



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Polytechnique d'Alger



Département Génie des Procédés et de l'Environnement

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie des Procédés et de l'Environnement

Mise en marche d'une station d'épuration des eaux de process au niveau de l'usine NCA et réutilisation des eaux épurées

Réalisé par :

M.HARREF Athmane

M.KALEM Abderraouf

Sous la direction de :

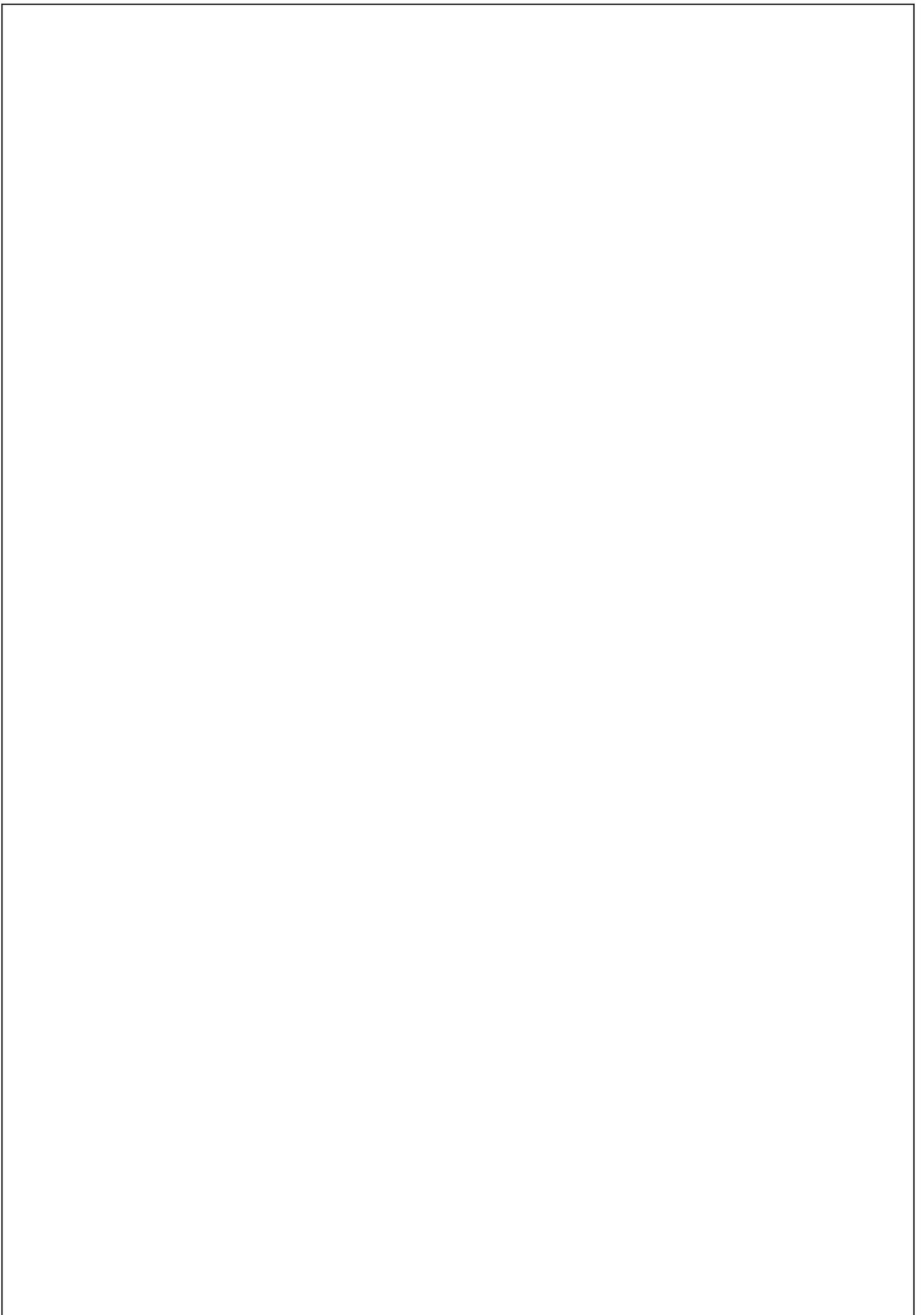
M. KHERAT (ENP)

M. DJERRIDI Hussein (NCA-
ROUIBA)

Présenté et Soutenu publiquement le 11/07/2024 devant un jury composé de :

Mme.	N. DJELLOULI	Maître de Conférences B	Présidente
Mme.	S. AROUA	Maître de Conférences A	Examinatrice
M	M. KHERAT	Doctorant	Encadrant
M.	H.DJERRIDI	Ingénieur	Co-Encadrant

ENP 2024





REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Polytechnique d'Alger



Département Génie des Procédés et de l'Environnement

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie des Procédés et de l'Environnement

Mise en marche d'une station d'épuration des eaux de process au niveau de l'usine NCA et réutilisation des eaux épurées

Réalisé par :

M.HARREF Athmane

M.KALEM Abderraouf

Sous la direction de :

M. KHERAT (ENP)

M. DJERRIDI Hussein (NCA-
ROUIBA)

Présenté et Soutenu publiquement le 11/07/2024 devant un jury composé de :

Mme.	N. DJELLOULI	Maître de Conférences B	Présidente
Mme.	S. AROUA	Maître de Conférences A	Examinatrice
M	M. KHERAT	Doctorant	Encadrant
M.	H.DJERRIDI	Ingénieur	Co-Encadrant

المخلص:

يتناول هذا العمل تشغيل محطة معالجة مياه الصرف في مصنع NCA-Rouïba وإعادة استخدام المياه المعالجة. قامت شركة NCA مؤخرًا بتركيب محطة معالجة مياه الصرف (STEP) في الموقع لمعالجة التصريفات السائلة الصناعية والامتثال للمعايير البيئية. تم التركيز في هذا العمل على المشكلات المرتبطة بزيادة الحمل على الطلب الكيميائي للأوكسجين (DCO) ، واقترح حلولاً مناسبة مثل تحسين جودة الحمأة و/أو تصميم منشآت إضافية لتقليل هذا الحمل. أظهرت نتائج تحليل المياه المعالجة أنها تتوافق مع معايير التصريف السائل لمعظم المعايير، باستثناء DCO و DBO والمواد الصلبة المعلقة (MES) ، حيث تم تصميم حلول مثل التصفية البيولوجية وإضافة حوض بيولوجي.

الكلمات الرئيسية: محطة معالجة مياه الصرف، الطلب الكيميائي على الأوكسجين، المعالجة البيولوجية، الحمأة المنشطة، التصميم.

Abstract :

The current work focuses on commissioning a process water treatment plant at the NCA-Rouiba factory and reusing purified water. NCA recently installed a wastewater treatment plant on-site to treat its industrial liquid discharge and comply with environmental standards.

This work specifically addresses issues related to COD overload and proposes appropriate solutions such as improving sludge quality and/or sizing additional facilities to reduce COD overload. The characterization of the purified water showed results compliant with liquid discharge standards for most parameters except COD, BOD, and TSS, for which bio-filtration solutions and the addition of a second biological basin were designed.

Keywords: Wastewater Treatment Plant (STEP), Process Water, COD, Biological Treatment, Activated Sludge, Sizing.

Résumé :

Le présent travail porte sur la mise en marche d'une station d'épuration des eaux de process à l'usine NCA-Rouïba et réutilisation des eaux épurées. NCA a récemment installé une STEP sur site afin de traiter ses rejets liquides industriels et se conformer aux normes environnementales.

Dans ce travail, l'accent a été mis sur les problématiques liées à une surcharge en DCO, et propose des solutions adaptées telles que l'amélioration de la qualité des boues et/ou le dimensionnement des ouvrages annexes supplémentaires pour abattre cette surcharge en DCO. La caractérisation de l'eau épurée a montré des résultats conformes aux normes des rejets liquides pour la plupart des paramètres excepté pour la DCO, la DBO et les MES pour lesquels des solutions de bio-filtration et l'ajout d'un deuxième bassin biologique ont été dimensionnés.

Mots clés : STEP, Eau de process, DCO, traitement biologique, boues activées, dimensionnement.

Dédicaces :

Athmane

Je dédie ce modeste travail en signe de respect :

A ma chère tante et ma deuxième maman HARREF LYNDA, lumière de ma vie et gardienne de mon bonheur. A travers les années tu as été ma source d'inspiration et de soutien inébranlable. Ce mémoire est dédié à toi avec toute ma gratitude et mon affection sincère, je t'aime LYLY !

A ma chère grand-mère, celle qui a beaucoup souffert pour que je devienne l'homme que je suis aujourd'hui, je t'aime plus que les mots ne pourraient jamais l'exprimer !

A ma tante RADIA, la femme forte et douce, celle qui m'encourage toujours et m'aime inconditionnellement, ta présence et ton soutien ont toujours illuminé mes journées, ce mémoire est un humble hommage à ton amour infini !

A mes chers parents, avec toute ma reconnaissance et ma gratitude pour vos interminables conseils, soutien, sacrifices, pour toute l'aide que vous m'avez apportée durant mes études, que dieux vous réserve de tout mal, vous accorde santé, bonheur et longue vie, MAMAN, PAPA je vous aime !

A mes oncles MERZAK, KARIM et DJAMEL !

A mes frères HICHAM, YUCEF, ISMAIL, MOSSAAB et mon jumeau ZWITCH BILEL, je vous aime !

A mes cousins HOUDHAIFA, MOUAOUIA, RAMY et HACHIM !

A toute ma grande famille

A mon cher groupe d'amis UNO : spécialement SAFSOUFA, LYNA, NIHED, FARIDA, IMANE, YANIS, CHERIF et ANIS, ce mémoire est dédié à notre amitié indéfectible, à nos rires partagés et nos souvenirs précieux, je vous aime la mifa !

A mon binôme KALEM ABDERRAOUF Je ne me vois pas accomplir cela avec quelqu'un d'autre que toi. Ta détermination m'a toujours poussée à donner le meilleur de moi-même.

A mes ami AKRAMUS, RAHIM , SAMY, MIDOU, et MARWA, merci d'être là pour moi !

Dédicaces :

Je dédie ce modeste mémoire à

Mes chers parents... Autant de phrases aussi éloquentes soient-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Merci pour vos sacrifices, vos précieux conseils, votre patience sans fin, votre compréhension et votre encouragement. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui. Que Dieu vous préserve et vous accorde santé et bonheur.

Ma chère sœur Houda, qui a toujours été là pour moi, et qui a toujours su me conseiller et m'encourager, merci pour ton aide.

Mes chers grands-parents, qui m'ont toujours comblé de leur amour et leur tendresse. Que ce travail soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Merci pour tout ce que vous m'apportez. Que Dieu vous préserve santé et longue vie.

À la mémoire de mon cher grand-parent, qui a toujours été présent pour moi et qui a joué un rôle irremplaçable dans ma vie. Tu as été une source constante de sagesse, de réconfort et d'amour. Je te dédie ce mémoire en hommage à tout ce que tu as fait pour moi. Que Dieu, dans Sa miséricorde infinie, t'accueille dans Son vaste paradis. Ton absence laisse un vide immense, mais ton esprit et tes enseignements continueront de m'inspirer chaque jour.

Mes oncles Yazid, Kader, Brahim, Noureddine, Fateh et Zahir, et mes tantes Nora, Anissa, Samia, Naziha, Souad, Nadia, Mounira et Maya, ainsi que mes cousins et cousines, qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mes études.

À la mémoire de mes oncles « âamou Dahmane » et « Didou Mustapha », qui ont toujours été présents dans mon esprit et dans mon cœur. Vous êtes partis trop tôt, je vous dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu le miséricordieux vous accueille dans Son vaste paradis.

Tous mes amis qui m'ont toujours soutenu, merci de faire partie de ma vie : Nacim, Adlane, Moh, Samy, Lisa, Yasmine, Meriem, Sophie, Melissa et mon groupe Uno : Safa, Yanis, Lyna, Farida, Imane, Nihed, Anis, Cherif, Samy et Imade. Ce groupe m'accompagne depuis le premier jour et a toujours été là, merci d'avoir rendu ces dernières années si agréables.

Tous mes professeurs, merci pour les efforts et le savoir prodigués.

Mon binôme et frère Athmane, merci pour tout ce que tu m'as apporté au cours de ces années d'études. Je rends hommage à nos longues heures de travail, soucieux de rendre un travail de qualité.

Raouf

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à Allah le tout-puissant, qui nous a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaire pour mener à bien ce travail.

Un remerciement spécial est adressé à notre encadrant Mr KHERAT, pour son encadrement exceptionnel, ses conseils précieux et son soutien continu tout au long de ce projet. Son expertise et sa bienveillance ont été déterminantes dans la réalisation de ce mémoire.

Nous sommes également très reconnaissants envers M. H. DJERRIDI, ingénieur à l'entreprise Rouïba et Co-encadrant, pour son aide précieuse, ses orientations techniques et son soutien constant. Ses conseils avisés ont grandement contribué à la qualité de ce travail.

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à Mme. S. AROUA, examinatrice, pour sa présence et son implication dans l'évaluation de ce mémoire.

Nous remercions profondément Mme. N. DJELLOULI, présidente du jury, pour avoir accepté de présider ce jury et pour sa participation active.

Nous souhaitons également adresser nos remerciements à toute l'équipe de Rouïba pour leur accueil chaleureux et leur assistance précieuse spécialement M. Khaled SAYAD et M. NIDAL.

Enfin, nous n'oublions pas de remercier nos collègues et amis, rencontrés au fil de notre parcours académique, pour leur amitié, leur soutien moral et leur présence réconfortante.

À toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont cru en nous et ont contribué à la réalisation de ce travail, nous vous adressons un grand merci du fond du cœur.

TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux

Listes des figures

Liste des abréviations

Introduction générale..... 13

Partie bibliographique

Chapitre I. Contexte.....17

I.1. Introduction 17

I.2. Objectif de l'étude 17

I.3. Présentation de l'usine NCA 17

I.3.1. Historique 17

I.3.2. Siège social de l'usine NCA Rouïba..... 18

I.3.3. Structure organisationnelle 18

I.4. Normes ISO adoptées par NCA Rouïba..... 19

I.5. Conclusion 20

Chapitre II. Généralités sur le traitement des eaux22

II.1. Histoire du traitement de l'eau 22

II.2. Avantages de traitement des eaux..... 22

II.3. Définition des eaux usées 22

II.4. Types d'Eaux Usées 22

II.5. Définitions des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des
eaux usées 24

II.5.1. Paramètres organoleptiques..... 24

II.5.2. Les paramètres physiques..... 25

II.5.3. Les paramètres chimiques 26

II.5.4. Les paramètres microbiologiques..... 26

II.5.5. Le rapport DCO/DBO₅..... 27

II.6. Généralités sur les stations d'épuration 28

II. 6. 1.	Définition	28
II. 6. 2.	Historique.....	28
II. 6. 3.	Procédés d'épuration des eaux usées.....	29
II.7.	Traitement tertiaire	33
II.8.	Traitement des boues	34
II. 8. 1.	Définition des boues activées.....	34
II. 8. 2.	Différentes méthodes de traitement des boues.....	35
II. 9.	Conclusion	35
Chapitre III. La Réutilisation des Effluents des stations d'épuration: Eau Épurée et Boue.....		38
III. 1.	Introduction	38
III.2.	Eau Épurée.....	38
III. 2. 1.	Définition.....	38
III. 2. 2.	Utilisations Potentielles	38
III. 2. 3.	Défis de la réutilisation des eaux épurées.....	40
III.3.	Boues Résiduaire.....	40
III. 3. 1.	Définition et Composition	40
III. 3. 2.	Valorisation et Utilisations	40
III. 3. 3.	Défis de la valorisation des boues.....	41
III. 4.	Conclusion	41
Partie expérimentale		
Chapitre IV. Présentation et description du fonctionnement de la STEP.....		44
IV.1.	Introduction	44
IV.2.	Paramètres de dimensionnement de la station d'épuration NCA-Rouïba: 44	
IV. 2. 1.	Qualité de l'eau usée en influent.....	44
IV. 2. 2.	Qualité de l'effluent traité	45
IV. 2. 3.	Dimensionnement.....	45
IV.3.	Description du fonctionnement de la station d'épuration.....	51
IV. 3. 1.	Dégrillage.....	51

IV. 3. 2.	Bassin d'égalisation.....	51
IV. 3. 3.	Traitement aérobie- LUCAS®1-AGS.....	53
IV. 3. 4.	Traitement des boues.....	55
IV.4.	Problématique	58
IV. 4. 1.	Problème rencontré	58
IV. 4. 2.	Solutions proposées.....	61
IV.5.	Conclusion	68
Chapitre V.	Réutilisation et valorisation de l'eau épurée issues de la station d'épuration.....	70
V.1.	Introduction	70
V.2.	Prélèvement des échantillons.....	70
V.3.	Caractérisation de l'eau épurée.....	70
V. 3. 1.	Matériel et méthodes	71
V. 3. 2.	Résultats et discussions	75
V.4.	Solutions proposées	79
V. 4. 1.	Mise en place d'un bio-filtre en amont du bassin d'égalisation.....	79
V. 4. 2.	Ajout d'un autre bassin biologique.....	82
V.5.	Conclusion	83
V.6.	Référence bibliographique.....	85
V.7.	ANNEXE.....	90

Liste Des Tableaux

Tableau I.1.les norms adoptées par NCA-Rouïba	19
Tableau II.1.Degré de turbidité des eaux selon la valeur de NTU	24
Tableau II.2.Classement des eaux résiduaires selon le rapport DCO/DBO ₅	27
Tableau II.3.Les coagulants chimiques les plus utilisés et leur formules chimiques	31
Tableau IV.1.les caractéristiques des eaux usées (effluents bruts).....	44
Tableau IV.2.les caractéristiques de l'eau a la sortie du traitement aérobie	45
Tableau IV.3. Débits journalier et horaire Calculé.....	46
Tableau IV.4.Paramètres du dimensionnement du dégrilleur	47
Tableau IV.5.Paramètres du dimensionnement du bassin d'égalisatin	47
Tableau IV.6.Caractéristiques des pompes d'alimentation du traitement aérobie	47
Tableau IV.7.Caractéristiques des Mélangeur/aérateur bassin d'égalisation	48
Tableau IV.8.Caractéristiques du Bassin LUCAS®1 – AGS	48
Tableau IV.9.Caractéristique du Surpresseurs aération	49
Tableau IV.10.Caractéristique d'une grille aération	49
Tableau IV.11. Caracteristiques de la Cuve de transfert des boues.....	49
Tableau IV.12. Caractéristiques des pompes d'alimentation du traitement des boues.....	50
Tableau IV.13.Characteristiques des Mélangeur cuve de transfert	50

Liste des Figures

Figure I.1. Localisation de l'usine NCA-Rouïba.....	18
Figure I.2. Structure organisationnelle de l'usine NCA-Rouïba.....	19
Figure II.1. Vue aérienne d'une station d'épuration	28
Figure II.2. Chaîne de prétraitement (dégrillage, dessablage et déshuilage)	29
Figure II.3. Un dégrilleur	30
II4. Figure II.4 .Eau usée dans un déshuileur	30
Figure II.5. Bassin d'aération	33
Figure II.6. Bassin biologique pour le traitement des eaux par boues activées.....	33
Figure IV.1. Schéma et photo du dégrilleur de la STEP.....	51
Figure IV.2. Bassin d'égalisation.....	52
Figure IV.3. les armoires de dosages de la soude et l'acide sulfurique.....	53
Figure IV.4. les pompes de dosage de la soude et l'acide sulfurique.....	53
Figure IV.5. Bassin biologique LUCAS®1-AGS.....	54
Figure IV.6. Schéma du principe d'un réacteur SBR	55
Figure IV.7. Cuve de stockage des boues	56
Figure IV.8. Représentation schématique d'une presse à vis.....	56
Figure IV.9. Bassin de chloration	57
Figure IV.10. Schéma de la station d'épuration.....	57
Figure IV.11. Une courbe représentative de la charge en DCO _{Entrante} en fonction des jours	59
Figure IV.12. Une courbe représentative de la concentration en DCO en mg/l à la sortie du bassin Lucas en fonction des jours	60
Figure IV.13. Schéma explicatif de la 1ère solution.....	62
Figure IV.14. Une courbe représentative de la concentration de la DCO en mg/l à la sortie du bassin Lucas en fonction des jours après la première solution.....	63
Figure IV.15. Histogrammes de la DCO totale et la DCO soluble en fonction des jours	65
Figure IV.16. Schéma explicatif de la deuxième solution	66
Figure IV.17. l'Evolution de la concentration de la DCO à la sortie du bassin biologique après l'augmentation du temps de sédimentation.....	67
Figure V.1. Laboratoire de l'usine NCA-Rouïba.....	71
Figure V.2. Un multimètre	71
Figure V.3. Bloc DCO chauffant	72
Figure V.4. colorimètre portable HACH DR/900.....	72
Figure V.5. Colorimètre portable HACH DR/900	72

Figure V.6.High Range Plus: 0-15000mg/l DCO	72
Figure V.7.: La solution LCK342 pour le dosage des nitrites.....	73
Figure V.8.Un colorimètre DR-1900.....	74
Figure V.9.SLN ALCK 339	74
Figure V.10.Spectrophotomètre à flamme	75
Figure V.11.Courbe représentative des valeurs de pH en fonction des jours en les comparant avec les normes	75
Figure V.12.Evolution des MES des eaux épurées de la STEP pendant un mois.....	76
Figure V.13.Courbe représentative de la concentration de la DBO en fonction des jours	77
Figure V.14.Courbe représentative de la concentration des nitrites de l'eau épurée en fonction des jours.....	78
Figure V.15.Courbes représentatives des concentrations des nitrates de l'eau épurée et les normes.....	79
Figure V.16.Bio-filtre à courant ascendant.....	80

LISTE DES ABREVIATIONS :

AGS: Aerobic Granular Sludge (Boues Activées Granulaires).

