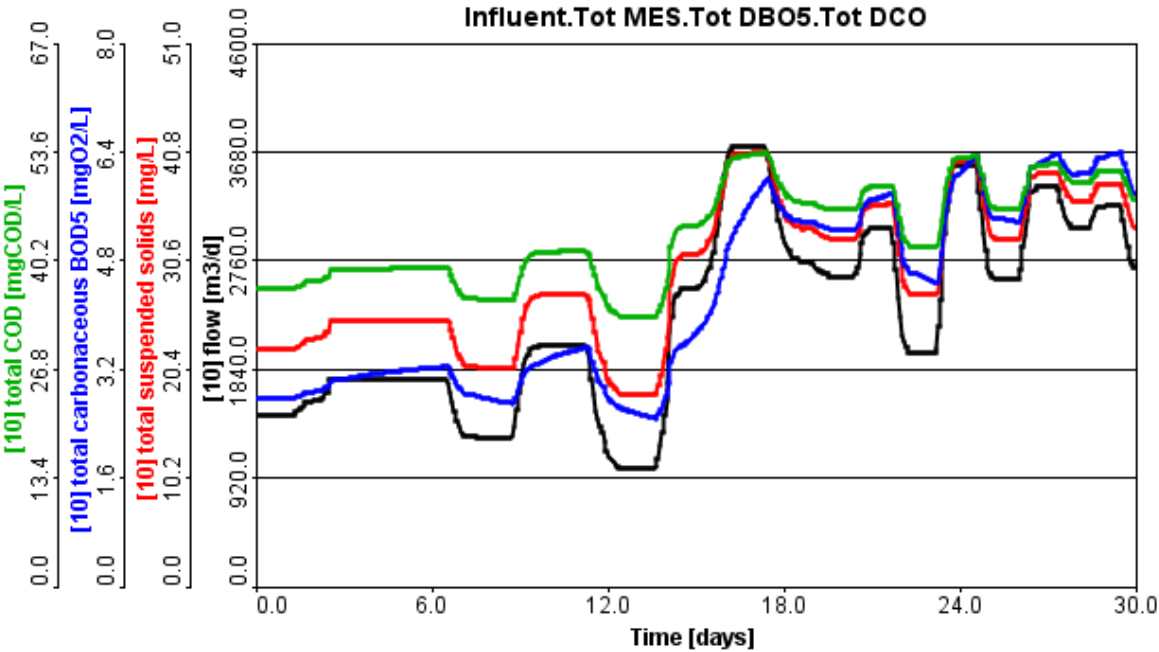
Elle est proportionnelle au débit d'entrée, la fraction de boue recyclée vers le réacteur se fait par l'intermédiaire de pompes de recyclages vers le bassin d'aération (5200 m³). **Nous avons choisi pour la simulation en régime permanent deux recirculation de 50% et de 100 %** ce qui permet de maintenir les concentrations dans le bassin d'aération proches des valeurs mesurées.

▪ **Extraction des boues :**

Un débit d'extraction de 40 m³/j est choisi afin de refléter le mode opératoire actuel de la STEP d'El Kala. Les tableaux suivant montrent les résultats de simulation par GPS-X pour les deux taux de recirculation.

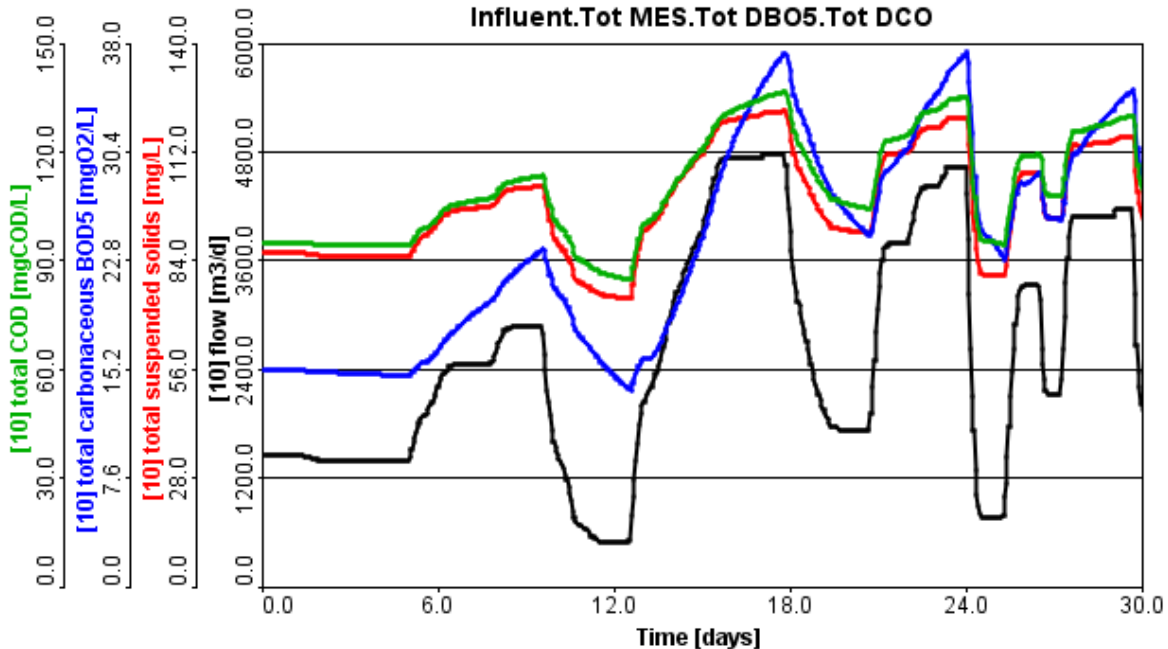
3.2. Résultats de simulation par GPS-X :

3.2.1. Taux de recirculation 50% :



Courbe N° 7 : Résultats de simulation par GPS-X : R=50%

3.2.2. Taux de recirculation 100% :



Courbe N° 8 : Résultats de simulation par GPS-X : R=100%

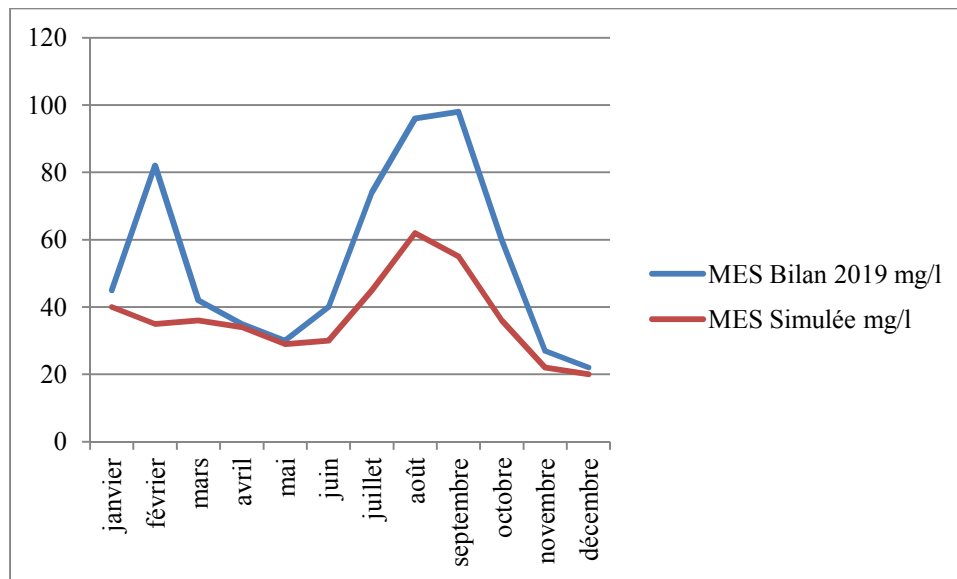
Interprétations :

D'après les résultats obtenus par GPS-X on peut affirmer tout d'abord que le taux de recirculation R=50 % donne les meilleurs résultats car la STEP rejette des eaux conforme aux normes de rejet en traitant un débit de 1200 m³/j jusqu'à 2750 m³/j. Par contre avec R=100 % la STEP donnera des résultats hors norme de rejet surtout accentué pour le paramètre MES qui avoisine les 85 mg/l pour un débit de 1500 m³/j. Donc on peut conclure que le mode de fonctionnement le plus proche au bilan étudié (model calé) est celui d'une recirculation de 50 % avec une extraction de 40 m³/j.

