

Année Universitaire : 2020-2021

**Master Sciences et Techniques GMP
Génie des Matériaux et des Procédés**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

**Etude de la performance de la STEP d'une
industrie agroalimentaire (CBGN)**

Présenté par :

EL ALLOUCHE YASSINE

Encadré par :

**Pr. EL ASRI MOHAMMED, FST Fès
Mr. EL KHAMMAR FAHMI, CBGN**

Soutenu Le 16 Juillet 2021 devant le jury composé de :

- **Pr. EL ASRI Mohammed**
- **Pr. MELIANI Abdeslam**
- **Pr. BOULAHNA Ahmed**

Stage effectué à : CBGN à Fès

2020/2021

Master Sciences et Techniques : Génie des Matériaux et des Procédés

Nom et prénom : EL ALLOUCHE YASSINE

Titre : Etude de la performance de la STEP d'une industrie agroalimentaire (CBGN)

Résumé

Dans le but de répondre aux besoins de l'industrie agro-alimentaire en matière de traitement des eaux usées, la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord (CBGN) a installé une STEP pour traiter ses effluents.

Dans ce cadre, mon travail au sein de la STEP de la CBGN, nous sommes intéressés à l'étude de la performance de cette dernière en utilisant quelques analyses telles que le pH, DCO et DBO5. On a effectué une comparaison entre recirculation des boues de 10% et 12%. Enfin on a donné une identification du meilleur rendement de recirculation.

Mots clés : Traitement des eaux usées industrielles, STEP CBGN.

Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à remercier Monsieur le Doyen de la Faculté des Sciences et Technique de Fès, qui déploie tout son savoir et ses compétences au profil de l'enseignement et de la recherche scientifique. Je lui sais infiniment gré m'avoir autorisé de soutenir ce travail.

Ma profonde gratitude ainsi que mes sincères remerciements à **Mr. KHOUATI Mohammed**, le Directeur d'exploitation de la CBGN pour m'avoir accordé l'opportunité d'effectuer ce stage de projet de fin d'études au sein de cet honorable établissement.

La responsable de qualité, **Mr. FAHMI EI KHEMMAR** qui m'a aidé à réaliser cette étude et fait de son mieux pour que la période de stage soit intéressante, agréable et fructueuse.

Mes remerciements anticipés à **Mr. OULMEKKI Abdellah**, professeur responsable de la formation, pour tous ses énormes efforts déployés afin de réussir cette formation.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon encadrant, **Pr. EL ASRI Mohammed**, pour avoir régulièrement suivi et guidé la réalisation de ce travail, son entière disponibilité ainsi que ses fructueux conseils et qui ont facilité l'avancement de ce travail.

Mes profondes et vives reconnaissances s'adressent aussi aux membres de jury : **Pr. EL ASRI.M, Pr. MELIANI.A** et **Pr. BOULAHNA.A** d'avoir accepté le jugement de ce modeste travail.

Je remercie tous les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

A mon cher père

Que ce modeste travail soit l'exaucement de votre vœux tant formulés, le fruit de votre innombrables sacrifices, bien que je ne te en acquitterai jamais assez.

A ma très chère mère

Honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes grands-parents

Pour vos encouragements et votre confiance en moi

A monsieur le professeur BILAL BEN MAHRIA

A mes précieux amis Zineb, Bilal linux, Simo, Adil, Jahloul, Omar, Abderrazak, Abdessamad, Youssef, Aissam, Amal...

A toute la famille EL ALLOUCHE, EL MOUNTASSER et AIT OUJDID

Pour tout le soutien que vous m'avez offert, je vous dis MERCI

YASSINE

Liste des tableaux

Tableau 1:Caractéristiques des effluents bruts pris en compte lors du dimensionnement	21
Tableau 2: Normes marocaines pour les rejets des eaux épurées	21
Tableau 3: Normes de Coca Cola pour les rejets des eaux épurées [4]	21
Tableau 4 : Moyenne des valeurs trouvées à la sortie de la STEP avec 10% et 12% de recirculation des boues	37

Liste des figures

Figure 1 : Différentes étapes du processus de traitement de l'eau de process	5
Figure 2 : Schéma représentatif de la STEP du CBGN	10
Figure 3 : Dégrilleur grossier de la STEP de la CBGN	11
Figure 4 : tamis fin de la STEP de la CBGN	12
Figure 5 : bassin d'homogénéisation (à gauche) et (à droite) les supprimeurs du bassin d'homogénéisation	13
Figure 6 : bassin de répartition de la STEP de la CBGN	13
Figure 7 : réacteur biologique 2 de la STEP de la CBGN	15
Figure 8 : à gauche le flottateur à droite la séparation de l'eau traitée des boues	16
Figure 9 : bassin de désinfection de la STEP de la CBGN	17
Figure 10 : pompes d'extraction des boues	19
Figure 11 : centrifugeuse des boues séparées de la STEP de la CBGN	19
Figure 12: bac des boues déshydratées	19
Figure 13: DBO5 Oxydirect E001	23
Figure 14: Thermostats LT 200 Spectrophotomètre SPM. DR 2800	24
Figure 15: Variation de la température dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10%	26
Figure 16: Variation du pH dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10 %	27
Figure 17: Variation de la MES dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10%	28