AGV: Acides Gras Volatiles.

DBO: Demande Biologique en oxygène.

DCO: Demande chimique en oxygène.

FAO : L'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture.

MES: Matières En Suspension.

MLVSS: Matières Volatiles En Suspension dans Les Liqueurs mélangés.

MM : Matières Minérales.

MO : Matières Organiques.

MVS: Matières Volatiles Sèches.

NCA: Nouvelle Conserverie Algérienne.

NTU : Nephelometric Turbidity Unit.

pH: Potentiel d'Hydrogène.

Ppm : Partie Par Million

RSMENA : Responsabilité Sociétale Moyen-Orient et Afrique du Nord

SBR: Sequencing Batch Reactor (Réacteur Biologique Séquentiel).

STEP: Station d'épuration.

Introduction générale

L'augmentation rapide de la demande en eau au cours du dernier siècle, alimentée par la croissance démographique et le développement économique, pose des défis majeurs en matière de gestion des ressources hydriques. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'utilisation mondiale de l'eau a été multipliée par six au cours des 100 dernières années et continue d'augmenter d'environ 1 % par an [1]. En Algérie, la rareté et l'irrégularité des ressources en eau sont particulièrement préoccupantes, nécessitant une approche intégrée qui inclut la gestion de la demande et le recours à des ressources en eaux non conventionnelles, telles que la réutilisation des eaux usées épurées [2]

Face à la pollution générée par les rejets liquides industriels, notamment ceux des entreprises situées dans la zone industrielle de Rouïba, telles que NCA Rouïba, le gouvernement algérien a mis en place des normes environnementales plus strictes. Conformément aux décrets exécutifs n° 06-141 et n° 09-209, ces réglementations visent à limiter les valeurs des rejets d'effluents liquides industriels et à encadrer les modalités d'octroi des autorisations de déversement [3] [4]

Dans ce contexte, NCA a pris l'initiative de construire une station d'épuration sur site, en collaboration avec l'entreprise belge WATERLEAU, pour traiter les eaux de process de l'usine. Cette station d'épuration, conçue pour traiter un débit journalier de 1200 m³/jour avec une charge de DCO journalière de 1000 kg/jour, vise à réduire la concentration de DCO de 830 mg/L à 125 mg/L [5]. En améliorant la qualité des boues activées et en valorisant les effluents, cette initiative répond non seulement aux exigences réglementaires, mais contribue également à la réduction des coûts de traitement des effluents et à la protection de l'environnement.

Ce mémoire se divise en deux parties principales : une partie bibliographique et une partie expérimentale. La partie bibliographique comprend trois chapitres. Le premier chapitre contextualise les objectifs de l'étude, soulignant l'importance de répondre aux impératifs environnementaux et la mise en place de la station d'épuration de NCA-Rouïba. Le deuxième chapitre traite des généralités sur le traitement des eaux issues de l'industrie agro-alimentaire, en définissant les différents paramètres des eaux usées et les procédés d'épuration. Le troisième chapitre explore la réutilisation des effluents des stations d'épuration, en mettant l'accent sur les aspects techniques et réglementaires.

La partie expérimentale débute avec le quatrième chapitre, qui présente en détail la station d'épuration de NCA-Rouïba, ses paramètres de dimensionnement, son fonctionnement, et les stratégies de gestion des charges polluantes, avec un focus particulier sur la problématique de la surcharge de la DCO. Le cinquième chapitre caractérise l'eau épurée en vue de sa réutilisation, proposant deux solutions principales pour améliorer la qualité des effluents : l'installation d'un biofiltre en amont et l'implantation d'un second bassin biologique.

L'objectif de ce mémoire est de démontrer comment une gestion optimisée des phases de traitement et une amélioration continue de la qualité des boues peuvent contribuer à réduire les concentrations de DCO, assurant ainsi le respect des normes environnementales et la durabilité du système de traitement des eaux usées.

Partie
Bibliographique

Chapitre I

Contexte

Chapitre I. Contexte

I.1. Introduction :

Pendant de nombreuses années, la boisson a gagné une importance significative dans les habitudes de consommation, transcendant les barrières culturelles. Au cœur de toute installation de production de boissons réside une ressource vitale : l'eau. Cette ressource précieuse, utilisée aux différentes étapes du processus de fabrication, joue un rôle essentiel dans la création de boisson de qualité, tant du point de vue de la sécurité alimentaire que de l'efficacité opérationnelle. Cependant, à la fin du processus de production, des effluents liquides non traités peuvent ne pas respecter les normes réglementaires environnementales, imposants aux usines le traitement de leurs rejets avant de les déverser à nouveau dans l'environnement.

I.2. Objectif de l'étude :

Dans le cadre d'une volonté de répondre à des impératifs environnementaux plus stricts, particulièrement face à la pollution générée par les rejets liquides des entreprises exploitées dans la zone industrielle de Rouïba, telles que NCA Rouïba, déversés directement sans traitement préalable, le gouvernement algérien a établi des normes plus rigoureuses cités dans le JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26 : Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie-El-Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels et le Décret exécutif n° 09-209 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.

Face à cette réalité, NCA a décidé d'implanter une station d'épuration interne dans ses locaux, faisant appel à une entreprise belge WATERLEAU pour la conception et la réalisation de cette dernière. Nous avons participé activement à la mise en marche de cette installation, en améliorant notamment la qualité des boues actives utilisées lors du traitement biologique et la valorisation des effluents.

I.3. Présentation de l'usine NCA :

I. 3. 1. Historique :

Fondée en Mai 1966 par Salah Othmani et son père Mohamed Said Othmani, la Nouvelle Conserverie Algérienne (NCA) commence par fabriquer du concentré de tomates,

de la harissa et des confitures sous la marque Rouïba. En 1984, elle diversifie ses activités en produisant des boissons à base de fruits. En 1999, Slim Othmani prend les rênes de l'entreprise, suivi en 2010 par Sahbi Othmani en tant que Directeur Général.

En 2013, NCA-Rouïba devient une entreprise cotée en bourse. En avril 2020, la société est rachetée par le Groupe Castel., La figure I.1 illustre le siège social de l'usine NCA à Rouïba Z.I Rouïba RN n° 5 - Alger Algérie. [1]

I. 3. 2. Siège social de l'usine NCA Rouïba :



Figure I.1. Localisation de l'usine NCA-Rouïba

I. 3. 3. Structure organisationnelle :

Le schéma d'organisation présenté ci-dessous a été conçu pour gérer efficacement les différentes fonctions de NCA Rouïba, La figure I.2 montre la structure organisationnelle de l'usine NCA-Rouïba

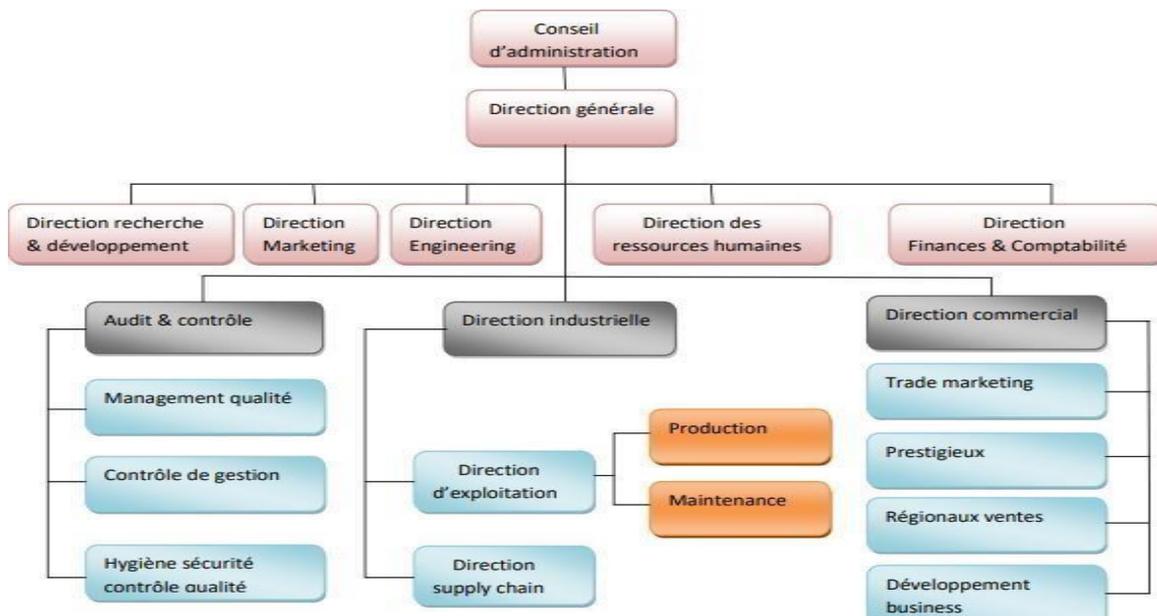


Figure I.2. Structure organisationnelle de l'usine NCA-Rouïba.

I.4. Normes ISO adoptées par NCA Rouïba :

Les dirigeants de NCA-Rouïba ont depuis la création de la société en 1966, pris conscience de l'importance à accorder à la qualité, à l'environnement et à la sécurité alimentaire pour la pérennité de l'entreprise.

Ceci a conditionné le choix de l'implantation d'un système intégré « qualité et environnement » selon les référentiels , le tableau I.1 montre les normes adoptées par NCA-Rouïba [1]

Tableau I.1.les norms adoptées par NCA-Rouïba

Normes	Rôle
ISO 9001	Elle permet à des entreprises de diverses tailles et industries à optimiser leurs performances, à satisfaire leurs clients et à afficher leur engagement envers la qualité.

ISO 14001

- Elle permet aux entreprises de concevoir et de mettre en œuvre un SME (Système Management environnemental).

Elle vise à réduire l'impact des activités sur l'environnement en tenant compte de tous les aspects tel que le stockage, la distribution, la fabrication...etc.

ISO 22000

- Elle permet d'identifier et maîtriser les risques qui menacent la sécurité alimentaire continue pour assurer la sécurité de ses produits et services.

ISO 26000

- Elle Aide les organisations à fonctionner de manière socialement responsable en intégrant des pratiques éthiques et transparentes.

I.5. Conclusion :

En conclusion, ce chapitre souligne l'importance de répondre de manière proactive aux impératifs environnementaux, notamment face à la pollution des rejets liquides industriels à NCA-Rouïba, confrontée à des normes environnementales plus strictes, a installé une station d'épuration interne en partenariat avec WATERLEAU pour traiter un débit de 1200 m³/jour avec une charge de DCO de 1000 kg/jour, réduisant la concentration de DCO de 830 mg/L à 125 mg/L. Cette initiative améliore la qualité de l'eau, réduit les coûts de traitement des effluents et respecte les normes environnementales, renforçant les pratiques de traitement biologique et la valorisation de l'eau épurée.

Chapitre 2 :

Généralités Sur Le Traitement Des Eaux Issues
De L'industrie Agro-Alimentaire

Chapitre II. Généralités sur le traitement des eaux :

II. 1. Histoire du traitement de l'eau :

Le traitement de l'eau a une longue histoire qui remonte à l'Antiquité. Les Égyptiens utilisaient des méthodes de sédimentation pour purifier l'eau, et les Grecs anciens utilisaient la filtration à travers du sable et du charbon. Au XIXe siècle, les avancées scientifiques ont permis de comprendre l'importance de l'hygiène et du traitement de l'eau pour prévenir les maladies hydriques, comme le choléra et la typhoïde. [2]

II. 2. Avantages de traitement des eaux

Le traitement de l'eau a beaucoup d'avantages parmi eux on peut citer [3] :

- Santé Publique : Éliminer les agents pathogènes qui peuvent causer des maladies.
- Protection de l'Environnement : Prévenir la pollution des rivières, lacs et océans.
- Réutilisation de l'Eau : Permettre la réutilisation des eaux traitées dans divers processus industriels et agricoles.
- Assurer la disponibilité continue d'eau potable de qualité, particulièrement dans les régions où les ressources en eau sont limitées.

II.3. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont définies comme étant les eaux ayant été utilisées dans diverses activités et contenant des substances polluantes. Elles peuvent provenir de sources domestiques, industrielles, commerciales ou agricoles. Les polluants présents dans les eaux usées comprennent des matières organiques, des nutriments, des pathogènes et des substances chimiques [4]

II. 4. Types d'Eaux Usées

On distingue quatre catégories d'eaux usées :

1. **Eaux Usées Domestiques** : Proviennent des activités domestiques telles que la cuisine, la salle de bain et les toilettes dans les foyers et les établissements commerciaux tels que les restaurants, les hôtels et les centres commerciaux. [5]

2. **Eaux Usées Agricoles** : Proviennent des activités agricoles, y compris l'irrigation, le lavage des équipements agricoles et les effluents des fermes animales. Dans l'agriculture il s'agit d'utiliser de divers produits d'origine industrielle ou agricole qui peuvent présenter des risques pour l'environnement et pour la qualité d'eau comme les produits phytosanitaires (Herbicides, insecticides et fongicides) [6].
3. **Eaux Usées Industrielles** : Les eaux usées industrielles sont des eaux usées provenant des processus de fabrication et de transformation dans les industries. Elles peuvent contenir divers contaminants en fonction du type d'industrie, des procédés utilisés et la nature des matières premières entrantes dans le processus de fabrication. Elles contiennent les matières organiques et graisses, les hydrocarbures, les métaux lourds, acides, bases et certains produits chimiques [7].

Les caractéristiques des eaux usées industrielles varient considérablement en fonction du type d'industrie et des procédés utilisés.

4. **Eaux Usées Industrielles Alimentaires** :

Les eaux usées industrielles alimentaires proviennent des industries agroalimentaires, qui incluent les usines de transformation des aliments, les laiteries, les brasseries, les abattoirs, et d'autres installations similaires. Ces eaux usées présentent des caractéristiques spécifiques [8] :

- Forte Charge Organique : Les eaux usées alimentaires contiennent une grande quantité de matières organiques telles que des protéines, des graisses, des glucides, et des fibres alimentaires. Cela entraîne une demande biochimique en oxygène (DBO) et une demande chimique en oxygène (DCO) élevées, ce qui nécessite des traitements biologiques et chimiques intensifs pour les dégrader.
- Nutriments : Les eaux usées alimentaires sont riches en nutriments comme l'azote et le phosphore, qui peuvent provoquer l'eutrophisation des plans d'eau s'ils ne sont pas correctement traités.
- Sédiments et Solides en Suspension : Les processus de transformation alimentaire produisent souvent des déchets solides, tels que des particules alimentaires et des sous-produits de traitement, qui doivent être retirés avant le rejet de l'eau.
- Produits Chimiques de Nettoyage : L'industrie alimentaire utilise divers produits chimiques pour le nettoyage et la désinfection des équipements et des surfaces. Ces

produits peuvent inclure des détergents, des désinfectants et d'autres agents chimiques qui doivent être traités pour éviter la pollution chimique.

II. 5. Définitions des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées

II. 5. 1. Paramètres organoleptiques

▪ Couleur :

La couleur des eaux usées est souvent due à la présence de substances dissoutes ou colloïdales qui absorbent certaines longueurs d'onde de la lumière normale. Les eaux usées peuvent prendre des couleurs différentes en fonction de la nature et de la quantité des polluants présents. Les eaux usées sont généralement de couleur grise due à la présence des matières organiques dissoutes et des MES [9].

▪ Odeur :

Les eaux usées se distinguent par leur odeur, généralement produite par les gaz résultants de la décomposition de la matière organique [9].

▪ Turbidité :

La turbidité mesure et quantifie l'état d'une eau troublée par des particules en suspension. Elle reflète ainsi l'état d'un liquide dû à la présence de particules en suspension, fines mais visibles, qui gênent le passage de la lumière. La perturbation ou réduction de la pénétration de la lumière, l'abaissement des limpidités, dans l'eau trouble résulte de la présence de matière en suspension, colloïdale ou dissoute, ou de la présence d'organismes planctoniques [10]. Le tableau II.1 montre le Degré de turbidité des eaux selon la valeur de NTU

Tableau II.1. Degré de turbidité des eaux selon la valeur de NTU

La valeur de NTU	Degré de turbidité
NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

II. 5. 2. Les paramètres physiques :

- pH (Potentiel Hydrogène) :

Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Il est défini comme le logarithme décimal de l'inverse de l'activité des ions hydrogène. Il est essentiel de déterminer la valeur du pH de l'eau usée car l'efficacité de certains traitements dépend de la plage du pH [11].

▪ **Température :**

C'est un facteur qui favorise la fermentation, agit comme une pollution additionnelle et sert à diminuer la teneur en oxygène dissous dans l'eau. En effet plus la température de l'eau s'élève, plus sa quantité maximum d'oxygène dissous diminue [12].