4. Comparaison des résultats des paramètres du bilan ONA de 2019 et les paramètres simulés :

4.1. Comparaison des résultats du bilan ONA et simulés : MES :

La courbe suivante montre la concentration des MES à la sortie du clarificateur selon le bilan de l'ONA et les valeurs simulées par GPS-X.



Courbe N° 9 : Comparaison des paramètres bilan 2019 et simulés : MES

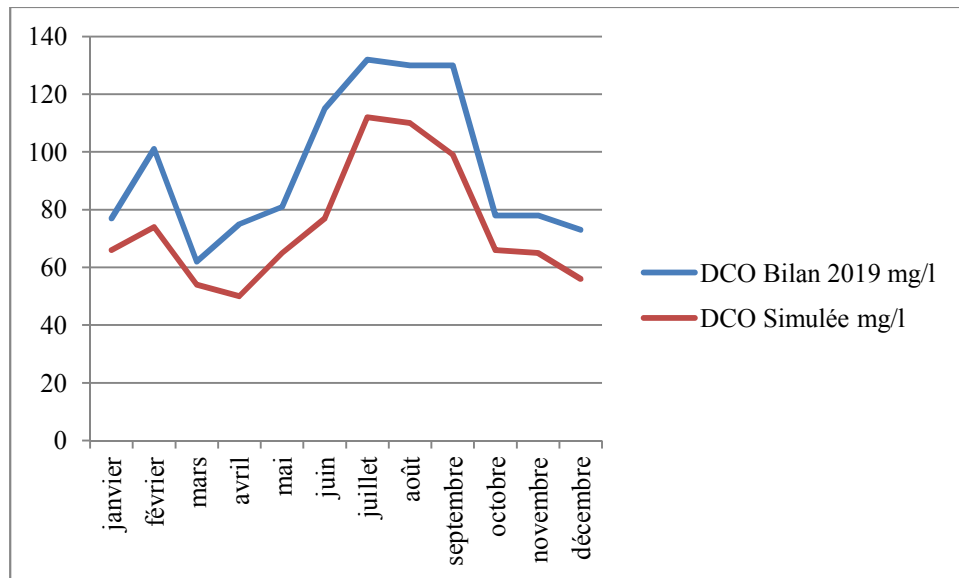
Interprétation :

On remarque :

- Les concentrations en MES sortie du bilan ONA varient de 22 à 98 mg/l alors que les concentrations en MES simulées par GPS-X varient de 20 à 62 mg/l, ces résultats répondent partiellement aux normes à la norme de rejet qui fixe les MES à 30 mg/l.

4.2.Comparaison des résultats du bilan ONA et simulés: DCO :

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



Courbe N°10: Comparaison des paramètres bilan 2019 et simulés : DCO

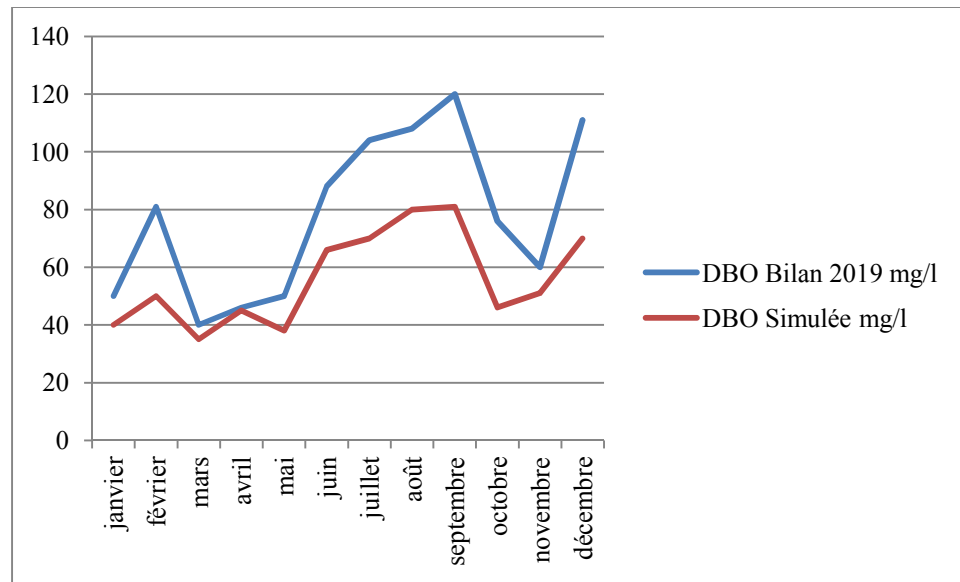
Interprétation :

On remarque :

- Les concentrations en DCO sortie de STEP tirés du bilan ONA 2019 varient de 62 à 130 mg/l alors que les concentrations en DCO simulées par GPS-X varient de 50 à 112 mg/l, ces résultats répondent à la norme de rejet de 120 mg/l

4.3. Comparaison des résultats du bilan ONA et simulés: DBO₅ :

La courbe suivante montre la concentration de la DBO₅ à la sortie du clarificateur obtenu du bilan ONA 2019 et les valeurs simulées par GPS-X.



Courbe N°11: Comparaison des paramètres bilan 2019 et simulés : DBO

Interprétation :

On remarque :

- Les concentrations en DBO sortie décanteur obtenu du bilan ONA 2019 varient de 40 à 120 mg/l alors que les concentrations en DBO simulées par GPS-X varient de 35 à 81 mg/l, ces résultats répondent aussi partiellement à la norme de rejet de 35 mg/l.

5. Conclusion :

Après plusieurs scénarii de simulation le modèle le fonctionnement optimal proche des résultats d'analyses est obtenu pour les valeurs des débits de recirculation et d'extraction respectivement 1500 m³/j et 40 m³/j.