▪ **Conductivité électrique :**

Elle mesure la capacité d'une solution à conduire un courant électrique, influencée par la concentration d'ions dissous [13].

▪ **Matières en suspension :**

Les matières en suspension (MES) sont des particules solides de petite taille qui restent en suspension dans l'eau pendant un certain temps. Elles peuvent être d'origine minérale (argile, limon, sable) ou organique (débris végétaux, micro-organismes). Elles donnent à l'eau une apparence trouble et une mauvaise odeur. Elles sont exprimées en mg/l [14].

▪ **Les matières sèches volatiles :**

Les MVS représentent la fraction organique des matières en suspension (MES) dans les eaux usées. Elles permettent d'évaluer la quantité de matière organique présente dans les MES [15].

▪ **Les matières minérales :**

Les matières minérales représentent la fraction inorganique des solides présents dans les eaux usées. Elles sont composées de sels minéraux, de métaux, et d'autres composés inorganiques. C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles.

II. 5. 3. Les paramètres chimiques :

- **DCO (demande chimique en oxygène) :**

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les substances organiques et inorganiques présentes dans l'eau. Elle permet d'évaluer la charge en polluants organiques d'une eau. Elle est exprimée en mg/l [16].

- **DBO (demande biologique en oxygène DBO) :**

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques biodégradables présentes dans une eau par voie biologique. Elle permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées. Elle est mesurée au bout de 5 jours à 20° C dans le noir pour déterminer la masse d'oxygène moléculaire exprimée en mg/l pour dégrader les matières oxydables dans un litre d'eau [17].

- **Nitrate et Nitrite :**

Les nitrates et nitrites sont des formes d'azote inorganique présentes dans l'eau.

- **Le Phosphate :**

Les phosphates sont des composés inorganiques présents dans l'eau, provenant souvent de sources anthropiques.

- **Azote Ammoniacal :**

L'azote ammoniacal est une forme d'azote inorganique résultant de la dégradation des matières organiques [18].

II. 5. 4. Les paramètres microbiologiques :

Les paramètres microbiologiques des eaux usées sont des indicateurs clés pour évaluer la qualité et la sécurité des eaux usées. Parmi ces paramètres on trouve :

- **Les bactéries pathogènes :** Les bactéries pathogènes sont des microorganismes qui peuvent causer des maladies chez les humains et les animaux. Les principaux exemples incluent les salmonelles, les listérias, et les Escherichia coli (E. coli).

- **Les virus** : Les virus sont des agents pathogènes extrêmement petits. Lorsqu'une cellule est infectée par un virus, elle se transforme en une masse granuleuse de nouveaux virus qui à leur tour infectent d'autres cellules saines [19].
- **Les parasites.**
- **Les champignons** : Les champignons sont des microorganismes qui peuvent être présents dans les eaux usées. Certains champignons, comme les *Aspergillus*, peuvent être utilisés comme indicateurs de contamination.
- Les protozoaires.

II. 5. 5. Le rapport DCO/DBO₅

Généralement, pour évaluer l'efficacité potentielle d'un processus biologique d'épuration des eaux usées, on utilise le rapport entre la Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours DBO₅ et la Demande Chimique en Oxygène (DCO). On peut se baser sur le classement suivant montré dans le tableau II.3

Tableau II.2. Classement des eaux résiduaires selon le rapport DCO/DBO₅

Le rapport DCO /DBO ₅	Classement
< 1	Très bonne biodégradabilité (lait, yaourt).
De 1 à 2	Effluents d'industries agro-alimentaires.
$2 < DCO/DBO_5 < 3$	Effluents urbaines domestiques.
De 3 à 4	Effluents plus ou moins difficilement biodégradables.

En résumé, les analyses permettant de mesurer les paramètres biologiques, chimiques et physiques des eaux usées servent à quantifier la pollution contenue dans l'eau et s'assurer des normes de rejets.

Les résultats d'analyses orientent le choix du traitement et l'optimisation des procédés choisis tout en préservant la santé publique et environnementale, respectant la réglementation exigée par l'état après la fin de chaque processus du traitement.

II.6. Généralités sur les stations d'épuration :

II. 6. 1. Définition :

Une station d'épuration est une installation dédiée au traitement des eaux usées, qu'elles proviennent des activités industrielles ou des besoins quotidiens de la population. Son objectif premier est de collecter ces eaux usées, de les purifier à travers différents processus, puis de les réintroduire dans l'environnement naturel sans risque de pollution.

Positionnée habituellement à l'extrémité du réseau de collecte des eaux usées, en amont d'un plan d'eau naturel tel qu'un lac ou une rivière, la station d'épuration joue un rôle crucial dans la préservation de la qualité de notre environnement aquatique [20]. La figure II.1 montre une Vue aérienne sur une station d'épuration



Figure II.1. Vue aérienne d'une station d'épuration

II. 6. 2. Historique :

L'histoire du traitement de l'eau potable remonte à près de 4000 ans avant J.-C., avec l'utilisation de méthodes simples comme l'ébullition et le filtrage au charbon de bois. Les Égyptiens ont introduit un flocculant à base de graines vers 1500 ans avant J.-C., tandis qu'Hippocrate a développé des systèmes de filtration vers 500 ans avant J.-C. En revanche, le traitement des eaux usées a stagné après la chute de l'Empire romain, jusqu'à l'ère industrielle à partir des années 1850, marquée par des problèmes de pollution majeurs comme à Londres. Les avancées scientifiques au début du 20e siècle ont permis des progrès significatifs, suivis d'une accélération après la Seconde Guerre mondiale, jetant les bases du traitement moderne des eaux usées utilisé aujourd'hui pour réduire la pollution et protéger les ressources en eau [21].

II. 6. 3. Procédés d'épuration des eaux usées :

Généralement et dans la majorité des cas le traitement des eaux usées est réalisé en 4 étapes distinctes. Il s'agit du :

II. 6. 3. 1. Prétraitement :

Dans une station d'épuration et au commencement du processus de traitement des eaux usées se dresse le prétraitement. Il permet de débarrasser les eaux des éléments volumineux et encombrants afin de faciliter les étapes ultérieures du traitement [22].

Les méthodes utilisées se basent sur trois étapes importantes, le dégrillage pour les déchets volumineux, le dessablage pour les sables et graviers et le déshuilage pour les huiles et les graisses la Figure II.2 montre une Chaîne de prétraitement

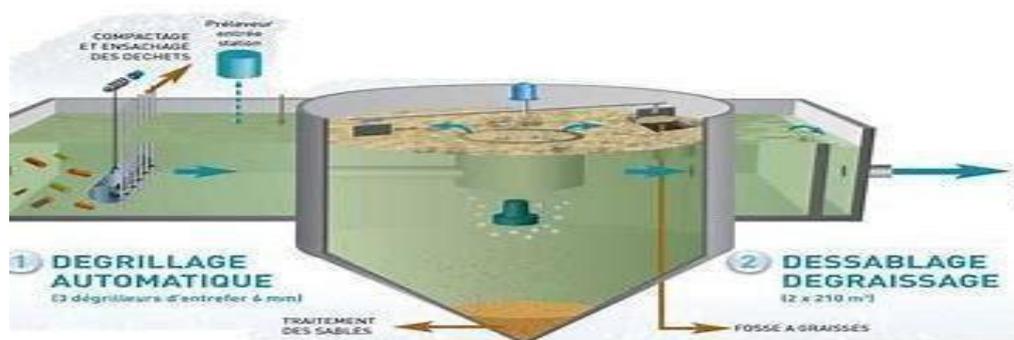


Figure II.2. Chaîne de prétraitement (dégrillage, dessablage et déshuilage).

- Dégrillage :

Le dégrillage est un procédé qui consiste à retenir les solides contenus dans les rejets. Les éléments les plus gros sont retenus par des grilles (méthode du dégrillage) ou par des tamis (tamisage). Le tamisage s'apparente au dégrillage mais avec des débits bien inférieurs car les grilles sont remplacées par des toiles métalliques ou des tissus.



Figure II.3. Un dégrilleur

- **Dessablage :**

Le dessablage permet d'éliminer par décantation les sables, les particules plus ou moins fines les limons et les graviers amenés par le ruissellement ou l'érosion des canalisations. Ce sable, s'il n'était pas enlevé, se déposerait plus loin dans la station, gênant son fonctionnement et usant plus rapidement les équipements comme les pompes en causant des colmatages [23].

- **Dégraissage-déshuilage :**

À travers cette méthode, on parvient à retirer des eaux usées les éléments grossiers, les sables de taille supérieure à 200 microns, ainsi que 80 à 90 % des graisses et des matières flottantes, ce qui représente environ 30 à 40 % du total des graisses présentes.



Figure II.4 .Eau usée dans un déshuileur.4.II

En résumé, le prétraitement est une étape mécanique cruciale pour préparer les eaux usées aux traitements biologiques et physico-chimiques qui suivent dans une station

d'épuration. Il permet d'éviter les problèmes d'encrassement et d'usure prématurée des équipements.

II. 6. 3. 2. Traitement primaire :

Le traitement primaire constitue une pré-épuration non négligeable pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Cette étape est une simple décantation qui fait appel à d'autres procédés physico-chimiques pour éliminer la majeure partie des matières en suspension. Ces éléments éliminés forment au fond du décanteur un lit de boues appelées boues primaires [24].

Parmi les procédés physico-chimiques utilisés on cite :

1. Décantation :

La décantation est la méthode la plus utilisée de la séparation de MES et des colloïdes, elle a pour but d'éliminer les particules dont leur densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation dépend de la vitesse de sédimentation des particules, qui elle-même dépend de leur grosseur et leur densité.

La décantation élimine 50 à 55% des matières en suspension et réduit de 30% environ de la DBO entrante. [23]

2. Coagulation-Floculation :

La coagulation est la déstabilisation des particules colloïdales par l'ajout d'un produit chimique appelé coagulant. Le tableau II.3 montre Les coagulants chimiques les plus utilisés et leurs formules chimiques

La floculation consiste à grossir et uniformiser les petits flocons formés lors de l'ajout du coagulant tout en facilitant leur agglomération.

Tableau II.3. Les coagulants chimiques les plus utilisés et leur formules chimiques

Coagulant	Formule chimique
Sulfate d'aluminium	$Al_2(SO_4)_3$
Aluminate de sodium	$NaAlO_2$
Chlorure ferrique	$FeCl_3$
Sulfate ferrique	$Fe_2(SO_4)_3$
Sulfate ferreux	$FeSO_4$
Sulfate de cuivre	$CuSO_4$

II. 6. 3. 3. 2.3.3.3. *Traitement secondaire :*

A la fin du traitement primaire, l'effluent contient encore une fraction des matières en suspension et toute la pollution dissoute (organique et inorganique). L'objectif du traitement secondaire est d'abattre cette fraction organique, dissoute ou en suspension par voie physico-chimique ou par voie biologique [25].

Les procédés physico-chimiques permettent une meilleure coagulation des boues et favorise la fixation des phosphates provenant des engrais et des activités agricoles, et le traitement secondaire par voie biologique comprend l'oxygénation par l'insertion de l'oxygène dans l'eau pour la défaire des substances restantes et une décantation secondaire qui permet une sédimentation de certains éléments appelés boues secondaires.

Plusieurs procédés existent du traitement biologique on distingue :

- Bassin d'aération : Les bassins d'aération dans une STEP sont des conteneurs où les eaux usées sont mises en contact direct avec les boues activées. Les aérateurs maintiennent la boue en suspension et assurent une forte concentration en oxygène ce qui permet de réduire la charge organique contenue dans l'eau usée [26] .

Parmi les bassins biologiques on trouve les SBR (Réacteurs Séquentiels Batch) qui sont de type spécifique où toutes les phases du traitement : aération, sédimentation et traitement des boues , ces phases sont effectuées dans le même réservoir en séquences temporelles [27].



Figure II.5. Bassin d'aération



Figure II.6. Bassin biologique pour le traitement des eaux par bous activées

On peut citer aussi le traitement biologique par des procédés à cultures fixées qui sont constitués d'un film biologique épurateur qui se forme à la surface des supports solides comme les lits bactériens, les disques biologiques...etc.

II.7. Traitement tertiaire :

Le traitement tertiaire des eaux usées est la phase finale du processus de traitement des eaux. Il est utilisé pour améliorer d'avantage la qualité de l'eau après les traitements primaires

et secondaires. C'est un traitement complémentaire soit pour une réutilisation agricole ou industrielle ou bien pour protéger le milieu récepteur pour d'autres usages spécifiques.

Son efficacité est généralement très satisfaisante, il permet de réduire de 75 à 95 % de la DCO restante après le traitement secondaire, jusqu'à 97 % des composés aromatiques, et 98 % de la couleur [28].

Il existe plusieurs procédés de traitement tertiaire, on cite :

- La désinfection :

La désinfection de l'eau signifie l'élimination des micro-organismes pathogènes, elle est réalisée par l'ajout des agents chimiques à l'eau qui détruisent les micro-organismes et les empêchent de se développer. Pour une désinfection chimique de l'eau, les désinfectants suivants peuvent être utilisés : le chlore Cl_2 , le dioxyde de chlore ClO_2 , l'Hypochlorite OCl^- , l'ozone O_3 et quelques halogènes comme le Brome Br_2 . [29]

- Adsorption :

L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant en particulier par une modification de concentration à l'interface de deux phases non miscibles. C'est un processus au cours duquel des molécules d'un fluide (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide. La phase constituée de molécules adsorbées est appelée « soluté » ou « adsorbat » et le solide est nommé « adsorbant ». [30]

Dans l'adsorption on utilise très souvent le charbon actif qui est caractérisé par une surface très poreuse qui offre de nombreux sites pour l'adsorption des contaminants, il est très efficace pour éliminer les contaminants organiques y compris les produits chimiques et les COV.

II.8. Traitement des boues :

II. 8. 1. Définition des boues activées :

Les boues activées sont des agrégats de matière organique, de microorganismes et de minéraux formés lors du traitement biologique des eaux usées. Ces boues se composent principalement de bactéries, de protozoaires et de champignons qui dégradent les polluants organiques présents dans l'eau et contiennent en général 98% d'eau. Elles sont produites dans

des systèmes de traitement comme les bassins d'aération, où elles jouent un rôle crucial en oxydant et en stabilisant les déchets [31].

II. 8. 2. Différentes méthodes de traitement des boues :

Le traitement des boues s'agit d'obtenir un produit final non fermentescible, pouvant être évacué dans le milieu naturel sans créer des nuisances [32]. Ce traitement vise donc à :

- Décomposer les matières fermentescibles en matières relativement stables.
- Détruire ou neutraliser les agents pathogènes.
- Réduire le volume des boues par extraction de la phase liquide.

Le traitement des boues comprend plusieurs étapes, notamment :

- **L'épaississement** : Cette étape consiste à réduire la teneur en eau des boues en éliminant une partie de l'eau. Cela permet de réduire le volume des boues et facilite leur manipulation et leur stockage [33].
- **La stabilisation** : Cette étape vise à éliminer les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau et réduire leur odeur. Différentes méthodes peuvent être utilisées, telles que la digestion anaérobie, la digestion aérobie, l'ajout de chaux ou la thermolyse [34].
- **La déshydratation** : Cette étape permet de réduire la teneur en eau des boues par centrifugation, filtration ou presse à vis. Elle permet d'obtenir des boues solides et plus faciles à manipuler [34].
- **L'hygiénisation** : Cette étape vise à éliminer les agents pathogènes présents dans les boues des stations d'épuration. On a plusieurs traitements d'hygiénisation tel que le traitement thermique où les boues sont chauffées à une température élevée pendant plusieurs heures pour détruire les micro-organismes pathogènes, traitement chimique par l'ajout de la chaux "chaulage" pour augmenter le pH plus de 12 pour stabiliser les boues et tuer les micro-organismes et le traitement biologique par digestion aérobie [34].

II. 9. Conclusion :

Dans ce chapitre consacré au traitement des eaux usées, nous avons exploré en détails les différents paramètres caractérisant les eaux usées, essentiels pour évaluer leur qualité et déterminer les méthodes de traitement appropriées. Nous avons également examiné le rôle

Chapitre II : Généralités Sur Le Traitement Des Eaux Issues De L'industrie Agro-Alimentaire

crucial des stations d'épuration dans le processus de purification des eaux usées, en mettant en lumière leur fonctionnement et leur contribution à la préservation de l'environnement.

Par ailleurs, nous avons abordé la question du traitement des boues générées lors du processus de traitement des eaux usées, soulignant l'importance de leur gestion adéquate pour réduire les impacts environnementaux et valoriser les sous-produits issus de ce processus

Chapitre 3 :

La Réutilisation des Effluents des stations d'épuration : Eau Épurée et Boue

Chapitre III. La Réutilisation des Effluents des stations d'épuration: Eau Épurée et Boue

III. 1. Introduction :

La réutilisation des effluents traités et des boues résiduelles constitue une composante essentielle des stratégies modernes de gestion des ressources en eau et des déchets. Cette pratique vise à valoriser les eaux usées traitées et les boues pour des utilisations bénéfiques, Ce chapitre explore les divers aspects de cette approche intégrée, mettant en lumière les avantages potentiels, les défis techniques et réglementaires, ainsi que les innovations récentes dans le domaine.

III.2. Eau Épurée :

III. 2. 1. Définition :

L'eau épurée est le résultat du traitement des eaux usées dans les stations d'épuration. Elle est débarrassée des contaminants physiques, chimiques et biologiques grâce à une série de procédés mécaniques, chimiques et biologiques. Les caractéristiques de l'eau épurée dépendent du niveau de traitement appliqué [35].

III. 2. 2. Utilisations Potentielles :

L'irrigation agricole est une des applications les plus courantes de l'eau épurée. Cela permet de :

- Réduire la demande en eau douce : L'irrigation avec de l'eau épurée diminue la pression sur les ressources en eau douce, cruciales dans les régions arides [36].
- Recycler les nutriments : L'eau épurée contient des éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore, bénéfiques pour la croissance des plantes [36].
- Améliorer la productivité : Des études montrent que l'irrigation avec de l'eau épurée peut augmenter les rendements agricoles en fournissant une source d'eau stable et des nutriments supplémentaires [37].

III. 2. 2. 1. Utilisations Industrielles :

Dans l'industrie, l'eau épurée est utilisée pour :

- Le refroidissement des équipements : Les systèmes de refroidissement consomment beaucoup d'eau, et l'utilisation d'eau épurée peut réduire les coûts et l'impact environnemental [38].
- Le lavage et autres applications : L'eau épurée peut également être utilisée pour le lavage des équipements, la production et d'autres processus industriels non potables [39].

III. 2. 2. 2. Recharge des Nappes Phréatiques :

La recharge artificielle des nappes phréatiques avec de l'eau épurée aide à :

- Prévenir la surexploitation des aquifères : Cela est particulièrement utile dans les régions où les nappes phréatiques sont surexploitées [40].
- Améliorer la qualité de l'eau souterraine : Les processus naturels de filtration dans le sol peuvent améliorer la qualité de l'eau injectée [41].

III. 2. 2. 3. Réutilisation dans les Processus de Construction :

L'eau épurée peut être utilisée dans les processus de construction pour :

- Préparation du béton : Utilisation dans le mélange de béton, ce qui permet de conserver l'eau potable [42].
- Contrôle de la poussière : Utilisation sur les chantiers pour contrôler la poussière et maintenir des conditions de travail plus sûres [43].

III. 2. 2. 4. Utilisation Domestique Non Potable :

Pour les usages domestiques non potables, l'eau épurée peut être utilisée pour [44]:

- Le lavage des voitures : Cela permet de réduire l'utilisation d'eau potable pour des tâches ménagères.
- Le remplissage des toilettes : Une des plus grandes consommations d'eau domestique peut être remplacée par de l'eau épurée.
- Le nettoyage extérieur : Les allées, trottoirs et autres surfaces peuvent être nettoyés avec de l'eau épurée.

III. 2. 3. Défis de la réutilisation des eaux épurées

- Risques sanitaires : La présence de contaminants résiduels tels que les pathogènes et les produits pharmaceutiques dans l'eau épurée peut poser des risques pour la santé humaine et environnementale [45].
- Acceptabilité sociale et réglementaire : Malgré les avantages, l'utilisation de l'eau épurée pour certaines applications non potables peut rencontrer une résistance publique et nécessite une réglementation stricte pour garantir la sécurité [45].
- Coûts : Les coûts associés au traitement avancé de l'eau et à son infrastructure de distribution peuvent être élevés, limitant parfois la mise en œuvre à grande échelle de la réutilisation de l'eau épurée [45].

III.3. Boues Résiduaires :

III. 3. 1. Définition et Composition :

Les boues résiduaires sont les matières solides séparées des eaux usées au cours du traitement. Elles contiennent des matières organiques, des nutriments (azote, phosphore), des métaux lourds et des microorganismes. La composition des boues varie en fonction des caractéristiques des eaux usées et des procédés de traitement utilisés [46].

III. 3. 2. Valorisation et Utilisations :

III. 3. 2. 1. Production d'Énergie :

Les boues peuvent être traitées pour produire du biogaz par digestion anaérobie. Ce biogaz peut être utilisé pour :

- Production de chaleur et d'électricité : Le biogaz est une source d'énergie renouvelable, réduisant la dépendance aux combustibles fossiles [47].
- Cogénération : Le biogaz peut être utilisé dans des installations de cogénération pour produire simultanément de l'électricité et de la chaleur [48].

III. 3. 2. 2. Réhabilitation des Terres Dégradées :

Les boues peuvent être utilisées pour :

- Restaurer les terrains dégradés : Amélioration des sols dans les mines à ciel ouvert ou zones désertifiées [49].
- Stabilisation et végétation : Les boues enrichissent les sols, favorisant la croissance des plantes et la stabilisation des terres [50].

III. 3. 2. 3. Matériaux de Construction :

Les boues d'épuration peuvent être transformées en :

- Briques et ciment : Les boues peuvent être incorporées dans les matériaux de construction, offrant une solution de valorisation des déchets [51].
- Pavés et autres matériaux : D'autres applications incluent l'utilisation dans la fabrication de pavés et autres produits de construction [52].

III. 3. 3. Défis de la valorisation des boues :

- Contaminants potentiels : Les boues peuvent contenir des contaminants comme les métaux lourds et les composés organiques persistants, nécessitant des contrôles stricts pour éviter des impacts environnementaux négatifs [53].
- Coûts de traitement et de gestion : Le traitement des boues pour réduire leur toxicité et leur potentiel d'impact environnemental peut être coûteux [53].
- Régulation agricole stricte : L'épandage des boues sur les terres agricoles est réglementé pour minimiser les risques pour la santé humaine et assurer la protection de l'environnement [53].

III. 4. Conclusion :

La réutilisation des effluents des stations d'épuration, qu'il s'agisse de l'eau épurée ou des boues résiduelles, offre des opportunités significatives pour la gestion durable des ressources. Cependant, elle pose également des défis techniques, sanitaires et réglementaires qui nécessitent des approches rigoureuses et intégrées.

Partie
Expérimentale

CHAPITRE 4 :

Présentation Et Description Du Fonctionnement De La STEP

Chapitre IV. Présentation et description de fonctionnement de la STEP

IV. 1. Introduction :

Le chapitre 4 se concentre sur l'étude détaillée de la station d'épuration de NCA-Rouïba, un exemple typique des défis rencontrés dans la gestion des eaux usées industrielles. Ce chapitre explore les paramètres de dimensionnement de la station, le fonctionnement de ses différents ouvrages, et les stratégies de gestion des charges polluantes. En particulier, il examine en profondeur la problématique de la surcharge de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), qui représente un défi majeur pour l'efficacité du traitement des eaux usées. À travers des analyses et des observations, ce chapitre met en lumière les mesures correctives envisagées et les modifications apportées pour améliorer la performance de la station. L'objectif est de démontrer comment une gestion optimisée des phases de traitement et une meilleure qualité des boues peuvent contribuer à réduire les concentrations de DCO, assurant ainsi le respect des normes environnementales citées dans le décret de 2006 et 2009 et la durabilité du système de traitement des eaux usées.

IV.2. Paramètres de dimensionnement de la station d'épuration NCA-Rouïba:

IV. 2. 1. Qualité de l'eau usée en influent :

Le tableau IV.1 ci-après décrit les caractéristiques des eaux usées (effluents bruts) à l'entrée du système. Ces valeurs sont celles qui ont été utilisées pour le dimensionnement de l'installation proposée.

Tableau IV.1.les caractéristiques des eaux usées (effluents bruts)

Paramètres	Unité	Valeur
Température de l'eau	°C	25-35
pH	-	6 à 12
Débit journalier moyen	m^3/j	1200
Débit horaire moyen	m^3/h	50
Débit de pointe	m^3/h	<100
Charge de la DCO	kg/j	1000
Concentration en DCO	mg/l	830
MES	mg/l	350

Chapitre IV : Présentation et description de fonctionnement de la STEP

N-Total	mg/l	5-15
P-Total	mg/l	0-2
Ions sulfates	mg/l	<75
Chlorure	mg/l	<20
Huiles et graisses	mg/l	<10
DBO	mg/l	550

IV. 2. 2. Qualité de l'effluent traité :

Le tableau IV.2 ci-dessous présente la qualité de l'effluent en sortie du traitement aérobie. Ces valeurs seront atteintes pour autant que les valeurs des eaux à l'entrée sont conformes au tableau précédent et que la station d'épuration est exploitée conformément au manuel d'exploitation transmis par WATERLEAU.

Tableau IV.2.les caractéristiques de l'eau a la sortie du traitement aérobie

Paramètres	Unité	Valeur
pH	-	6.5-8.5
MES	mg/l	35
DCO	mg/l	125
DBO₅	mg/l	35
N	mg/l	<30
P	mg/l	<2

IV. 2. 3. Dimensionnement :

La station d'épuration de l'usine NCA-Rouïba contient les ouvrages suivants :

- Un bassin d'égalisation avec dégrillage.
- Un bassin biologique LUCAS®1 – AGS.
- Une cuve de stockage de boues traitées par une presse à vis.

IV. 2. 3. 1. Calcul du débit journalier des eaux usées :

Deux campagnes de mesures ont été réalisées du 23 au 28/11/2023 et du 03 au 10/01/2024.

L'opération consiste à :

Faire des Prélèvements d'échantillons sur deux points de rejets durant toute la période de production, soit au total 07 prélèvements (5 échantillons pour le Rejet principal et 2 échantillons pour la Déchetterie) pour la mesure des concentrations des charges polluantes de l'eau en influent.

Nous avons calculé le débit horaire pendant 24H pendant 6 jours en novembre 2023 et en janvier 2024, Nous avons trouvé dans la première mesure que le débit moyen journalier d'eau usée est de $502.5 \text{ m}^3/\text{j}$ et dans la deuxième mesure le débit moyen journalier est de $315.62 \text{ m}^3/\text{j}$.

Calcul du débit moyen horaire [54] :

$$Q_{\text{moyen horaire}} = \frac{Q_{\text{moyen journalier}}}{24} \quad (\text{Équation IV-1})$$

Tableau IV.3. Débits journalier et horaire Calculé

	Novembre 2023	Janvier 2024
Débit moyen journalier m^3/j .	502.5	315.62
Débit moyen horaire m^3/h .	20.94	34.04

IV. 2. 3. 2. Calcul des charges polluantes :

Soient les concentrations des charges polluantes de l'usine NCA-Rouiba (rejet final et déchetterie) :

$$DBO_5 = 290 \text{ mg/l.}$$

$$DCO = 830 \text{ mg/l.}$$

$$MES = 350 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Charge polluante} = [x] * Q_{\text{moyen journalier}} * 10^{-3} \quad [55]$$

Tel que x est la concentration de la charge polluante précédente

Application Numérique : On prend le débit moyen journalier $1200 \text{ m}^3/\text{j}$

$$DBO_5 = 290 * 1200 * 10^{-3} = 348 \text{ Kg}DBO_5/\text{j.}$$

$$DCO = 830 * 1200 * 10^{-3} = 996 \text{ Kg}DCO/\text{j.}$$

$$MES = 350 * 1200 * 10^{-3} = 420 \text{ Kg/j.}$$

IV. 2. 3. 3. Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration :

Le dimensionnement des ouvrages de la station se fait à partir du débit journalier et des charges polluantes en DBO_5 en DCO et en MES .

- **Dégrilleur :**

Tableau IV.4. Paramètres du dimensionnement du dégrilleur

Paramètre	Unité	Valeur
Débit	m^3/h	50-100
Température	°C	25-35
Maille	Mm	1

- **Bassin d'égalisation :**

Tableau IV.5. Paramètres du dimensionnement du bassin d'égalisation

Paramètre	Unité	Valeur
Temps de séjour	h	12
Débit moyen journalier	m^3/j	1200
Diamètre	m	9
Niveau d'eau	m	9.5
Hauteur	m	10
Volume actif	m^3	600

- **Spécifications techniques du bassin d'égalisation :** Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques des pompes d'alimentation du traitement aérobie :

Tableau IV.6. Caractéristiques des pompes d'alimentation du traitement aérobie

Fournisseur	KSB, Grundfos
Type	Horizontale centrifuge

Capacité	55 m ³ /h
Hauteur manométrique	12 m WC
Quantité	1+1

- **Mélangeur/aérateur bassin d'égalisation :**

Tableau IV.7. Caractéristiques des Mélangeur/aérateur bassin d'égalisation

Fournisseur	Grundfos
Type	immergé
Moteur	6 kW
Quantité	1

• **Bassin LUCAS®1 – AGS :**

Tableau IV.8. Caractéristiques du Bassin LUCAS®1 – AGS

Paramètre	Unité	Valeur
Charge en DCO	KgDCO/j	1000
Charge en azote	KgN/j	12
F/m (Food to Biomass Ratio)	KgDCO/KgMLVSS j	0.25
Volume total	m ³	1400
Volume actif	m ³	1000
Diamètre	m	17
Hauteur d'eau totale	m	7
Hauteur d'eau occupée	m	6.2
Debit d'air compressé	Nm ³ /h	1000
MLVSS	Kg/m ³	4.5

- **Spécifications techniques Bassin LUCAS®1 – AGS :**

Surpresseurs aération :

Tableau IV.9. Caractéristique du Surpresseurs aération

Fournisseur	Aerzen, Robushi
Capacité	1000 Nm ³ /h
Pression différentielle	720 mbarg
Puissance	37kW
Controle	Variateur de fréquence
Nombre	1+1

Grille d'aération :

Tableau IV.10. Caractéristique d'une grille aération

Fournisseur	EDI, ou equivalent
Type	Grille d'aération rétractable à fine bulle

• **Cuve de transfert des boues :**

Tableau IV.11. Caracteristiques de la Cuve de transfert des boues

Paramètre	Unité	Valeur
Débit	m ³ /j	26
Temps de séjour	h	32
Diamètre	m	3 »
Niveau d'eau	m	5.3
Hauteur	m	5.8
Volume actif	m ³	34

- **Spécifications techniques de la Cuve de transfert des boues :**

Tableau IV.12. Caractéristiques des pompes d'alimentation du traitement des boues

Fournisseur	KSB, Grundfos
Type	Pompe à vis excentrée.
Capacité	5m ³ /h
Hauteur manométrique	12 mWC
Quantité	1+1

Mélangeur cuve de transfert :

Tableau IV.13. Caractéristiques des Mélangeur cuve de transfert

Fournisseur	MIXEL, Hesperia ou Mervers
Type	agitateur horizontal
Moteur	1.1 kW
Quantité	1

Remarque : Le type des cuves utilisées est en acier vitrifié.

L'utilisation de cuves en acier vitrifié dans les stations d'épuration, particulièrement pour les bassins de traitement, présente plusieurs avantages en termes de durabilité, résistance à la corrosion, et facilité d'entretien. Voici les principales raisons pour lesquelles l'acier vitrifié est privilégié [56] [57] :

- Résistance à la corrosion : L'acier vitrifié combine la résistance mécanique de l'acier avec une couche protectrice de verre, ce qui rend les cuves extrêmement résistantes à la corrosion chimique. Cette résistance est particulièrement importante dans les environnements agressifs des stations d'épuration, où les bassins peuvent être exposés à des substances corrosives.

- Durabilité : Les cuves en acier vitrifié ont une longue durée de vie en raison de leur robustesse et de leur résistance aux conditions environnementales difficiles, réduisant ainsi les besoins en maintenance et en remplacement.
- Facilité de nettoyage et d'entretien : La surface vitrifiée, étant lisse et non poreuse, empêche l'adhérence des dépôts et facilite le nettoyage. Cela contribue à maintenir l'efficacité des processus de traitement et à réduire les coûts de maintenance.
- Étanchéité : L'acier vitrifié offre une excellente étanchéité, ce qui est crucial pour empêcher les fuites et protéger l'environnement environnant des contaminants.

IV.3. Description du fonctionnement de la station d'épuration :

IV. 3. 1. Dégrillage :

Tamissage : L'eau usée est pompée vers un tamis courbe situé au-dessus du bassin d'égalisation. Ce tamis élimine les gros objets susceptibles de provoquer des bouchages et de protéger les ouvrages en aval.

Évacuation des matières volumineuses : Les matières volumineuses sont séparées et évacuées, tandis que l'eau tamisée s'écoule gravitationnellement vers le bassin d'égalisation.



Figure IV.1. Schéma et photo du dégrilleur de la STEP

IV. 3. 2. Bassin d'égalisation :

Mesure du pH et de la température : Avant l'entrée au bassin d'égalisation, un multimètre mesure le pH et la température de l'eau pour ajuster ces paramètres.

Chapitre IV : Présentation et description de fonctionnement de la STEP

Mélangeur/aérateur : Un mélangeur/aérateur assure un mélange homogène de l'eau et empêche la fermentation.

Correction du pH : Si le pH est hors des limites ($6.5 < \text{pH} < 8.5$), une correction est effectuée avant la phase aérobie. De la soude (NaOH) est ajoutée si le pH est inférieur à 5, et de l'acide sulfurique (H_2SO_4) si le pH dépasse 10.



Figure IV.2. Bassin d'égalisation

Stockage et alarme : La soude NaOH et le H_2SO_4 sont stockés dans des cuves de PE-HD de 5 m^3 . Des alarmes signalent les niveaux bas.

Contrôle du niveau : Le niveau d'eau dans le bassin est contrôlé en continu. En cas de niveau bas, le transfert est arrêté pour éviter que les équipements ne tournent à vide. En cas de niveau trop élevé, le débit est augmenté pour éviter le débordement.



Figure IV.3.les armoires de dosages de la soude et l'acide sulfurique



Figure IV.4.les pompes de dosage de la soude et l'acide sulfurique

IV. 3. 3. Traitement aérobie- LUCAS®1-AGS :

Réacteur aérobie :

Pour le présent projet, la technologie LUCAS®1 – AGS – Activated Granular Sludge (Boue Granulaire Activée) a été retenue. Celle-ci fonctionne avec un réacteur de type batch séquentiel (SBR). Ce système est cyclique puisque les deux phases (alimentation-aération/sédimentation- décharge) sont séparées dans le temps et répétées indéfiniment, tout en ayant lieu dans le même réacteur [58].



Figure IV.5. Bassin biologique LUCAS®1-AGS

- **Phases du réacteur aérobie :**

Phase 1 : Alimentation ou accumulation (15minutes) :

- Le bassin d'aération est alimenté avec de l'eau usée qui contient une charge organique ($DCO = DBO + MM$).

Phase 2 : Aération et agitation (390minutes):

- L'alimentation est stoppée, et le bioréacteur est aéré et mélangé.
- La matière organique est complètement dégradée.

Phase 3 : Sédimentation (30minutes) :

- Les matières solides (boues) se séparent de l'eau claire par gravité.

Phase 4 : Décharge (15minutes) :

- L'eau purifiée est déchargée du réacteur aérobie par un décanteur flottant qui sépare les boues du liquide clarifié. Le liquide clarifié, dépourvu de la majorité des matières en suspension, est évacué pour le processus de désinfection.
- Les boues excédentaires sont extraites et envoyées vers la cuve de stockage des boues.

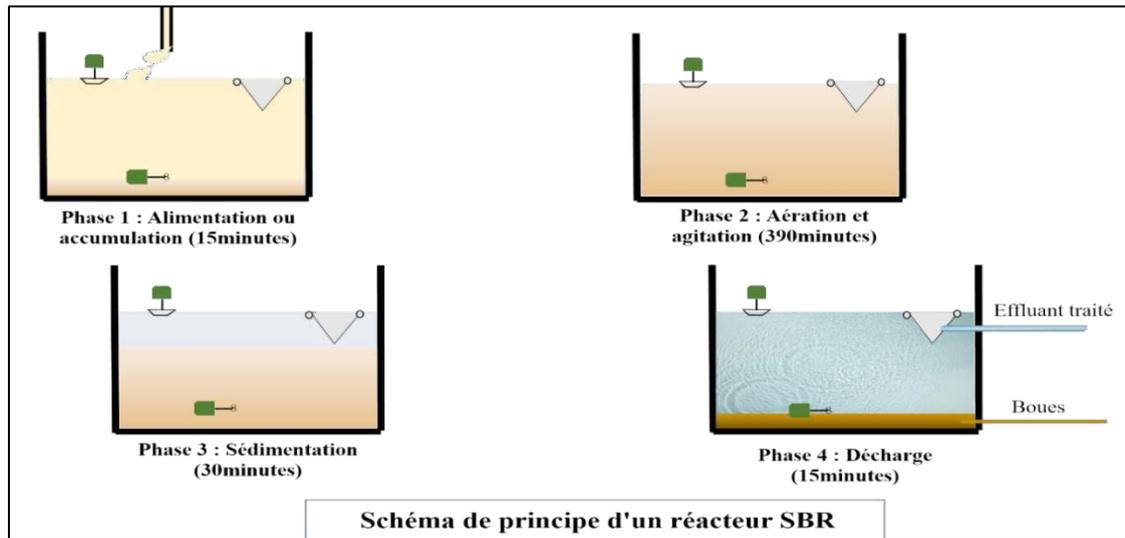


Figure IV.6. Schéma du principe d'un réacteur SBR

IV. 3. 4. Traitement des boues :

- **Déshydratation des boues :**

Les boues excédentaires sont pompées vers une presse à vis pour déshydratation. Le dosage de polymère en ligne permet d'atteindre une siccité optimale des boues déshydratées [59]

Le filtrat est envoyé vers le bassin d'égalisation ou une fosse de toutes eaux qui contient les eaux pluviales et les eaux issues de la déshydratation des boues.