6. Vérification de la capacité de la STEP par GPS-X en période estivale :

Depuis sa mise en service en 1982 et sa réhabilitation en 2006, jusqu'à l'année 2019, la station fonctionnait correctement et les eaux usées épurées répondaient aux normes de rejet. **Néanmoins en période estivale la STEP d'El Kala recevait des charges polluantes et hydrauliques supplémentaires.**

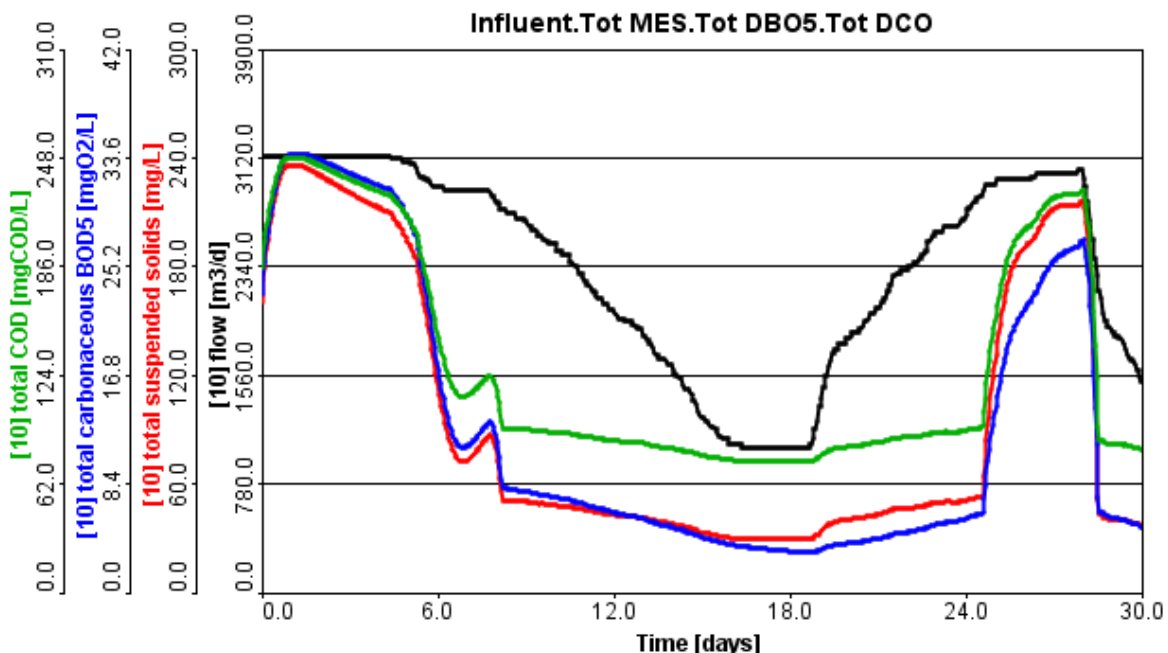
Suite aux fluctuations journalières et même horaire de débit et de charge les exploitants de la STEP n'arrivent pas à adapter un régime de fonctionnement correct, ce qui perturbe le bon déroulement du processus biologique de dégradation de la matière organique.

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

Dans cette partie je vais procéder à la vérification de la capacité de la station d'épuration d'El Kala une fois le raccordement des eaux usées est rétabli.

Vérification de la STEP avec hypothèse de départ une charge polluante de 540 à 1000 mg/l de DCO et une charge hydraulique de 3000 m³/j, avec une extraction de 40, 60 et 80 m³/j.

1^{er} cas : Q=3000 m³/j, DCO 1000 mg/l, 50 % de recirculation et 40 m³/j d'extraction, Les résultats de simulation sont illustrés par les courbes suivantes :

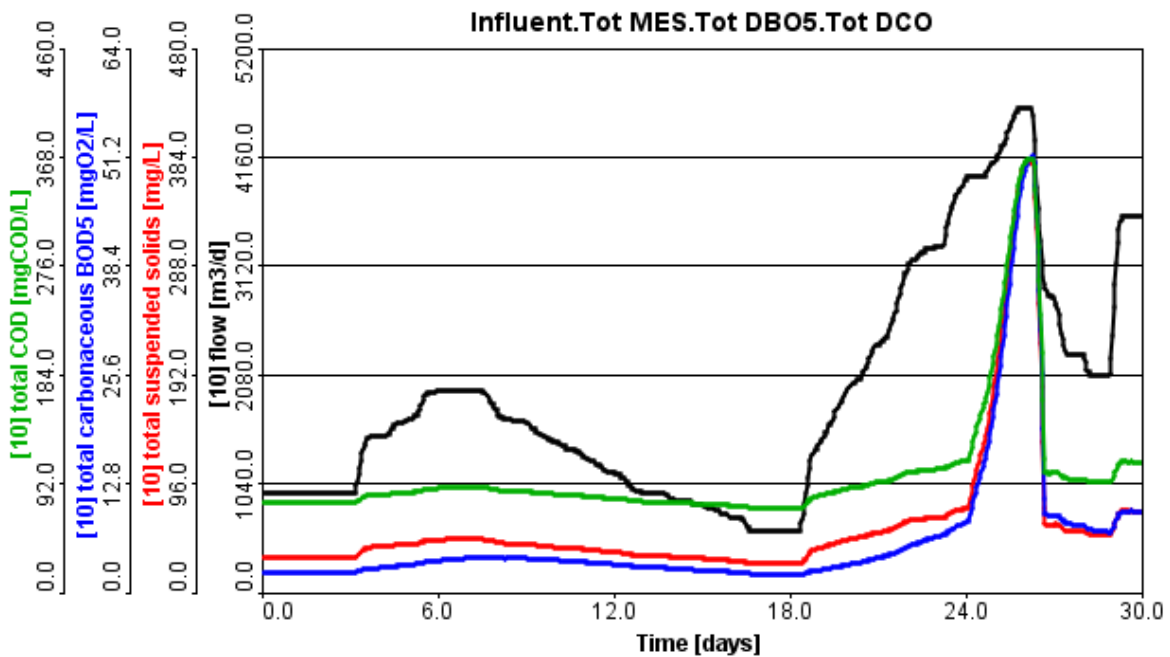


Courbe N°12 : Paramètres simulés par GPS-X (1^{er} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 50 % et une extraction de 40 m³/j la STEP peut supporter la charge polluante de 1000 mg/l de DCO jusqu'au débit de 1370 m³/j comme la montre la courbe N°12 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

2^{ème} cas : Q=3000 m³/j, DCO 1000 mg/l , 100 % de recirculation et 40 m³/j d'extraction,