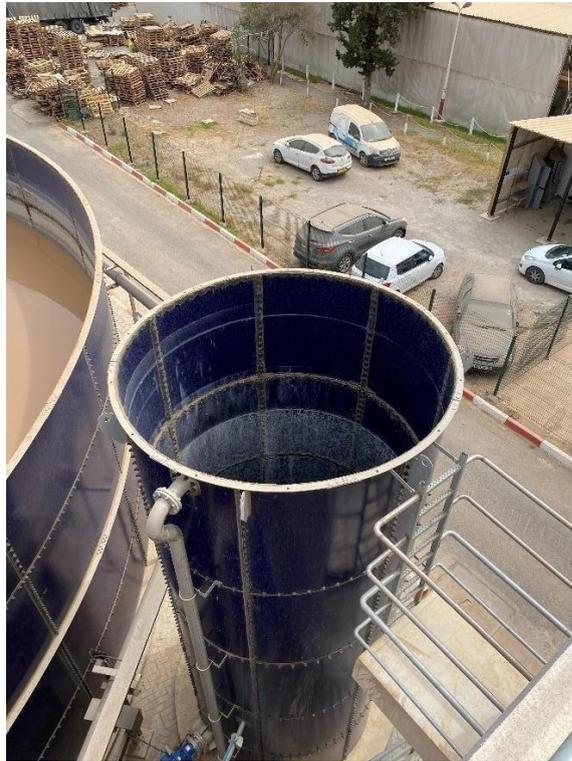


Figure IV.7. Cuve de stockage des boues

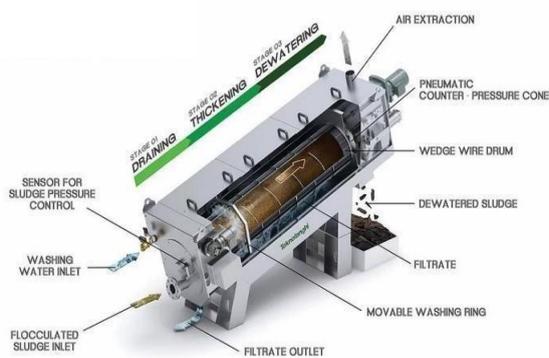


Figure IV.8. Représentation schématique d'une presse à vis

4.2.3. Chloration :

Après le traitement biologique, l'eau épurée est dirigée vers le bassin de chloration pour désinfecter et détruire les microorganismes pathogènes restants. Le chlore est ajouté sous forme de solution liquide [60].



Figure IV.9. Bassin de chloration

Voici le schéma explicatif du fonctionnement de la station d'épuration de l'usine NCA-Rouïba.

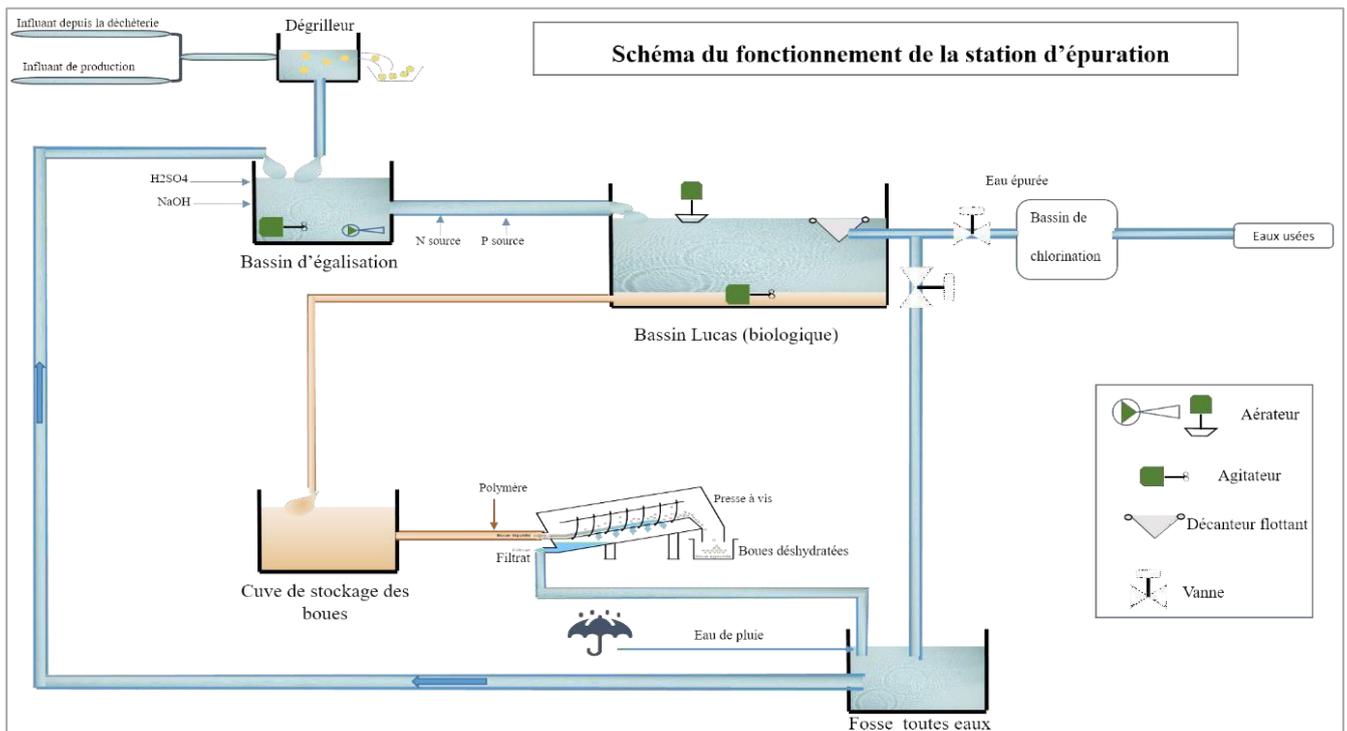


Figure IV.10. Schéma de la station d'épuration

IV. 4. Problématique :

Lors de la mise en marche de notre station d'épuration, nous avons rencontré un défi majeur lié à la gestion de la Demande Chimique en Oxygène (DCO). Nous présentons une analyse approfondie du problème rencontré, les solutions proposées pour y remédier, ainsi que les expériences et les résultats obtenus. La gestion de la DCO est cruciale pour assurer l'efficacité de la station d'épuration et la conformité avec les normes environnementales. Nous décrivons ci-dessous les étapes de notre démarche et les conclusions que nous avons tirées.

IV. 4. 1. Problème rencontré :

Lors de la conception et le dimensionnement de la station d'épuration nous avons prévu une charge maximale de *DCO* à l'entrée du bassin biologique de 1000 KgDCO/j . Cependant, les mesures effectuées le mois dernier ont montré une charge réelle de 2000 KgDCO/j , soit le double de la charge prévue. Cette surcharge a conduit à des niveaux de concentration de la DCO à la sortie du bassin Lucas bien au-delà des normes réglementaires.

Pour évaluer l'influence de la charge de DCO à l'entrée sur la qualité de l'eau épurée, nous avons suivi et analysé plusieurs aspects critiques :

- Observation de la Charge de la DCO à l'Entrée du bassin biologique en Fonction des Jours :

Nous avons tracé une courbe qui représente la charge de la DCO à l'entrée du bassin biologique en fonction des jours.

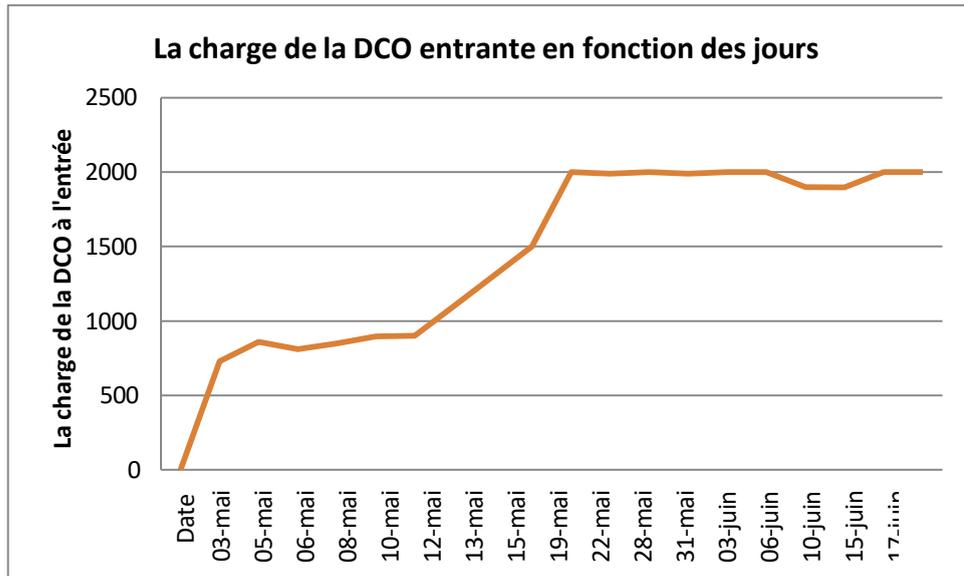


Figure IV.11. Une courbe représentative de la charge en DCO Entrante en fonction des jours

Cette courbe montre une augmentation constante de la charge, dépassant régulièrement la limite de 1000 KgDCO/j pour atteindre une moyenne de 2000 KgDCO/j.

Interprétation :

La question posée est : pourquoi la charge de la DCO a-t-elle augmenté ?

Explication :

Au début de la mise en marche de la station d'épuration, la charge de la DCO était en dessous de 1000 Kg/jour ou proche de cette limite. Cela s'explique par le fait que l'eau entrante dans la station était diluée par l'eau épurée. Voici pourquoi :

- **Problème d'Assainissement Initial :** Lors du démarrage initial, il y avait un problème d'assainissement car les rejets liquides du processus industriel et ceux de la déchèterie étaient transférés dans une fosse avant d'être acheminés vers la station d'épuration. De plus, l'eau épurée était également transférée dans cette fosse.
- **Fosse Commune :** Cette fosse contenait à la fois les rejets liquides qui devaient être traités par la station d'épuration et l'eau déjà épurée. Cela a entraîné une dilution des eaux usées, ce qui a réduit la charge de DCO à l'entrée de la station, maintenant la charge en dessous de 1000 Kg/jour.
- **Réglage de l'Assainissement :** Après avoir identifié et corrigé le problème d'assainissement, l'eau épurée a été dirigée directement vers le réseau de la ville au lieu de

retourner dans la fosse. La fosse ne contenait donc plus que les rejets liquides bruts destinés à être traités par la station.

- **Augmentation de la Charge :** Avec la correction apportée, la charge de DCO n'était plus diluée par l'eau épurée, entraînant ainsi une augmentation de la charge à la station d'épuration. La charge a doublé pour atteindre une moyenne de 2000 KgDCO/j, dépassant la capacité initialement prévue.
- Observation de la concentration de la DCO à la sortie du bassin biologique en Fonction des Jours :

Nous avons également tracé une courbe qui représente la concentration de la DCO mesurée à la sortie du bassin Lucas en fonction des jours.

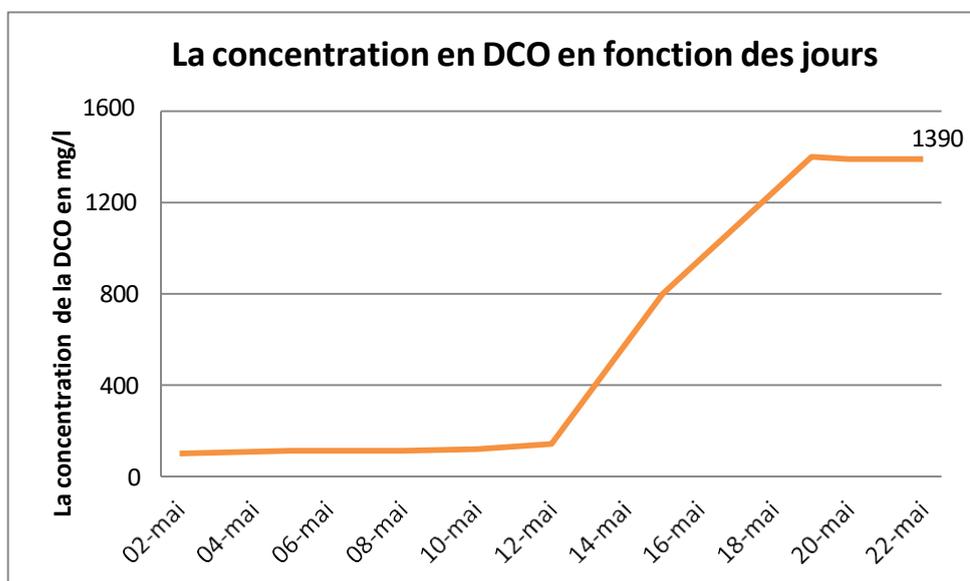


Figure IV.12. Une courbe représentative de la concentration en DCO en mg/l à la sortie du bassin Lucas en fonction des jours

Cette courbe montre que les concentrations dépassent les normes de 125 mg/L et atteignent des valeurs aussi élevées que 1400 mg/L.

Interprétation :

En comparant les deux courbes, nous observons une relation proportionnelle : lorsque la charge de la DCO à l'entrée augmente, la concentration de la DCO à la sortie augmente

également. Cette relation linéaire souligne l'impact critique de la charge initiale sur la qualité de l'effluent traité. La surcharge à l'entrée influence directement les performances de traitement de la station, compromettant la capacité à maintenir les niveaux de DCO en dessous des normes environnementales. La concentration de 1400 mg/L observée à la sortie démontre une défaillance significative du système à gérer la charge accrue de la DCO.

IV. 4. 2. Solutions proposées :

IV. 4. 2. 1. La première solution : Augmenter le temps de séjour dans le bassin biologique ou bien faire une recirculation

- Description de la méthode envisagée :

Pour optimiser le traitement de la demande chimique en oxygène (DCO) dans le bassin biologique, nous avons modifié le cycle de traitement en éliminant les phases de décharge et d'alimentation. Cette modification a permis de doubler la durée totale du cycle, incluant les phases d'aération/agitation et de sédimentation, sans toutefois doubler la durée de ces phases spécifiques. Voici une description détaillée des modifications apportées :

- Élimination de la Phase de Décharge et d'Alimentation :

Phase de Décharge : Nous avons supprimé cette phase où l'eau traitée est évacuée du bassin. Au lieu de procéder à des décharges régulières, l'eau est maintenue dans le bassin, permettant ainsi une prolongation continue des autres phases de traitement.

Phase d'Alimentation : Cette phase, où l'eau usée brute est introduite dans le bassin, a également été éliminée. Cela stabilise les conditions dans le bassin et maximise l'efficacité des phases d'aération/agitation et de sédimentation.

- Prolongation du Cycle de Traitement :

Cycle de Traitement Doubé : En éliminant les phases de décharge et d'alimentation, nous avons doublé la durée totale du cycle de traitement. Cette prolongation permet d'étendre les périodes durant lesquelles l'eau reste dans les phases d'aération/agitation et de sédimentation, sans modifier leur durée individuelle [61].

Voici un schéma explicatif de la première solution :

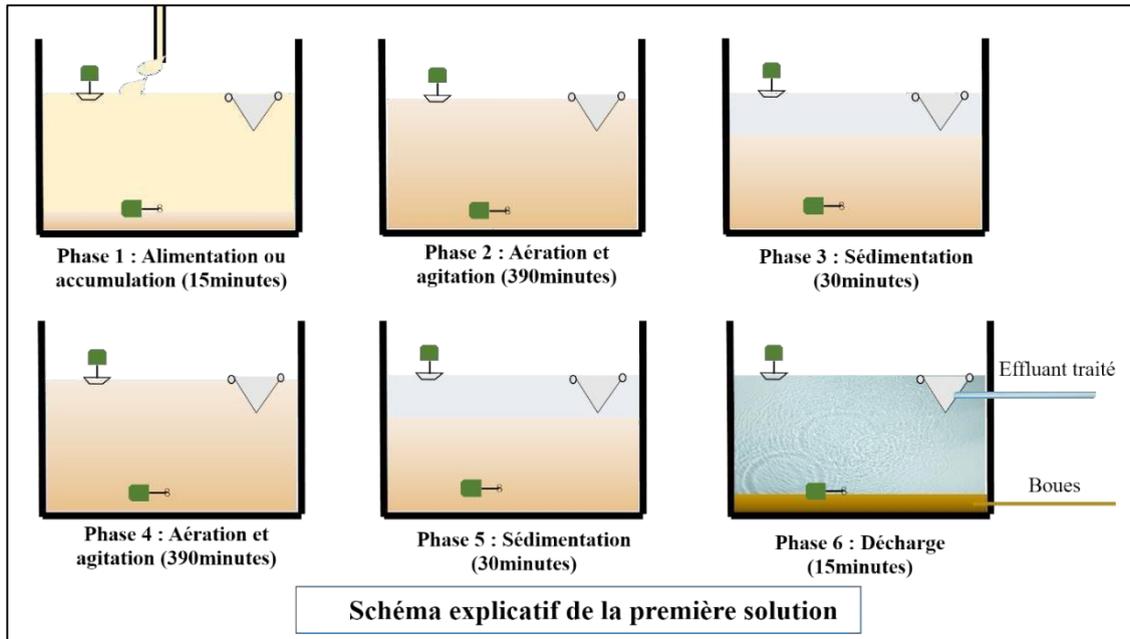


Figure IV.13. Schéma explicatif de la 1ère solution

- Observation de la Concentration de la DCO en mg/l à la Sortie du le Bassin Lucas en fonction des jours :

Nous avons tracé une courbe qui représente la concentration de la DCO en mg/l mesurée à la sortie du bassin Lucas en fonction des jours.

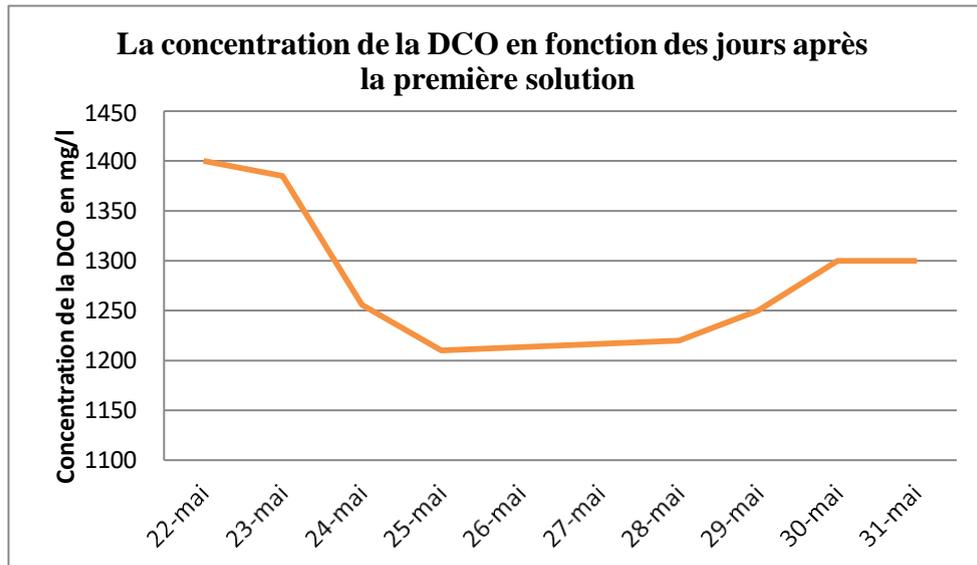


Figure IV.14. Une courbe représentative de la concentration de la DCO en mg/l à la sortie du bassin Lucas en fonction des jours après la première solution

La concentration de DCO a initialement montré une légère diminution, mais elle est rapidement redevenue constante et élevée au fil du temps, restant toujours au-dessus des normes environnementales $\gg 125$ mg/l.