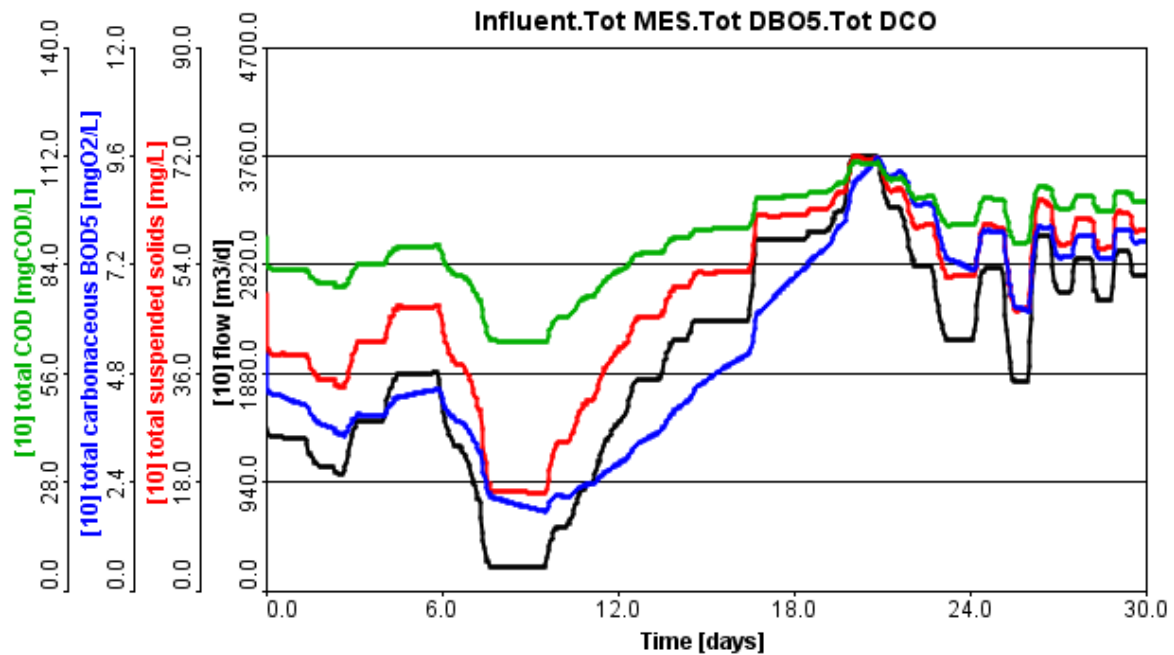


Courbe N°13 : Paramètres simulés par GPS-X (2^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 100% et une extraction de 40 m³/j la STEP peut supporter la charge polluante de 1000 mg/l de DCO jusqu'au débit de 1254 m³/j comme la montre la courbe N°13 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

3^{ème} cas : $Q=3000 \text{ m}^3/\text{j}$, DCO 1000 mg/l , 100 % de recirculation et $60 \text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction,

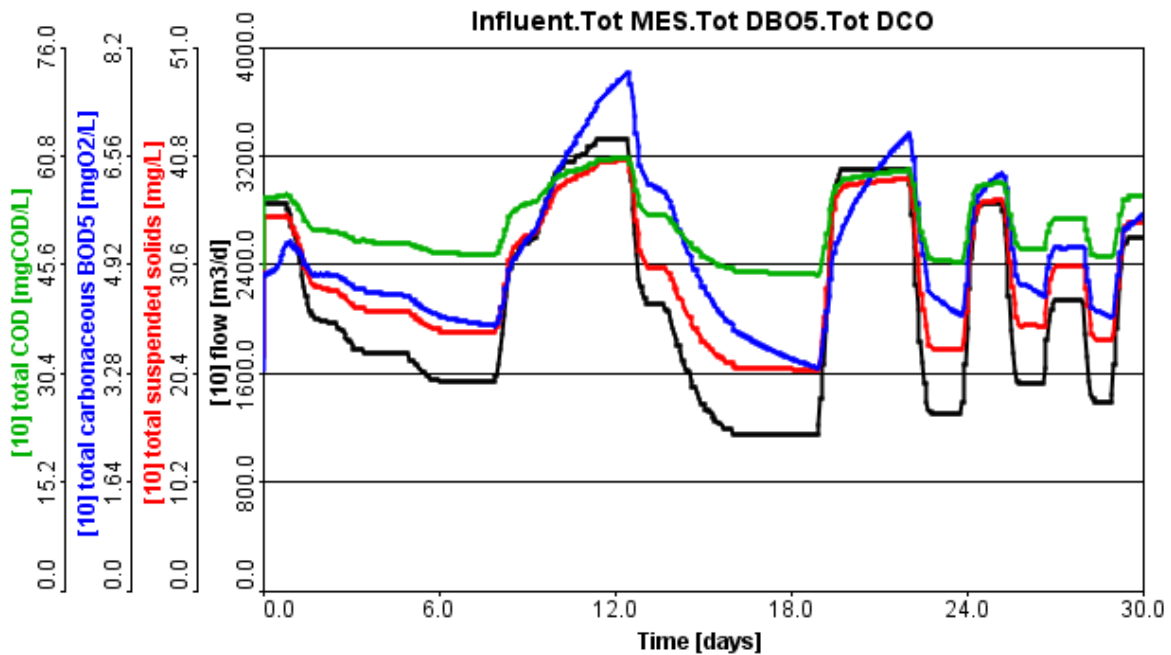


Courbe N°14 : Paramètres simulés par GPS-X (3^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 100% et une extraction de $60 \text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut supporter la charge polluante de 1000 mg/l de DCO jusqu'au débit de $1100 \text{ m}^3/\text{j}$ comme la montre la courbe N°14 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

4^{ème} cas : $Q=3000 \text{ m}^3/\text{j}$, DCO 1000 mg/l , 100 % de recirculation et $80 \text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction,

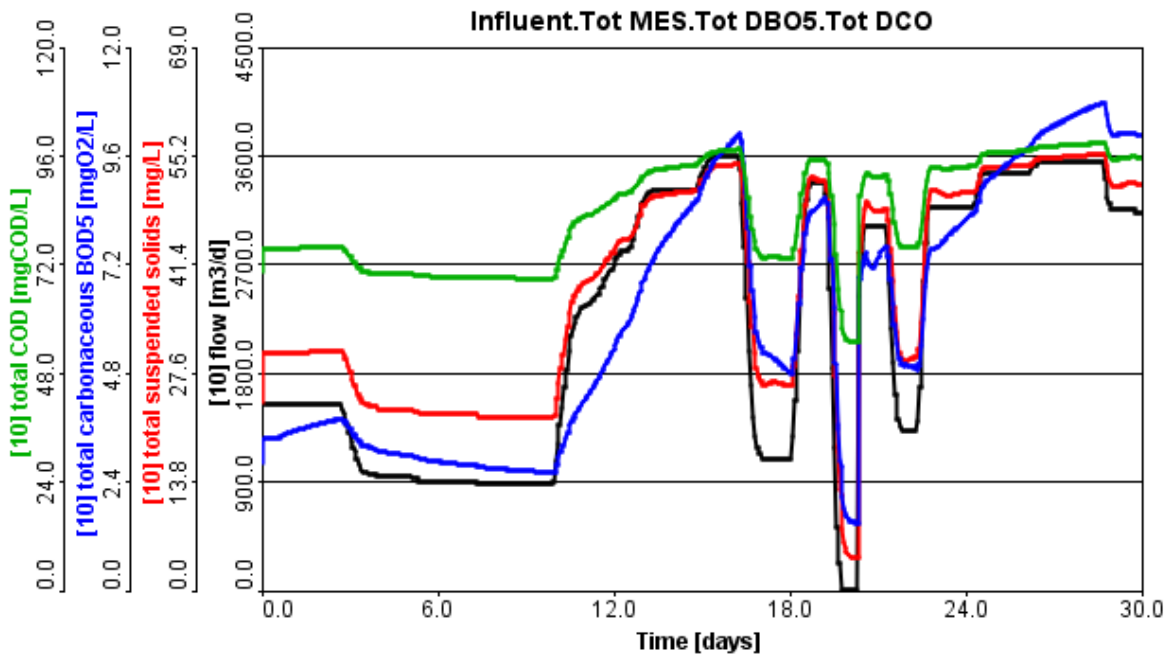


Courbe N°15 : Paramètres simulés par GPS-X (4^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 80% et une extraction de $60 \text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut supporter la charge polluante de 1000 mg/l de DCO jusqu'au débit de $1260 \text{ m}^3/\text{j}$ comme la montre la courbe N°15 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

5^{ème} cas : $Q=3000 \text{ m}^3/\text{j}$, DCO 1000 mg/l, 50 % de recirculation et $60 \text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction,

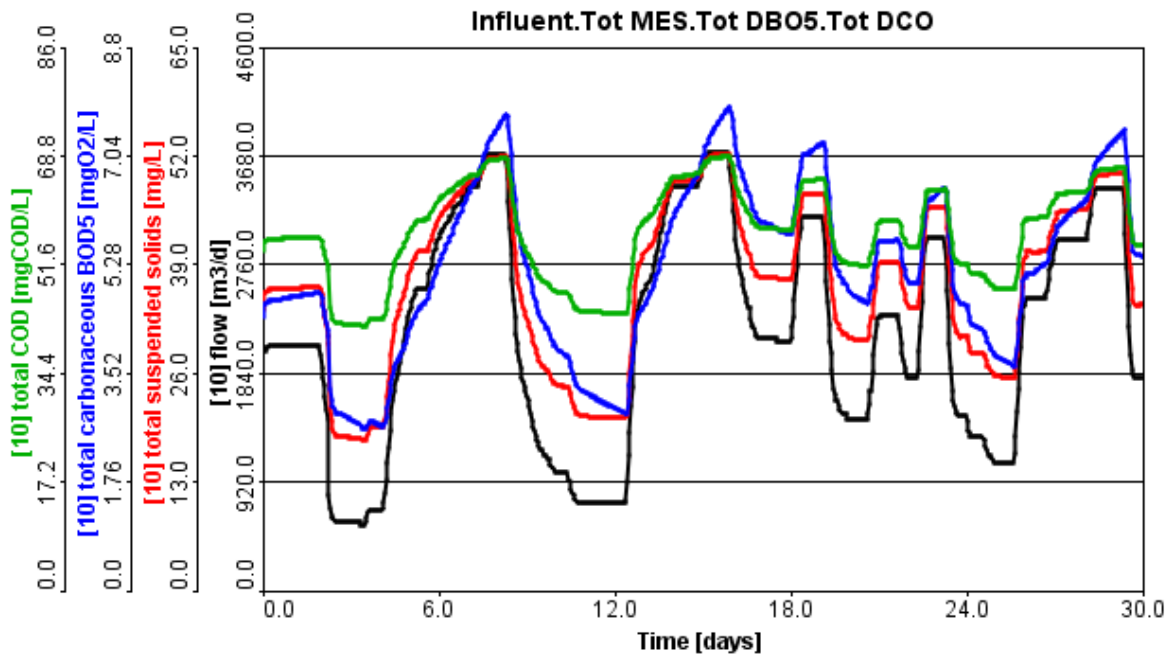


Courbe N°16 : Paramètres simulés par GPS-X (5^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 50% et une extraction de $60 \text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut supporter la charge polluante de 1000 mg/l de DCO jusqu'au débit de $2109 \text{ m}^3/\text{j}$ comme la montre la courbe N°16 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

6^{ème} cas : $Q=3000 \text{ m}^3/\text{j}$, DCO 1000 mg/l , 50 % de recirculation et $40 \text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction,

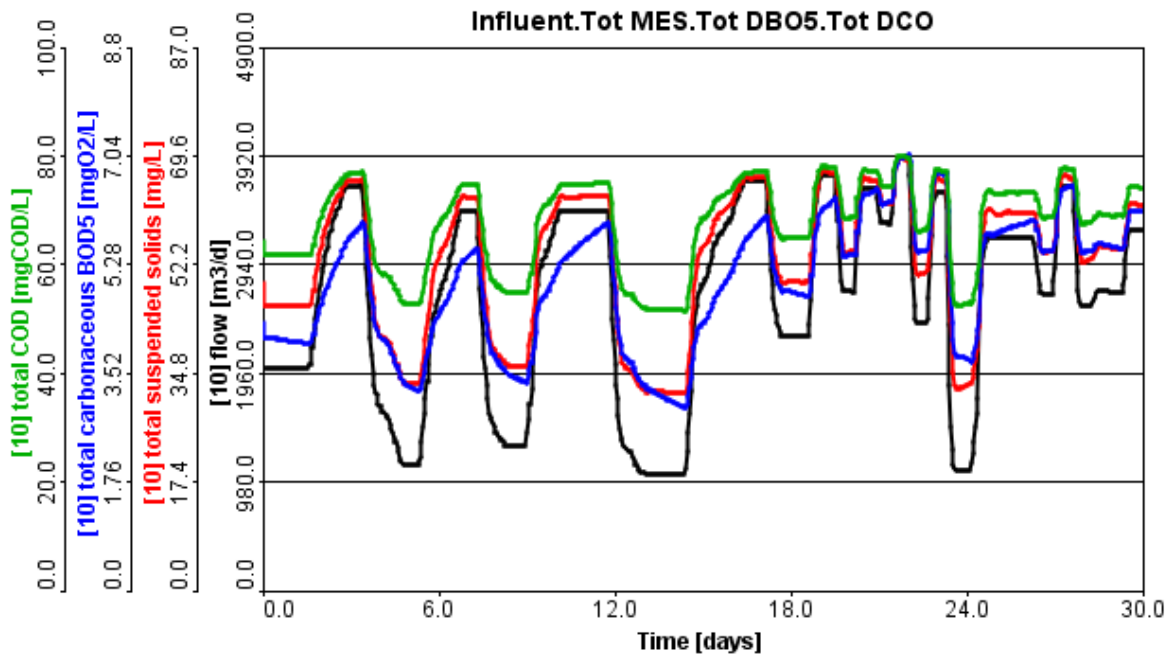


Courbe N°17 : Paramètres simulés par GPS-X 6^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 50% et une extraction de $40 \text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut supporter la charge polluante de 1000 mg/l de DCO jusqu'au débit de $2100 \text{ m}^3/\text{j}$ comme la montre la courbe N°17 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

7^{ème} cas : $Q=3000 \text{ m}^3/\text{j}$, DCO 540 mg/l , 100 % de recirculation et $40 \text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction,

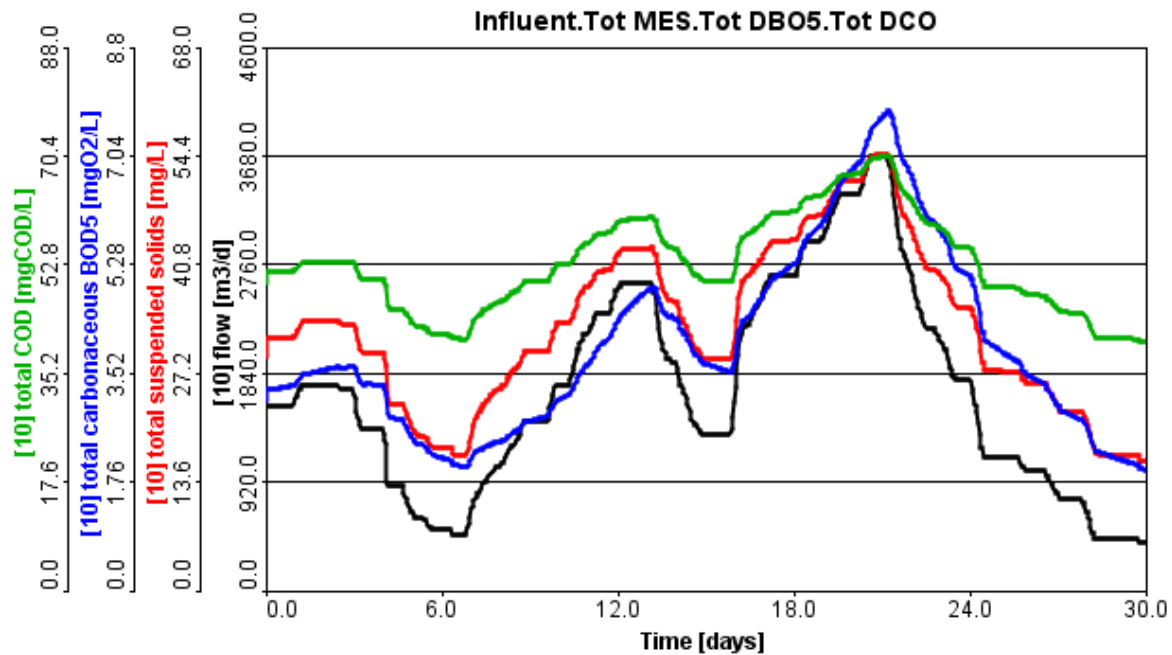


Courbe N°18 : Paramètres simulés par GPS-X (7^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 100% et une extraction de $40 \text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut supporter la charge polluante de 540 mg/l de DCO jusqu'au débit de $1172 \text{ m}^3/\text{j}$ Comme la montre la courbe N°18 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