Interprétation :

Répéter les phases d'aération et de sédimentation ne s'est pas avéré suffisant pour réduire la demande chimique en oxygène (DCO) à des niveaux conformes aux exigences réglementaires. Ces résultats indiquent que le problème ne réside pas simplement dans la durée des phases de traitement, mais plutôt dans d'autres aspects du processus de traitement, notamment la qualité des boues.

- *Pour comprendre pourquoi la première solution n'a pas fonctionné, nous avons examiné la qualité des boues. Selon les données de l'usine, les boues sont prématurées.*

Boues Prématurées :

Les boues prématurées, également appelées boues jeunes ont généralement un temps de sédimentation plus élevé par rapport aux boues mûres [62].

Raison :

Les boues jeunes contiennent une proportion plus élevée de biomasse active avec une densité plus faible et un volume plus important de substances polymériques extracellulaires (EPS). Ces caractéristiques les rendent plus flottantes et moins aptes à se déposer rapidement [63].

Impact sur le Traitement :

- Les boues jeunes ont une faible capacité de floculation et une décantation moins efficace, ce qui entraîne une sédimentation plus lente. [64]
- Cela peut augmenter les niveaux de DCO dans l'effluent traité si le temps de sédimentation n'est pas ajusté en conséquence. [64]
- Un âge des boues faible signifie que le processus biologique n'a pas eu suffisamment de temps pour se stabiliser et former des floccs compacts qui se déposent plus facilement. [64]

- *Pour confirmer la relation entre l'âge des boues et leur présence dans l'eau épurée, nous avons analysé la DCO soluble et totale.*

Analyse de la DCO totale et soluble :

- Retour au Fonctionnement Normal : Nous avons cessé la modification du cycle de traitement dans le bassin Lucas et repris le fonctionnement standard de la STEP.
- Prélèvement de l'échantillon : On a prélevé un échantillon d'eau épurée à la sortie du bassin Lucas.
- Filtration : L'échantillon a été filtré à travers un filtre à fibre de verre pour séparer les matières en suspension.
- Analyse de la DCO Totale : On a mesuré la DCO totale de l'échantillon non filtré Analyse de la DCO Soluble : On a mesuré la DCO de l'échantillon filtré de la même manière que pour l'échantillon non filtré.
- Calculs et Comparaison : On a comparé les résultats des analyses de la DCO totale et de la DCO soluble pour savoir si la DCO élevée était due à la présence de boues dans l'eau épurée.
- Observation de la Concentration de DCO totale et soluble à la Sortie du Bassin biologique

Nous avons tracé deux histogrammes sur le même graphique pour représenter les concentrations de la DCO totale et de la DCO soluble à la sortie du bassin biologique.

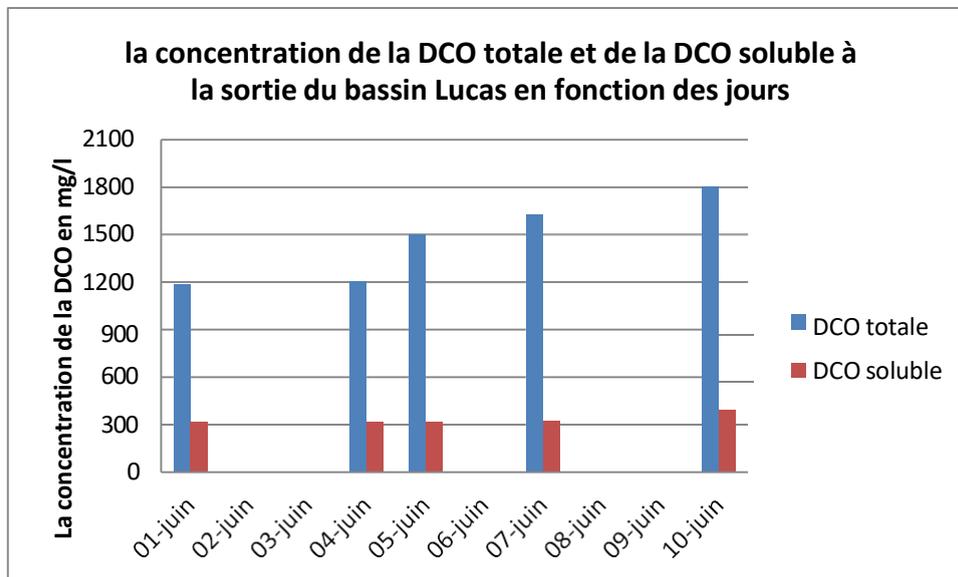


Figure IV.15. Histogrammes de la DCO totale et la DCO soluble en fonction des jours

L'histogramme de la DCO totale montre une concentration constamment élevée, tandis que celui de la DCO soluble indique des niveaux significativement plus bas.

Interprétation :

La différence importante entre la DCO totale et la DCO soluble dans l'eau épurée indique une quantité significative de matières en suspension, principalement sous forme de boues. Ces matières en suspension, qui n'ont pas été éliminées de manière adéquate par sédimentation, sont à l'origine de la concentration élevée de la DCO mesurée à la sortie du bassin Lucas.

En d'autres termes, le fait que la DCO totale soit nettement supérieure à la DCO soluble montre que l'eau traitée contient encore beaucoup de particules en suspension, essentiellement des boues. Ces particules, qui auraient dû être éliminées par sédimentation, contribuent de façon importante à la valeur élevée de la DCO observée dans l'effluent final.

Nous concluons que la phase de sédimentation de 30 minutes était insuffisante pour permettre une séparation efficace des boues. Cette inefficacité a conduit à maintenir des niveaux élevés de la concentration de la DCO à la sortie du bassin Lucas.

IV. 4. 2. 2. Deuxième solution : Augmentation du Temps de Sédimentation :

- Description de la méthode envisagée :

Pour résoudre ce problème, nous avons décidé d'augmenter le temps de la phase de sédimentation de 30 minutes à 90 minutes dans le bassin Lucas. L'objectif était d'améliorer la sédimentation des boues et de réduire ainsi la concentration de la DCO à la sortie du bassin Lucas [65].

Voici un schéma explicatif de la deuxième solution :

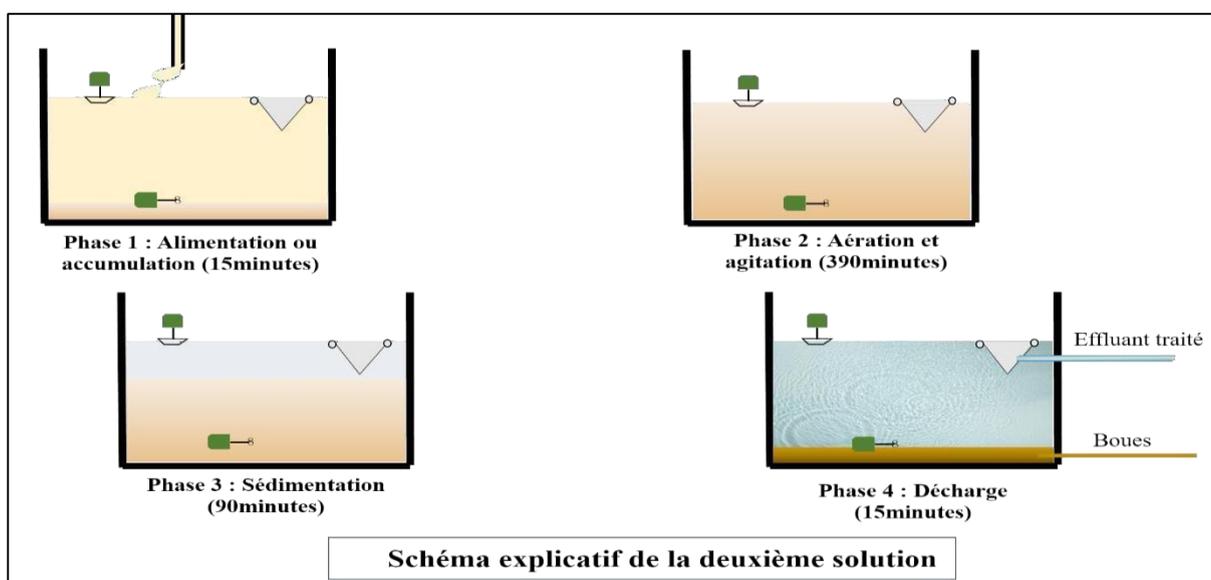


Figure IV.16.Schéma explicatif de la deuxième solution

- Observation de l'Évolution de la DCO à la Sortie du Bassin Lucas après l'Augmentation du Temps de Sédimentation :

Nous avons tracé une courbe qui représente la concentration de la DCO en mg/l mesurée à la sortie du bassin Lucas en fonction des jours avant et après avoir augmenté le temps de sédimentation de 30 à 90 minutes.

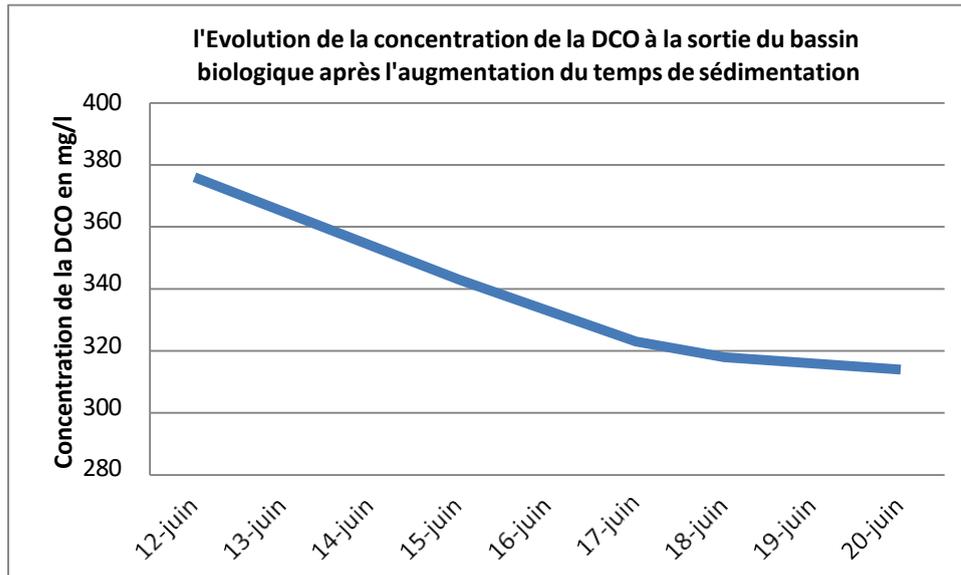


Figure IV.17. l'Evolution de la concentration de la DCO à la sortie du bassin biologique après l'augmentation du temps de sédimentation

Après cette augmentation, la concentration de la DCO a diminué jusqu'à atteindre 314 mg/L.

Interprétation :

L'augmentation du temps de sédimentation à 90 minutes a permis de mieux sédimenter les boues, ce qui a conduit à une réduction notable de la DCO à la sortie du bassin Lucas. Cela indique que les boues présentes dans l'eau épurée nécessitent plus de temps que les 30 minutes initialement prévues pour se sédimenter efficacement. Malgré cette amélioration, la concentration de 314 mg/L demeure trop élevée pour être conforme aux normes environnementales strictes.

IV. 4. 2. 3. La troisième solution : Amélioration de la Qualité des Boues :

Principe de la méthode envisagée :

Pour cette solution à long terme, nous avons opté pour le maintien du fonctionnement normal de la station d'épuration avec un temps de sédimentation de 30 minutes, voire moins. Cette méthode permettra aux boues nécessitant plus de 30 minutes pour se sédimenter d'être évacuées avec l'eau traitée. Puisque nous sommes encore en phase de mise en service de la station d'épuration, il est acceptable de ne pas adhérer strictement aux normes [66].

Objectif à long terme :

Avec le temps, seules les boues qui se sédimentent en 30 minutes resteront dans le système. Ces boues se multiplieront et croîtront, augmentant ainsi la quantité de boues capables de se sédimenter en 30 minutes. À long terme, nous aurons une grande quantité de boues de qualité qui pourront effectuer le traitement biologique et se sédimenter efficacement en 30 minutes afin d'abattre la concentration en DCO à la sortie du bassin biologique [66]

Avantages prévisibles :

- Amélioration progressive de la qualité des boues dans le système.
- Augmentation de la capacité de traitement biologique tout en respectant les contraintes de temps de sédimentation.
- Conformité aux normes de qualité d'eau sur le long terme, grâce à une amélioration continue de la qualité des boues.

Cette solution, bien que nécessitant plus de temps pour montrer des résultats tangibles, est prometteuse pour assurer une sédimentation efficace et une meilleure qualité de l'eau traitée à long terme [66].

IV. 5. Conclusion :

Le chapitre 4 offre une vue d'ensemble détaillée de la station d'épuration de NCA-Rouïba, couvrant les paramètres de dimensionnement, le fonctionnement des ouvrages, et la gestion des charges polluantes. En examinant la problématique de la surcharge de la DCO, ce chapitre met en lumière les défis rencontrés et les solutions envisagées pour améliorer l'efficacité du traitement des eaux usées. Les analyses montrent qu'une meilleure gestion des phases de traitement et une amélioration de la qualité des boues sont essentielles pour réduire la concentration en DCO et atteindre les normes environnementales. Cette étude souligne l'importance de l'optimisation continue des processus pour garantir une performance stable et conforme aux exigences réglementaires.

Les modifications apportées démontrent une amélioration progressive, mais une optimisation continue est indispensable pour atteindre les objectifs de qualité des effluents

Chapitre 5 :

Réutilisation et valorisation de l'eau épurée issues de la station d'épuration

Chapitre V. Réutilisation et valorisation de l'eau épurée issues de la station d'épuration

V. 1. Introduction :

Le prélèvement des échantillons dans une station d'épuration, tant à l'entrée qu'à la sortie, est crucial pour évaluer l'efficacité du traitement des eaux usées. À l'entrée de la station, les échantillons sont prélevés pour déterminer la concentration initiale des polluants et évaluer la charge organique et chimique des eaux brutes. À la sortie et après que les MES et les micro-organismes ont eu le temps de se sédimenter l'analyse des échantillons permet d'évaluer l'efficacité globale du traitement biologique, y compris la réduction de la charge organique et la diminution des contaminants.

Cette étape est cruciale pour garantir que les eaux soient réutilisées ou rejetées dans l'environnement et respectent les normes réglementaires de qualité.

V.2. Prélèvement des échantillons :

Dans le cadre d'un bassin biologique SBR fonctionnant en séquence, les prélèvements à la sortie sont effectués après la phase de sédimentation et au début de la phase de décharge. Chaque heure, un certain volume d'eau épurée est prélevé à l'entrée du bassin biologique ainsi qu'à la fin de chaque cycle pendant le traitement biologique dans le bassin LUCAS®1 – AGS. Les échantillons doivent être analysés dans un délai maximal de 24 heures afin d'éviter toute modification de leurs concentrations.

V.3. Caractérisation de l'eau épurée :

Toutes les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'usine NCA-Rouïba.



Figure V.1.Laboratoire de l'usine NCA-Rouiba

V. 3. 1. Matériel et méthodes :

V. 3. 1. 1. Potentiel d'hydrogène pH, Température, oxygène dissout et conductivité :

Les valeurs de ces paramètres sont mesurées à l'aide d'un multimètre "HQ Séries" équipé d'une électrode. Cette électrode est immergée dans l'échantillon, permettant ainsi de lire la valeur affichée sur l'écran du multimètre. Après chaque utilisation, l'électrode doit être rincée à l'eau distillée pour que les résultats soient justes [67] [68].



Figure V.2.Un multimètre

Les matières en suspension MES :

- Le volume de l'échantillon à prélever est 30ml.
- Peser le filtre qualitatif vide et noter la masse m_0 en grammes.
- Filtrer l'échantillon et mettre le filtre utilisé dans l'étuve pendant 24h à 150°C.
- Peser à nouveau le filtre qui contient la masse sèche et noter m_1 en grammes.

La concentration de MES est tirée suivant la règle suivante [68]. :

$$[MES]g/l = \frac{m^1 - m^0}{v}, \text{ tel que } v \text{ est le volume de l'échantillon prélevé.}$$

Demande chimique en oxygène DCO :

- Homogénéiser l'échantillon d'eau pendant 2 minutes dans un mélangeur.
- Prélever un échantillon de 0,2 ml pour la gamme 0-15000 mg/l DCO.
- Allumer le réacteur DRB 200 et préchauffer à 150°C.
- Ajouter le réactif High Range Plus (0-15000 mg/l DCO) avec les 0,2 ml de l'échantillon dans des flacons.
- Placer les flacons dans le réacteur DRB 200 pendant deux heures.
- Laisser refroidir les flacons pendant 20 minutes.
- Pour lire la valeur de la DCO en mg/l, entrer le numéro de programme enregistré pour la demande chimique en oxygène et appuyer sur entrer.
- Insérer le flacon dans l'adaptateur.
- Couvrir hermétiquement la cellule d'échantillon avec le capuchon de l'instrument.
- Appuyer sur "lire" et le résultat en mg/L DCO s'affichera à l'écran.



Figure V.5 Colorimètre portable
HACH DR/900.



Figure V.4. colorimètre portable
HACH DR/900.



Figure V.3. Bloc DCO chauffant:



Figure V.6. High Range Plus: 0-
15000mg/l DCO.

✓ **Demande biologique en oxygène DBO_5 à cinq jours:**

On réalise une première mesure de la concentration en dioxygène dissous dans un échantillon immédiatement après son prélèvement et on répète l'opération cinq jours plus tard après incubation à 20°C et à l'obscurité. La différence entre les deux valeurs mesurées constitue la DBO_5 (demande biologique en oxygène à cinq jours) [69].

- Prélever l'échantillon.
- Plonger le flacon dans l'eau à analyser, le remplir à ras-bord et fermer le bouchon sous l'eau sans emprisonner de bulle d'air.
- Faire la première mesure au laboratoire après avoir placé le flacon à 20°C et à l'obscurité. Refermer le flacon et l'abandonner pendant 5 jours à 20°C et à l'obscurité. Refaire alors une mesure de concentration.
- Si C_0 est la concentration initiale et C_5 la concentration finale après 5 jours d'incubation, la DBO_5 est égale à $C_5 - C_0$ en mg/l.