8^{ème} cas : $Q=3000 \text{ m}^3/\text{j}$, DCO 540 mg/l , 100 % de recirculation et $60 \text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction,

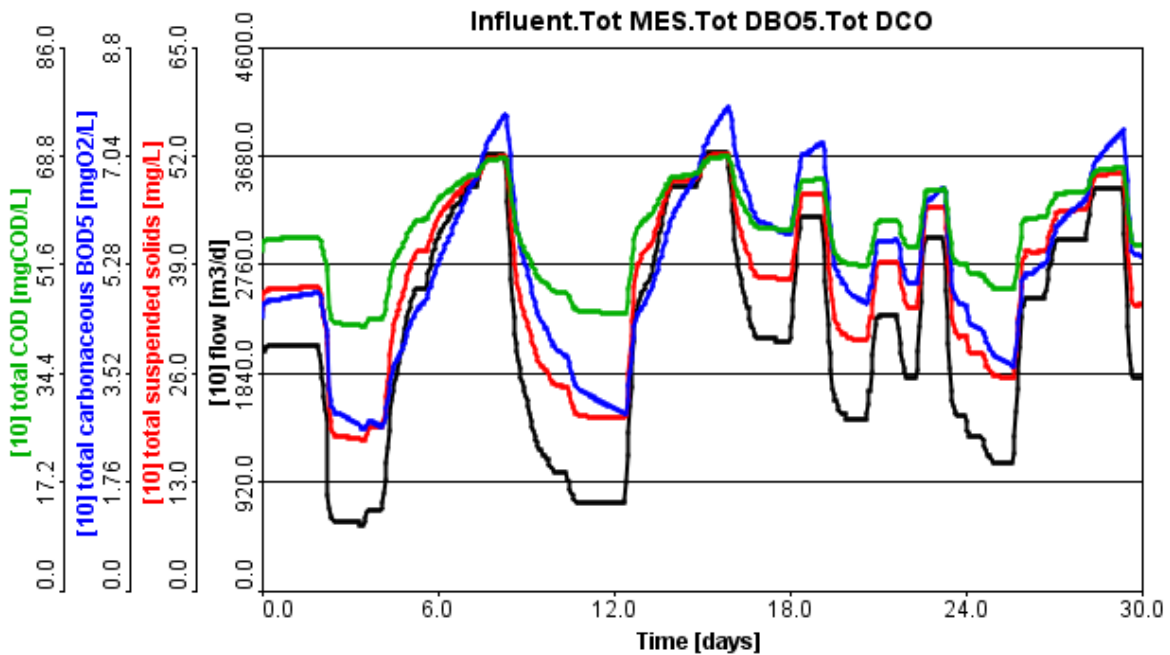


Courbe N°19 : Paramètres simulés par GPS-X (8^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 100% et une extraction de $60 \text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut supporter la charge polluante de 540 mg/l de DCO jusqu'au débit de $2000 \text{ m}^3/\text{j}$ Comme la montre la courbe N°19 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

9^{ème} cas : $Q=3000 \text{ m}^3/\text{j}$, DCO 540 mg/l , 100 % de recirculation et $80 \text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction,

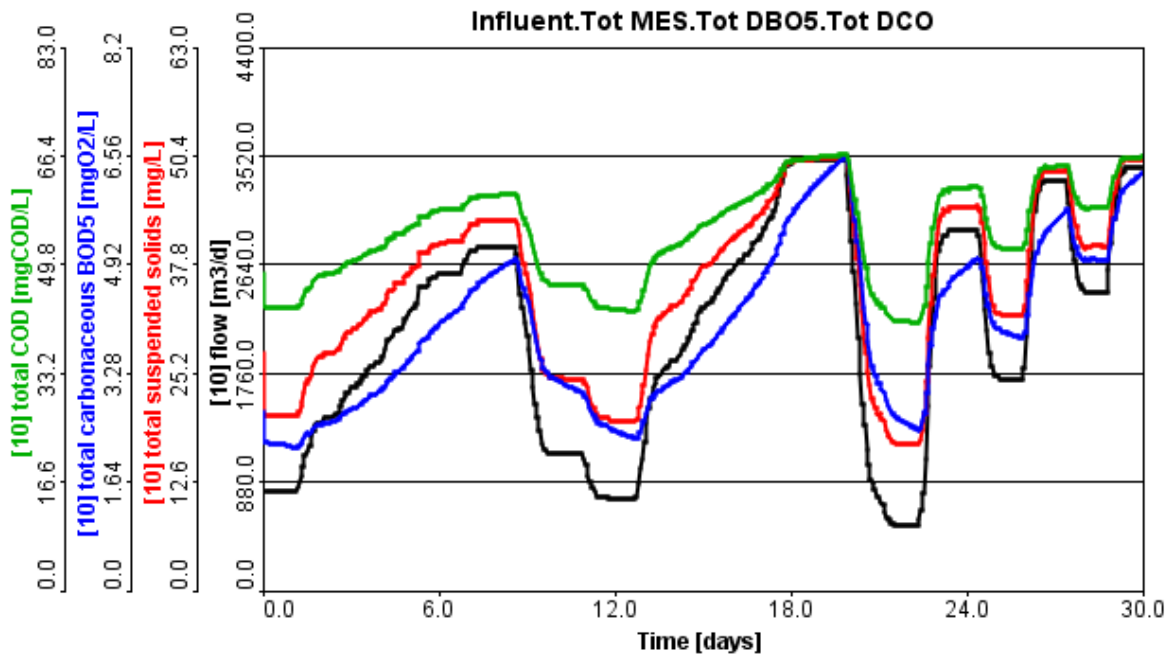


Courbe N°20 : Paramètres simulés par GPS-X (9^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 100% et une extraction de $80 \text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut supporter la charge polluante de 540 mg/l de DCO jusqu'au débit de $1850 \text{ m}^3/\text{j}$ comme la montre la courbe N°20 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

10^{ème} cas : $Q=3000 \text{ m}^3/\text{j}$, DCO 540 mg/l , 50 % de recirculation et $40 \text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction,

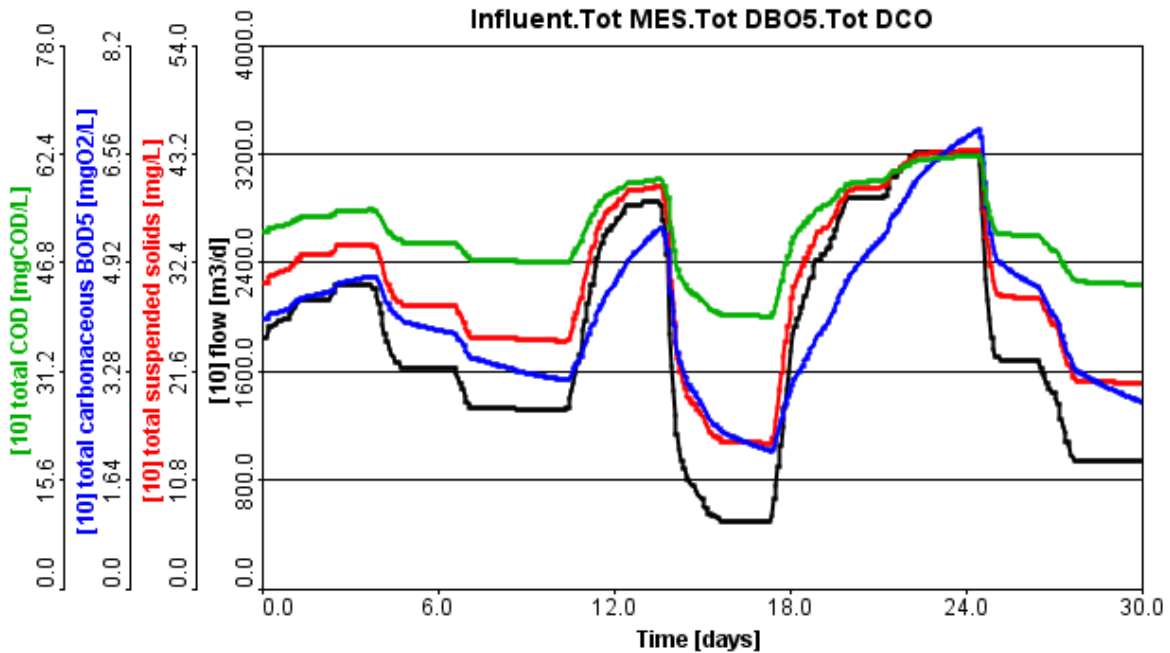


Courbe N°21 : Paramètres simulés par GPS-X (10^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 50% et une extraction de $40 \text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut supporter la charge polluante de 540 mg/l de DCO jusqu'au débit de $2100 \text{ m}^3/\text{j}$ comme la montre la courbe N°21 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

11^{ème} cas : $Q=3000$, m^3/j DCO 540 mg/l , 50 % de recirculation et $60 m^3/j$ d'extraction.

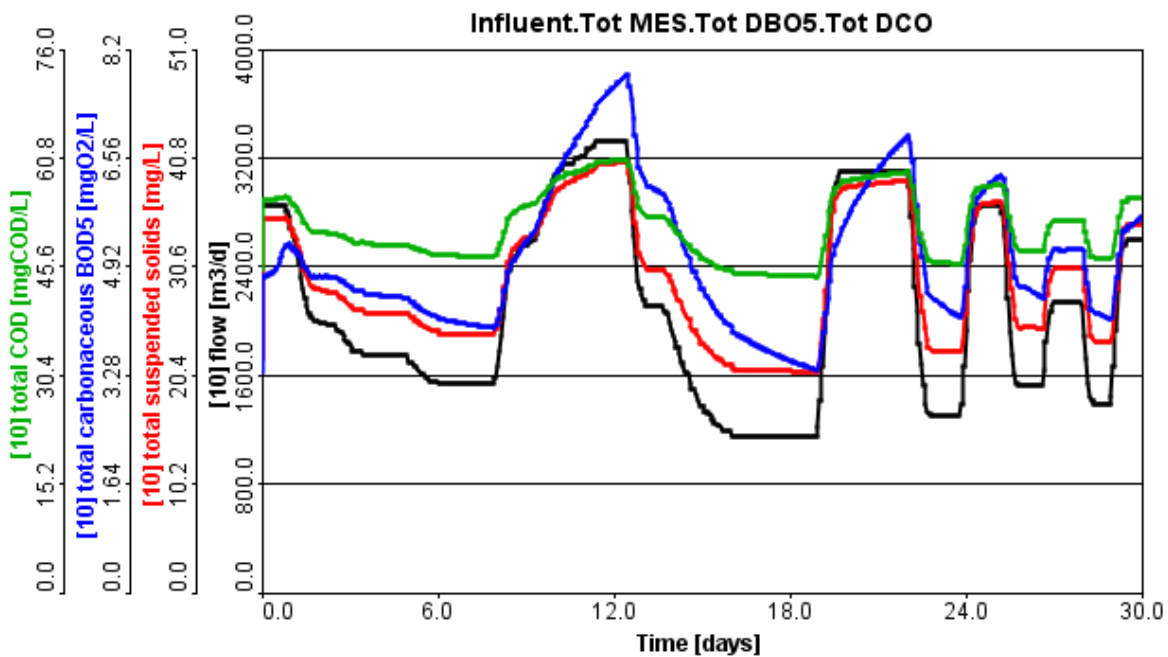


Courbe N°22 : Paramètres simulés par GPS-X (11^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 50% et une extraction de $60 m^3/j$ la STEP peut supporter la charge polluante de 540 mg/l de DCO jusqu'au débit de $2300 m^3/j$ m^3/j comme la montre la courbe N°22 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

12^{ème} cas : $Q=3000 \text{ m}^3/\text{j}$, DCO 540 mg/l , 50 % de recirculation et $80 \text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction,



Courbe N°23 : Paramètres simulés par GPS-X (12^{ème} cas).

Interprétation :

Dans ce premier cas, pour une recirculation de 50% et une extraction de $80 \text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut supporter la charge polluante de 540 mg/l de DCO jusqu'au débit de $2800 \text{ m}^3/\text{j}$ m^3/j comme la montre la courbe N°23 ci-dessus des paramètres simulés par GPS-X.

7. Interprétations des résultats de simulation et conclusion

En lisant les valeurs des paramètres de sortie on déduit que pour une recirculation des boues de 50 % la station peut traiter un volume d'eau usée allant de $1370 \text{ m}^3/\text{j}$ à $2100 \text{ m}^3/\text{j}$ toute en respectant les normes de rejet avec toujours une extraction de $40 \text{ m}^3/\text{j}$ mais une charge en DCO de 1000 mg/l.

Alors que pour une charge de 540 mg/l et le même taux de recirculation de 50 % avec une extraction de $80 \text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut aller jusqu'à $2800 \text{ m}^3/\text{j}$ et jusqu'au $2300 \text{ m}^3/\text{j}$ pour $60 \text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction.

Conclusion : on peut affirmer que pour des charges plus fortes la STEP satisfaiserait l'épuration des rejets liquides de la ville d'El Kala quel que soit la charge hydraulique ou polluante.

Conclusion Générale

Conclusion générale :

Les eaux usées ont donc plusieurs origines et ont une composition diversifiée, elles sont caractérisées par différents paramètres qui permettent de mesurer la charge polluante de l'effluent liquide. Les eaux usées ont un impact néfaste sur le milieu naturel, leur rejet dans la nature est régie par des normes établies au niveau national et international.

Une description détaillée du réseau d'assainissement et des stations de relevage de la ville d'EL-KALA..

-Le secteur Ouest d'El -KALA dont toutes les eaux usées sont acheminées vers la station de relevage N°1 (BOULIF).