✓ **Les nitrites :**

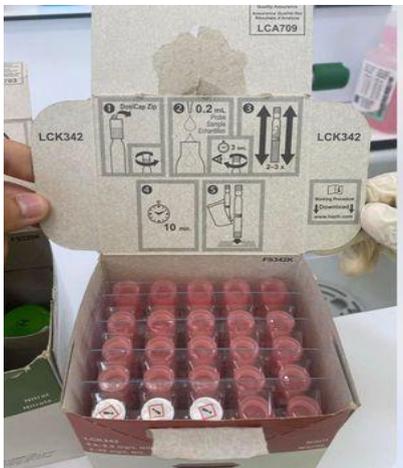


Figure V.7.: La solution LCK342 pour le dosage des nitrites



Figure V.8. Un colorimètre DR-1900

- Prélever 0.2ml d'échantillon et le verser dans le flacon préparé LCK342.
- Ouvrir la poudre préparée dans le petit bouchon et ajouter à la solution.
- Agiter et laisser reposer 10 minutes.
- Régler la longueur d'onde adéquate pour la mesure des nitrites.
- Placer le flacon et la solution à blanc dans le colorimètre DR1900 pour lire la valeur de la concentration en nitrites en mg/l.

✓ **Les nitrates :**

- Prélever 1ml d'échantillon et mélanger avec 0.2 ml de la solution A préparé LCK339.
- Laisser reposer 20 minutes.
- Régler la longueur d'onde adéquate pour la mesure des nitrates.
- Placer le flacon et la solution à blanc dans le colorimètre DR1900 pour lire la valeur de la concentration des nitrates en mg/l.

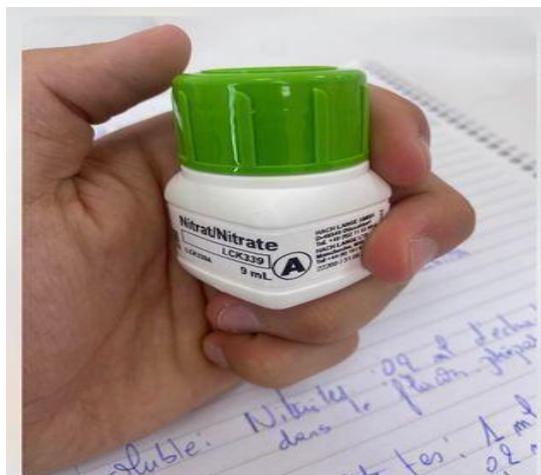


Figure V.9. Solution ALCK 339

✓ **Les ions Ca^{2+} , K^+ , Na^+ :**

- Mettre 1 g de chlorure de calcium dans 1 litre d'eau distillée et homogénéiser la solution à l'aide d'un barreau magnétique.
- Effectuer une dilution au dixième dans des fioles de 100 ml.

- Placer les solutions diluées dans le spectrophotomètre à flamme et lire la valeur de l'absorbance de chaque solution.
- Placer ensuite l'échantillon d'eau dans le spectrophotomètre à flamme et lire la valeur de l'absorbance, notée $ABS_{\text{échantillon}}$
- Tracer la courbe d'étalonnage des solutions diluées et à partir de la valeur $ABS_{\text{échantillon}}$ et déterminer la concentration de Ca^{2+} dans l'échantillon.

-La même procédure est suivie pour les autres ions tels que, le Potassium K et le Sodium Na .



Figure V.10. Spectrophotomètre à flamme

V. 3. 2. Résultats et discussions :

✓ Potentiel d'hydrogène pH, Température et conductivité :

La figure suivante représente la variation du pH de l'eau épurée à la sortie du bassin LUCAS durant la période d'études du 12 Mai 2024 au 12 Juin 2024.

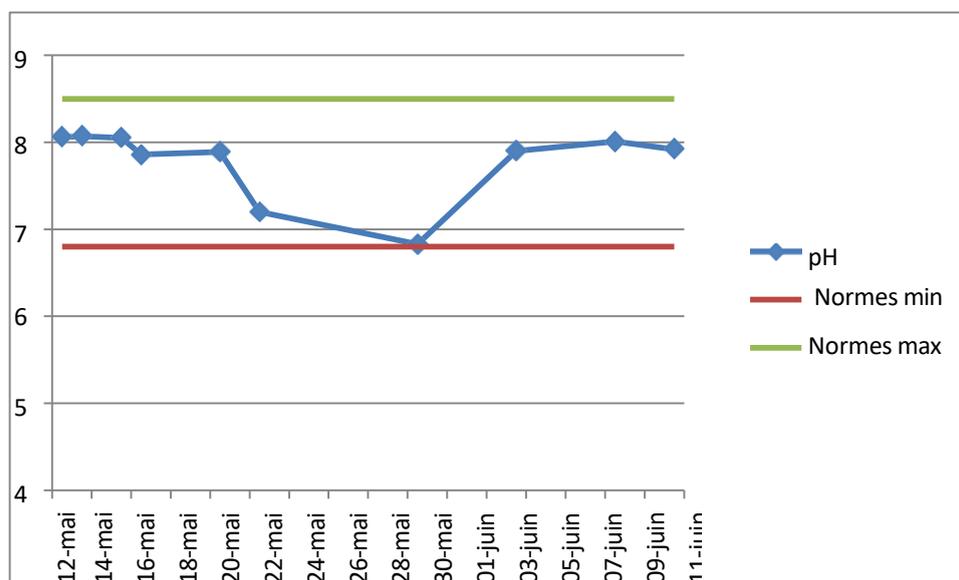


Figure V.11. Courbe représentative des valeurs de pH en fonction des jours de l'eau traitée.

On observe une augmentation des valeurs de pH des eaux traitées par rapport aux eaux brutes (à l'entrée du bassin d'égalisation). Les pH de nos échantillons respectent les normes exigées par le décret algérien 2006 et 2009, avec toutes les valeurs comprises entre 6,5 et 8,5.

Pour la température, nous avons trouvé une moyenne de 23,8°C pour les eaux traitées, qui est également conforme aux normes du décret algérien.

✓ **Les matières en suspension MES :**

Selon le décret algérien, une eau épurée destinée à la réutilisation ou déversée dans le milieu naturelle est de 30 mg/l.

La figure ci-dessous illustre les variations de MES des eaux sortantes du bassin biologique LUCAS®1 – AGS durant la même période.

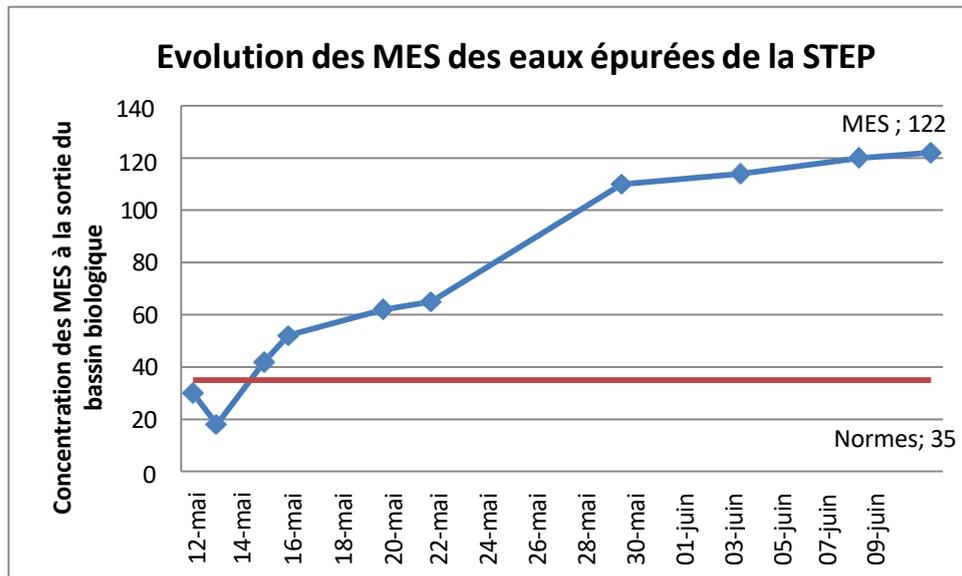


Figure V.12. Evolution des MES des eaux épurées de la STEP pendant un mois.

Cette courbe représentative de la concentration des matières en suspension (MES) montre une évolution significative. Au début, les concentrations étaient faibles et bien en dessous des normes réglementaires. Cependant, au fil du temps, on observe une augmentation progressive de MES, atteignant et dépassant les limites imposées par la réglementation. [70]

✓ **Demande biologique en oxygène DBO_5 :**

Le décret algérien limite la DBO_5 à moins 35 mg O_2 /l pour la réutilisation des eaux épurées ou le déversement dans le milieu naturel.

La figure ci-dessous représente les variations de la DBO_5 de l'eau épurée sortante du bassin biologique LUCAS®1 – AGS durant la même période.

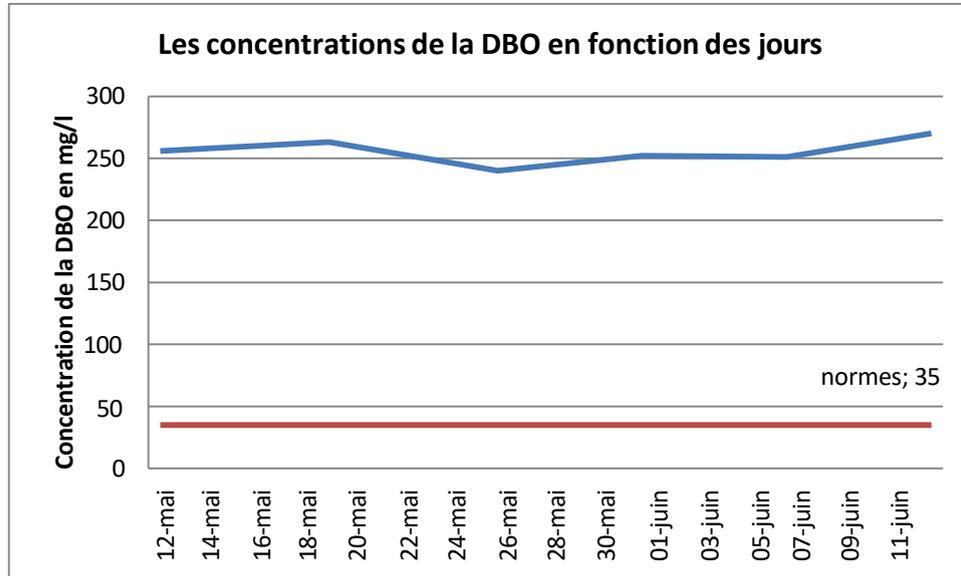


Figure V.13. Courbe représentative de la concentration de la DBO en fonction des jours.

Cette courbe représentative de la concentration de la DBO_5 de l'eau brute montre que la DBO_5 moyenne est de 255,33 mg/l ce qui est très supérieur aux normes du décret exécutif de 2006 et 2009.

✓ **La demande chimique en oxygène DCO :**

Comme mentionné au chapitre 4, lors de la conception et du dimensionnement de la station d'épuration de NCA-Rouïba, une charge maximale de DCO de 1000 Kg/j était prévue à l'entrée du bassin biologique. Cependant, les mesures effectuées ont révélé une charge réelle de 2000 Kg/j, conduisant à des concentrations de DCO à la sortie du bassin élevée, atteignant jusqu'à 1400 mg/L. Selon le décret algérien, la DCO doit être inférieure à 120 mg/L pour la réutilisation des eaux épurées ou leur déversement dans le milieu naturel. Par conséquent, la concentration de DCO actuelle ne respecte pas ces normes, ce qui a été détaillé dans le chapitre précédent.

✓ **Les nitrites :**

Le décret algérien limite la concentration en nitrites à moins 1 mg/l pour la réutilisation des eaux épurées ou le déversement dans le milieu naturel.

La figure ci-dessous représente les variations de la concentration des nitrates de l'eau épurée sortante du bassin biologique LUCAS®1 – AGS durant la même période.

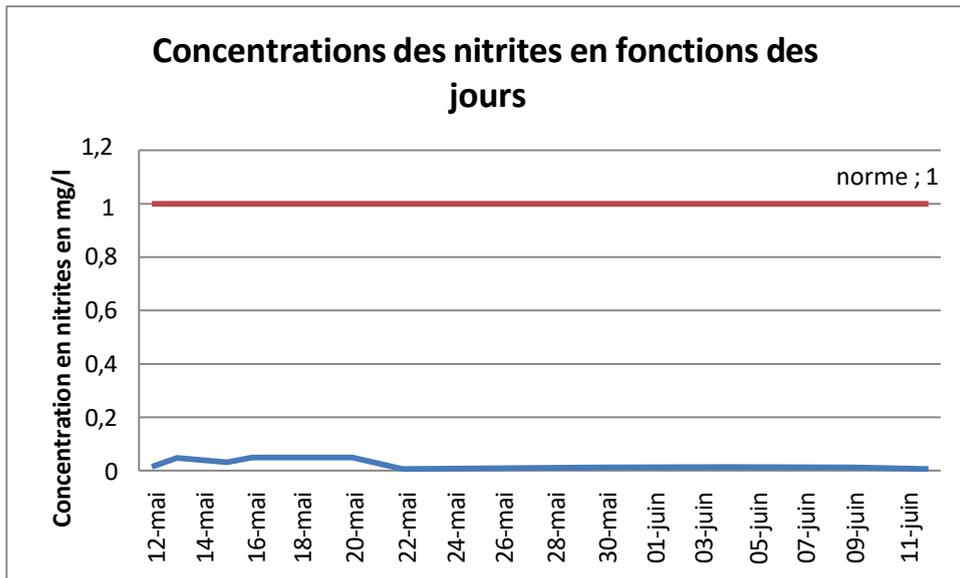


Figure V.14. Courbe représentative de la concentration des nitrites de l'eau épurée en fonction des jours

Cette courbe montre que toutes les valeurs des concentrations des nitrites mesurées sont en dessous de la limite réglementaire, indiquant que les concentrations de nitrites respectent les normes en vigueur.

✓ **Les nitrates :**

Le décret algérien limite la concentration des nitrates à moins 1 mg/l pour la réutilisation des eaux épurées ou le déversement dans le milieu naturel.

La figure ci-dessous représente les variations de la concentration des nitrates de l'eau épurée sortante du bassin biologique LUCAS®1 – AGS durant la même période.

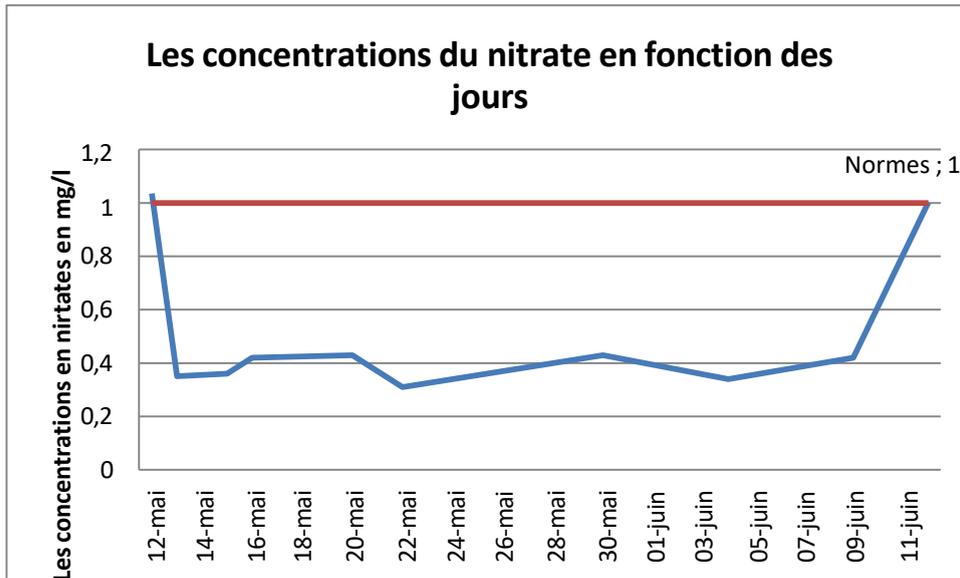


Figure V.15. Courbes représentatives des concentrations des nitrates de l'eau épurée et les normes

✓ **Les ions Ca^{2+} , K^+ , Na^+ :**

D'après les expériences faites au niveau du laboratoire et les courbes d'étalonnage on a obtenu les concentrations suivantes :

$$[Ca^{2+}] = 25mg/l.$$

$$[Na^+] = 22mg/l.$$

$$[K^+] = 18 mg/l.$$

Après la caractérisation de l'eau épurée, nous avons constaté que tous les paramètres respectent les normes, à l'exception de la DCO, de MES et de la DBO5 comme mentionné dans le chapitre 4 de notre étude. Nous avons proposé trois solutions, et la troisième que nous avons décidé de mettre en place, commence à montrer des résultats, mais après une longue période. Pour assurer une éventuelle réutilisation de l'eau et au cas où la troisième solution ne fonctionnerait pas ou prendrait trop de temps, nous proposons des solutions supplémentaires efficaces pour une réutilisation.

V.4. Solutions proposées :

V. 4. 1. Mise en place d'un bio-filtre en amont du bassin d'égalisation :

V. 4. 1. 1. Définition :

Un bio-filtre est un dispositif de traitement utilisant des microorganismes fixés sur un support filtrant pour décontaminer un milieu, en filtrant et décomposant les matières organiques. Il est souvent utilisé pour traiter les eaux usées.

On distingue plusieurs types de bio-filtres tels que : les filtres bactériens, les filtres rotatifs, les filtres à billes et les filtres à lit fluidisé.

V. 4. 1. 2. Principe de la bio-filtration :

La bio-filtration repose sur l'utilisation d'un matériau filtrant granulaire colonisé par une biomasse épuratrice, à travers lequel transite l'effluent à traiter. Les techniques de bio-filtration, développées par divers fabricants, se distinguent par leurs modes opératoires. Ainsi, le système d'entrée d'eau peut être situé au-dessus ou en dessous du bio-filtre, influençant ainsi le sens du flux d'eau (ascendant ou descendant). Cependant, dans le domaine de l'eau, les bio-filtres à courant ascendant prédominent.

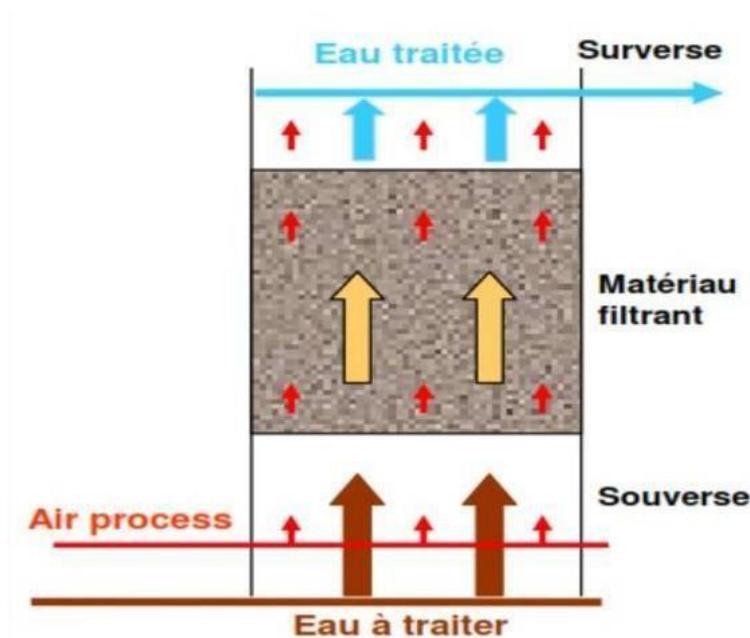


Figure V.16. Bio-filtre à courant ascendant

V. 4. 1. 3. Avantages et inconvénients des bio-filtres :

Avantages	Inconvénients
Moins coûteux que les boues activées car le système de bio-filtration dégrade une charge organique importante puisque la concentration de la biomasse dans le bassin est importante	Sensibles aux valeurs du pH et à la poussière

Occupe peu d'espace	Temps de rétention de la biomasse difficilement contrôlable..
Peu de boues générées et pas de feutrage qui est du à l'action des fimanteuses.	Risque élevé de colmatage.
Concentration de biomasse entre 10 et 15 g/L de lit dans un biofiltre	Contrôle difficile de le quantité de la biomasse à l'intérieur du bio-filtre.

V. 4. 1. 4. Dimensionnement :

On utilise un bio-filtre avec garnissage en plastique

Pour dimensionner ce bio-filtre on utilise l'équation de Schulze pour calculer les paramètres de dimensionnement de ce dernier [71] :

$$\frac{S_c}{S_0} = e^{\frac{-kD}{q^n}}$$

S_c = Concentration en DBO5 soluble à la sortie du bio-filtre (mg/L)

S_0 = Concentration en DBO5 soluble de l'effluent (mg/L)

D = Profondeur du filtre (m)

q = Charge hydraulique (m³/m².min)

k = Coefficient dépend de la nature de l'eau à traiter et du garnissage utilisé (min⁻¹)

n = Coefficient dépend du garnissage.

k = 0.06 à 20⁰ C.

$$k_T = k_{20}(1,035)^{T-20}.$$

Dans notre cas, la concentration en DBO₅ soluble de l'effluent est de 550 mg/l et la concentration finale est de 275 mg/L pour une température moyenne du liquide de 25°C.

Application numérique :

$$k_{25} = k_{20}(1,035)^{25-20} = 0,047$$

On suppose que la profondeur du filtre soit de 4m et n le coefficient qui dépend du garnissage soit de 0,6.

$$\frac{S_c}{S_0} = e^{\frac{-kD}{q^n}}$$

$$\ln \frac{S_c}{S_0} = \frac{-kD}{q^n}$$

$$q^n = \frac{-kD}{\ln \frac{S_c}{S_0}}$$

$$\ln(q^n) = \ln\left(\frac{-kD}{\ln \frac{S_c}{S_0}}\right)$$

Et donc : $n(q) = \ln\left(\frac{-kD}{\ln \frac{S_c}{S_0}}\right) \Leftrightarrow \ln(q) = \frac{\ln\left(\frac{-kD}{\ln \frac{S_c}{S_0}}\right)}{n}$

Finalemment : $q = e^{\frac{\ln\left(\frac{-kD}{\ln \frac{S_c}{S_0}}\right)}{n}}$

Application numérique : $q = 0,045 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min} \cong 65 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{j}$.

Durant le dimensionnement de la station d'épuration le débit journalier à traiter est de $1200 \text{ m}^3/\text{j}$, donc pour calculer la surface du bio-filtre on utilise cette relation :

$$\text{Surface}_{\text{biofiltre}} = \frac{Q (\text{m}^3 \text{j}^{-1})}{q (\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{j}^{-1})}$$

$$\text{Surface}_{\text{biofiltre}} = 18,46 \text{ m}^2$$

V. 4. 2. Ajout d'un autre bassin biologique :

V. 4. 2. 1. Description :

Nous prévoyons d'intégrer un deuxième bassin biologique, identique au premier, à notre système de traitement des eaux épurées. L'eau traitée sortante du premier bassin biologique sera transférée vers ce deuxième bassin (deux bassins biologiques en série). Pendant le transfert, elle sera diluée avec de l'eau potable afin de réduire la charge en DCO. De plus, nous utiliserons des boues plus performantes, récupérées d'une autre station d'épuration, afin d'améliorer la qualité du traitement dans ce deuxième bassin.

V. 4. 2. 2. Dimensionnement :

Pour le dimensionnement du deuxième bassin biologique, nous utiliserons les mêmes paramètres que ceux du premier bassin. Cela est justifié par le fait que la charge en DCO entrante dans le deuxième bassin sera presque égale à la charge en DCO initialement prévue à l'entrée du premier bassin lors du dimensionnement de la station d'épuration ou la charge en DCO entrante était de 1000 KgDCO/jour.

V. 4. 2. 3. Avantages et inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Réduction importante de la DCO et amélioration de l'efficacité du traitement.	Coût initial élevé et augmentation des coûts opérationnels.
Flexibilité opérationnelle.	Occupe un espace supplémentaire
Accélération du processus de traitement à cause des boues performantes provenant d'une autre STEP.	Complexité de gestion
	Fonctionnement optimal difficile

V.5. Conclusion :

Ce chapitre a exploré en détail les caractéristiques de l'eau épurée issues de la station d'épuration, mettant en lumière les défis posés par la présence de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) élevée. Deux solutions principales ont été proposées pour répondre à ce défi : la mise en place d'un bio-filtre en amont et l'implantation d'un deuxième bassin biologique de dimensions identiques à celui existant dans la STEP.

D'une part l'installation d'un biofiltre constitue une première ligne de défense efficace en réduisant la charge de DCO avant l'entrée dans le bassin biologique principal. Cette approche permet de stabiliser et d'améliorer la qualité de l'eau traitée en amont du processus biologique, tout en optimisant les performances globales de la station d'épuration.

D'autre part, l'ajout d'un deuxième bassin biologique permet non seulement d'augmenter la capacité de traitement de la STEP, mais également de distribuer plus efficacement la charge organique entre les différents bassins. Cette duplication permet d'améliorer la résilience du système face aux fluctuations de charge et d'assurer une meilleure efficacité globale du traitement de l'eau.

Conclusion générale

En réponse aux impératifs environnementaux croissants et aux exigences réglementaires strictes, NCA Rouïba a entrepris l'installation d'une station d'épuration interne pour traiter les eaux de process de son usine. Cette initiative illustre la nécessité pour les entreprises industrielles de s'adapter aux nouvelles normes de gestion des rejets liquides, contribuant ainsi à la protection des ressources en eau et à la préservation de l'environnement.

Le traitement des eaux usées, en particulier dans l'industrie agro-alimentaire, implique une compréhension approfondie des paramètres de pollution et des méthodes de traitement. Dans ce cadre, l'étude menée a permis de mettre en lumière les défis spécifiques liés à la surcharge de la Demande Chimique en Oxygène (DCO). Face à ce problème, trois solutions ont été envisagées. La première solution consistait à augmenter le temps de séjour, tandis que la deuxième visait à augmenter le temps de sédimentation. Cette dernière solution a montré des résultats prometteurs, réduisant la concentration de DCO de sortie de 1400 mg/L à environ 350 mg/L. Cependant, une troisième solution, qui améliore la qualité des boues, a été retenue pour ses résultats à long terme.

Dans le cadre de la réutilisation de l'eau épurée, une caractérisation précise des effluents traités a été effectuée. Les résultats ont montré que, bien que la majorité des paramètres soient conformes aux normes, les niveaux de DCO, de Demande Biologique en Oxygène (DBO) et de Matières en Suspension (MES) restaient élevés. Pour remédier à cette situation, deux solutions ont été proposées : l'installation d'un bio-filtre ou l'ajout d'un deuxième bassin biologique. Les dimensions de ces équipements ont été soigneusement calculées pour assurer une réduction efficace de la charge polluante.

En conclusion, cette étude démontre l'importance d'une gestion proactive et optimisée des eaux usées industrielles. L'implémentation des solutions identifiées a permis de non seulement améliorer la qualité des effluents traités, mais aussi de se conformer aux normes environnementales. La mise en place de ces pratiques constitue des étapes cruciales vers une gestion durable des ressources en eau. Ces démarches, basées sur une analyse rigoureuse et une approche méthodique, peuvent servir de modèle pour d'autres installations industrielles cherchant à répondre aux exigences environnementales et à optimiser l'utilisation des ressources hydriques

Références Bibliographique

- [1] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), .Water Use and Water Efficiency., FAO, 2020.
- [2] United Nations World Water Development Report, Water and Climate Change., United Nations World Water Development Report, 2020.
- [3] Journal Officiel de la République Algérienne, "Décret exécutif n° 06-141, 2006.
- [4] Journal Officiel de la République Algérienne. , Décret exécutif n° 09-209, 2009.
- [5] WATERLEAU, NCA Rouïba Wastewater Treatment Plant Design, WATERLEAU, 2021.
- [6] [En ligne]. Available: :<https://rouiba.com.dz/>.
- [7] B. M.N, « the history of water purification from the earliest records to the twentieth century,» chez *the quest for pure wate*, amirican water works association, 1981.
- [8] G. B. F. S. H. Tchobanoglous, «wastewater engineering,» chez *treatment and resource recovery* , Mcgraw Hill education , 2013.
- [9] S. Qasim, «planning , design and operation,» chez *wastewater Treatment plants* , CRC press, 1998.
- [10] «Paramètres en station d'épuration,» 1H2O3, 2012. [En ligne]. Available: <https://www.1h2o3.com/apprendre/parametres-eaux-usees/parametres-utilises-station-epuration/>.
- [11] GROSCLAUDE.G, «Usage et polluants,» chez *L'eau*, 1999.
- [12] L. Y, «les eaux usées et leur épuration,» 2010.
- [13] Mittal, «Treatment of Wastewater from Dairy and Food Processing Industries,» chez *Food and Bioproducts Processing* , 2006, pp. 97-104.
- [14] R. J, «Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer,» chez *L'analyse de l'eau*, Dunod Paris , 2005.
- [15] R. F, «aspects réglementaires et techniques,» chez *Analyse de l'eau*, Centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine, 2005.
- [16] «Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,» 2017.
- [17] S. C. Chapra, «Surface Water-Quality Modeling,» Waveland Press, 2008.
- [18] H. M.J, *Water and Wastewater Technology*, 2015.
- [19] V. P. e. al, *Wastewater Treatment Plant Design*, 2013.
- [20] G. C. e. al, *Biological Wastewater Treatment*, 2011.

- [21] R. F, Analyse des eaux, Ressource par l'éducation nationale, 2002.
- [22] Environmental Protection Agency (EPA). , 2020.
- [23] American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). , *American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF)*. , 2017.
- [24] D. SUEZ, « Mémento technique de l'eau,» Edition technique et documentation Lavoisier. Paris, 2005.
- [25] G. & A. T. Daigger, «Planning, Design, and Operation. Boca Raton, FL,» chez *Wastewater Treatment Plants*, CRC Press., 2011.
- [26] G. & B. J. Lofrano, «A history of Mankind. Science of The Total Environnement,» chez *Wastewater Management through the Ages*, october2010.
- [27] M. d. P. d. F. d. : . Hydraulique, «École Nationale Polytechnique,» 2017. [En ligne]. Available: <http://repository.enp.edu.dz/xmlui/handle/123456789/8722>).
- [28] O. M. S, Procédés unitaires biologique de traitement des eaux, 2001.
- [29] R. F, Elément d'écologie appliquée, paris: Dunod, 2000.
- [30] P. H. S, «Environmental; engineering,» chez *series in water resources and environmental*, McGraw-Hill, 1985.
- [31] La Rédaction, «Comprendre le fonctionnement d'une station d'épuration : explications et processus,» umvie, 5 juillet 2023. [En ligne]. Available: <https://umvie.com/comprendre-le-fonctionnement-dune-station-depuration-explications-et-processus/>.
- [32] K. M. K. N. ,. J.-L. S. M. L. Jean-François Blais, «Les mesures d'efficacité énergétique pour l'épuration des eaux usées municipales,» chez *Les mesures d'efficacité énergétique électrique dans le secteur de l'eau*, 1994.
- [33] C. P. L. I. Kwon J.Y, « Removal of residual COD in biologically treated paper mill effluent and degradation of lignin using nonthermal plasma unit,» chez *ournal of Environmental Science and Health*, 2004, pp. 1853-1865.
- [34] Lenntech , «water treatment solution,» Lenntech , 2016. [En ligne]. Available: https://www.lenntech.fr/contact/feedback-fr.htm?ref_title=Accueil.
- [35] A. .S, adsorption-définitions et explications, Thechno-Science.net, 2009.
- [36] W. Eckenfelder Jr, Industrial Water Pollution Control, New York: McGraw-Hill., 2000.
- [37] L. Spinosa, Sludge into Biosolids: Processing, Disposal, Utilization, 2015.
- [38] S. B. SATIN M, « 2ème édition.,» chez *Guide technique de l'assainissement,*, paris, Le Moniteur., 1999, p. 680.

- [39] M. G. Atlan, «Les boues d'épuration et leurs perspectives de gestion en Île-de-France,» la commission Agriculture, environnement, Ruralité, Île-de-France.
- [40] M. & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.*, McGraw-Hill., 2003.
- [41] Reuse of Treated Wastewater in Agriculture: Potential Benefits and Risks, World Health Organization (WHO), 2006.
- [42] International Water Management Institute, «Assessing and Mitigating Risk in Low-Income Countries,» chez *Wastewater Irrigation and Health*, International Water Management Institute, 2008.
- [43] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), *Guidelines for Water Reuse*, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2012.
- [44] I. W. R. a. *Recycling*, S.Wiley, 2013.
- [45] National Research Council, « Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater,» chez *Water Reuse*, National Research Council, 2012.
- [46] UNESCO, *Artificial Recharge of Groundwater*, UNESCO, 2003.
- [47] Construction Management and Economics, « Strategies for Sustainability,» chez *Construction Industry Use of Water*, Construction Management and Economics, 2015.
- [48] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), *Guidelines for Water Reuse*, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2012.
- [49] N. R. Council, *Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater*, National Research Council, 2012.
- [50] U.S. Environmental Protection Agency (EPA) , *Guidelines for Water Reuse*, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2004.
- [51] G. & B. F. L. Tchobanoglous, «Treatment, Disposal, and Reuse,» chez *Wastewater Engineering*, McGraw-Hill., 1991.
- [52] S.wiley, *Biogas from Waste and Renewable Resources*, VCH, 2008.
- [53] A. D. –. M. Biogas, «Anaerobic Digestion – Making Biogas-Making Energy,» chez *The Earthscan Expert Guide*, Earthscan, 2010.
- [54] International Water Association (IWA), *Use of Reclaimed Water and Sludge in Food Production*, International Water Association (IWA), 2002.
- [55] *Land Application of Sewage Sludge and Biosolids*, CRC Press, 2010.
- [56] T. & Francis, *Sustainable Construction Materials and Technologies*, 2007.
- [57] *Journal of Environmental Management* , « An Industrial Solution for Waste Management,» chez *Sewage Sludge in Brick Making*, 2012.

- [58] L. & G. J. Otten, «Agricultural use of wastewater sludge,» *Environmental Management*, 2005, pp. 118-129.
- [59] New age international publishers, *Hydrology: Principles, Analysis, and Design*, 2006.
- [60] C. E. boyd, *Water Quality: An Introduction*, springer, 2020.
- [61] M. J. & H. J. M. J. (. W. a. W. T. (. E. P. • Hammer, «6th Edition).,» chez *Water and Wastewater Technology*, Pearson, 2008, pp. 352-354.
- [62] M. & Eddy, « Treatment and Reuse (4th Edition),» chez *Wastewater Engineering* , McGraw-Hill, 2003, pp. 573-575.
- [63] G. T. H. D. S. R. T. F. L. B. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, McGraw-Hill Education, 2013.
- [64] F. R. spellman, *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*, CRC Press , 2014.
- [65] M. M. Benjamin, *Water chemistry*, Waveland Press, 2006.
- [66] Water Environment Federation, American Society of Civil Engineers , *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants*, McGraw-Hill Education, 2009.
- [67] Water environnement federation , *Sludge Age and Its Importance in Activated Sludge Processes*, 2008.
- [68] B. R. Craig, *Activated Sludge Separation Problems: Theory, Control Measures, and Troubleshooting*, water environment Research Foundation , 2015.
- [69] G. Chen, M. C. v. Loosdrecht, D. Brdjanovic et G. A. Ekama, *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design*, juillet 2023.
- [70] S. J. M. Mackenzie L. Davis, *Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice*, McGraw-Hill Education, 2010.
- [71] M. L. Davis, *Principles of Water and Wastewater Treatment Processes*, CRC press, 2012.
- [72] APHA (American Public Health Association), AWWA, WEF, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Washington, Dc: American PublicHealth Association. Ph, 2017.
- [73] S. W. J. D. & Hermanowicz et J. Standeven, *Water Analysis: A Practical Guide to Physico-Chemical, Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance*. Berlin: Springer-Verlag. condu, 1999.
- [74] Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*,, New York: McGraw-Hill., 2014.
- [75] H. S. e. F. Courtel., *Traitement des eaux usées : Techniques et procédés.*, Lavoisier,, 2005.

- E. H. Y. F. G. Z. L. & Z. R. J. Hernandez-Sanabria, "Modeling microbial ecosystems: Recent advances in the microbial carbon utilization and biogeochemical process models, Environmental Engineering Science,, 2013.
- [76]
- [77] ". Q. A. Introduction.

ANNEXES

Annexe (01) : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Décret exécutif N°06-141 du 20 Rabie-El-Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 Définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels)

**ANNEXE I
VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS**

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

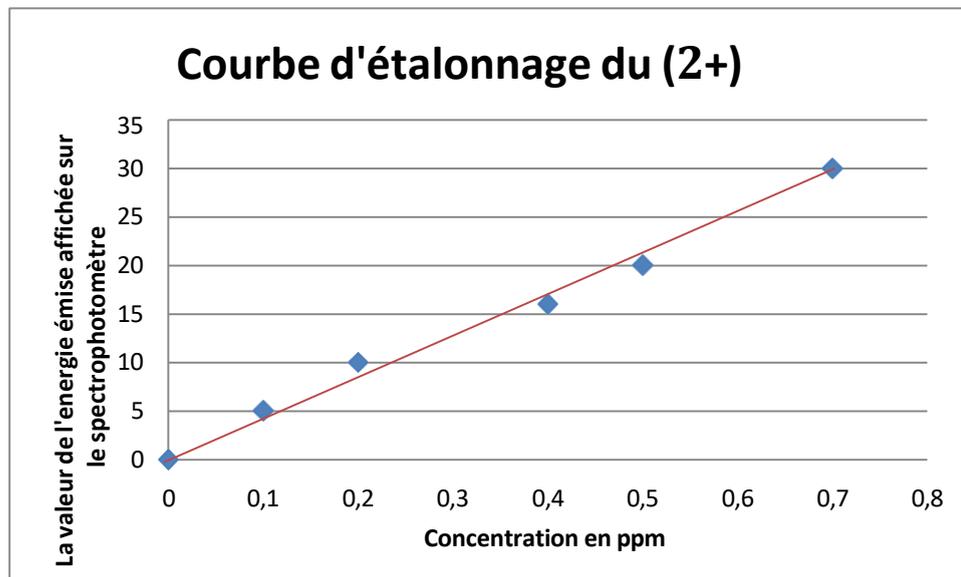
PH : Potentiel d'hydrogène

DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours

DCO : Demande chimique en oxygène

MES : Matière en suspension

Annexe (02) : Courbe d'étalonnage du Ca^{2+} :



Annexes (03) : Courbe d'étalonnage du Na^+ :