-Le secteur central (centre ville d'El -KALA) dont les eaux sont acheminées vers la station de relevage N°2 (El Mordjane).

- le secteur est (à l'est de la ville d'El- KALA) dont les eaux sont acheminées vers la station de relevage N°3 (El Port).

.La station d'épuration des eaux usées (STEP) d'EL-KALA utilise un procédé à boues activées de très faible charge avec une aération prolongée, grâce à des aérateurs de surface à vitesse lente.

Malheureusement, même en présence d'une station d'épuration, on constate que les eaux usées des quartiers situés du côté sud-ouest d'EL-KALA sont directement rejetées en mer sans subir traitement.

.Les eaux usées présentent divers paramètres qui les caractérisent, tels que la température, le pH, la DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène), la DCO (Demande Chimique en Oxygène) et les MES (Matières en Suspension).

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

Le 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

D'après les résultats obtenus par GPS-X on peut affirmer tout d'abord que le taux de recirculation $R=50\%$ donne les meilleurs résultats car la STEP rejette des eaux conforme aux normes de rejet en traitant un débit de $1200\text{ m}^3/\text{j}$ jusqu'à $2750\text{ m}^3/\text{j}$. Par contre avec $R=100\%$ la STEP donnera des résultats hors norme de rejet surtout accentué pour le paramètre MES qui avoisine les 85 mg/l pour un débit de $1500\text{ m}^3/\text{j}$. Donc on peut conclure que le mode de fonctionnement le plus proche au bilan étudié (model calé) est celui d'une recirculation de 50% avec une extraction de $40\text{ m}^3/\text{j}$.

Après plusieurs scénarii de simulation le modèle le fonctionnement optimal proche des résultats d'analyses est obtenu pour les valeurs des débits de recirculation et d'extraction respectivement $1500\text{ m}^3/\text{j}$ et $40\text{ m}^3/\text{j}$.

En lisant les valeurs des paramètres de sortie on déduit que pour une recirculation des boues de 50% la station peut traiter un volume d'eau usée allant de $1370\text{ m}^3/\text{j}$ à $2100\text{ m}^3/\text{j}$ toute en respectant les normes de rejet avec toujours une extraction de $40\text{ m}^3/\text{j}$ mais une charge en DCO de 1000 mg/l .

Alors que pour une charge de 540 mg/l et le même taux de recirculation de 50% avec une extraction de $80\text{ m}^3/\text{j}$ la STEP peut aller jusqu'à $2800\text{ m}^3/\text{j}$ et jusqu'au $2300\text{ m}^3/\text{j}$ pour $60\text{ m}^3/\text{j}$ d'extraction.

on peut affirmer que pour des charges plus fortes la STEP satisfaiserait l'épuration des rejets liquides de la ville d'El Kala quel que soit la charge hydraulique ou polluante.

Références :

- [1] : **Thomas O, (1955)**, Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192 p
- [2] : **LADJEL F. (2006)**- Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, p80.
- [3] : **KHADRAOUI A., TALEB S. (2008)**- Qualité des eaux de sud Algerien. Pollution et impact sur le milieu. Ed. Khyam. 367p.
- [4] : **RICHARD C. (1996)**- Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Scientifiques et médicale Elsevier. Paris.
- [5] : **Medjeldi F. Zahra. Hamici salma.** Simulation des performance épuratoire d'une station d'épuration parte Models ASM1.
- [6] : **Benemouaz Ali.** performance épuratoire d'une station d'épuration de maghnia
- [7] : **Traité de l'environnement**, Technique de l'ingénieur, Volume G1210.
- [8] : **Gaid A. 1984** épuration biologiques des eaux usées urbaines édition OPU Alger.
- [9] : **Aoulmi Sofiane, (2007)**, Conception de la station d'épuration dans la ville d'Eddine (W. Ain Defla), thèse de l'école nationale supérieure de l'hydraulique.
- [10] : **BENFIALA ISSAM(2017)**. Mémoire de master le Rendement épuratoire de la station d'épuration de la ville de Guelma
- [11] : **Abbas-Khalla & Batallah Khawla** : Suivi et Simulation des performances épuratoires de la STEP de Skikda Mémoire de Master II Département d'hydraulique Annaba.
- [12] : **LIMANI R. (2003)**- Contribution à l'étude hygiénique des caractères physicochimique des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et leur impact sur la nappe phréatique. Mém. Ing. Eco et Env. Ecosystème steppique et saharien. Uni d'Ouargla. p85.
- [13] : **Metahri M S (2012)** .Elimination simulation de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzo.
- [14] -**BENFIALA ISSAM(2017)**, Mémoire de master le Rendement épuratoire de la station d'épuration de la ville de Guelma
- [15] : **Metahri Mohammed Saïd, (2012)**, Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzo.

[16] : **Metahri Mohammed Saïd, (2012)**, Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzo.

[17] : **CSHPF, (1995)**, « Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines », conseil supérieur d'hygiène publique de France section des eaux ; 22p.http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.htm (consulté le 6-02-2015).

[18] : **Saggai M M, (2004)**, Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Univ. Ouargla.64p.

[19] : **Bekkouche M, Zidane F, (2004)**, Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville d'Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. de Ouargla.67p.

[20] : **Banzaoui N Et Elbouz F, (2009)**, Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt. Mem.Ing. chimie.Univ. de Annaba.

[22] : **BENFIALA ISSAM(2017)**, le Rendement épuratoire de la station d'épuration de la ville de Guelma.

[23] : **Zaabat Abla 2017 El -Tarf**, la qualité des eaux usées par la mesure de paramètres physico- chimiques).

[23] : les normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)

[24] : **Faiza Mekhalif,(2009)**, réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de magister en chimie, Université de skikda.

[25] : **Boumediene Amine, (2013)**, (bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées: cas de la STEP AIN EL HOUTZ). Mémoire de licence en hydraulique, Université Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen.

[26] : **Hadjou Belaid Z,(2013)**, « Contribution à l'étude des dysfonctionnements relevés dans une station d'épuration, étude du cas : STEP d'Ain El Houtz », Mémoire de master en hydraulique, Université Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen.

[27] : **Rodier J,(2005)**. L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.

[28] **Latifa Kahim, Hanane Idabdellah,(2013)**. L'impact des dysfonctionnements rencontrés au niveau des bassins d'aération de la Station d'Epuration et de Réutilisation des Eaux Usées de Marrakech sur la qualité des eaux traitées. Mémoire licence en science et technique, université de marakeche.

[29] : Rokbi Basma; Zitouni Amina: « suivi des performances épuratoires de la STEP d'ELKALA (simulation avec GPS-X) » ; juin 2020. Mémoire de Master II Académique Département d'hydraulique Annaba.

[30] :Sandy Cairn cross et R. Feachem , Environnement Heath, engineering in the tropics ;1993.

[31] : Bouraoui. S & Hebhouh.S (2016-2017) : « Evolution de la qualité physico- chimique et microbiologique des eaux usées de la STEP D'EL-KALA dans différents stades de traitement (Nord- Est Algérien) ». Mémoire de Master II Académique Département d'hydraulique Annaba.

[32] : google maps .

[33] : ONA, fiche technique de la station d'épuration des eaux usées de la ville d'EL –KALA.

[34] : Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.

[35] : Medjeldi F Zahra ; Hamici Selma Juin 2017 : Simulation Des Performances épuratoires d'une station d'épuration par le modèle asm1 Mémoire de Master II Département Génie Civil & Hydraulique Guelma.

[36] : ONA, BILAN MENSUEL 2019.