Figure 18: Variation de la DCO dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10 %	29
Figure 19: Variation de la DBO5 dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10 %	30
Figure 20: Variation des NTK dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10 %	31
Figure 21: Variation du phosphore total dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10 %	32
Figure 22: Variation de la MES dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 12%	33
Figure 23: Variation de la DCO dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 12 %	34
Figure 24: Variation de la DBO5 dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 12 %	35
Figure 25: Variation de NTK dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 12 %	36
Figure 26: Evolution du phosphore total dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 12 %	37

Liste des abréviations

C.B.G.N : compagnie des boissons gazeuses du nord

NABC : North Africa Bottling Company

PET : polyéthylène et téréphtalate

MES : matière en suspensions

DCO : demande chimique en oxygène

DBO₅ : demande biologique en oxygène mesurée pendant 5 jours

NTK : l'azote total

PT : phosphore total

T° : température

STEP : Station d'épuration

V : volume

Sommaire

INTRODUCTION	1
Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise	3
1 Présentation de la CBGN :	3
1.1 Historique de la CBGN	3
1.2 Identification de la CBGN	3
1.3 Mission de la CBGN	4
1.4 Activités de la CBGN	4
1.5 Produits fabriqués :	4
2 Présentation des unités de production	4
2.1 Traitement d'eau de process	4
2.1.1 Chloration de l'eau :	5
2.1.2 Coagulation et floculation :	5
2.1.3 Filtration sur filtre à sable :	5
2.1.4 Décarbonatation de l'eau :	5
2.1.5 Stockage dans le 2ème bassin :	5
2.1.6 Filtration sur charbon actif :	5
2.1.7 Filtration sur filtres polisseurs :	5
2.1.8 Adoucissement de l'eau :	6
2.2 La siroperie :	6
2.2.1 Préparation du sirop simple :	6
2.2.2 Préparation du sirop fini :	6
2.3 L'embouteillage :	6
2.3.1 La ligne de bouteille en verre :	6
2.3.2 La ligne de bouteilles en PET (polyéthylène et téréphtalate) :	7
2.4 Emballage et stockage des produits finis :	7
Chapitre 2 : Station d'épuration des eaux usées de la C.B.G.N	9
1 Sources et type de pollution générée par la CBGN :	9
2 Descriptif du procédé du traitement des effluents à la CBGN:	10
2.1 Pré-traitements :	11

2.1.1	Dégrillage :	11
2.1.2	Le tamisage :	11
2.2	Traitement primaire :	12
2.2.1	Homogénéisation :	12
2.2.2	Répartition :	13
2.3	Traitement secondaire (biologique) :	14
2.4	Traitement tertiaire :	15
2.4.1	Floculation :	15
2.4.2	Clarification :	16
2.4.3	Désinfection de l'effluent :	17
2.4.4	Évacuation de l'eau traitée :	18
2.5	Traitement de la boue :	18
2.5.1	Extraction et recirculation des boues biologiques :	18
2.5.2	Extraction et déshydratation des boues biologiques :	18
3	Bases du choix du type de traitement biologique par boues activées :	20
3.1	Dimensionnement et étude d'impact de la station de la CBGN :	20
Chapitre 3 : étude du traitement des effluents résiduaire de la CBGN 22		
1	Introduction.....	22
2	Matériel et méthodes.....	22
2.1	Température.....	22
2.2	pH.....	22
2.3	Matières en suspension (MES) :	23
2.4	Demande Biochimique en Oxygène DBO [6].....	23
2.5	Demande chimique en oxygène DCO [6].....	24
2.6	Détermination de l'azote total (NTK) : [6].....	24
2.7	Détermination du phosphore total [6] :.....	25
3	Etude de la performance de la STEP.....	26
3.1	Résultats et discussion.....	26
3.1.1	Température.....	26
3.1.2	pH.....	27
3.1.3	Matières en suspension (MES).....	28
3.1.4	Demande chimique en oxygène (DCO).....	29
3.1.5	Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	30
3.1.6	Azote total de kjeldahl (NTK).....	31
3.1.7	Phosphate total :.....	32

3.1.8	Matière en suspension (MES) :	33
3.1.9	Demande chimique en oxygène (DCO)	34
3.1.10	Demande biochimie en oxygène (DBO ₅).....	35
3.1.11	Azote total de kjeldahl (KTN).....	36
3.1.12	Phosphate total	37
	Conclusion générale	38

INTRODUCTION

Les accroissements démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale telles que la production d'eaux usées souvent rejetées dans le milieu récepteur (mer, rivières, sols) sans aucun traitement préalable et qui provoque par la suite la dégradation de la qualité physico-chimique et biologique de ce milieu et génère de nombreuses maladies hydriques.

La dépollution des eaux usées et l'assainissement des réserves d'eau potable sont aujourd'hui une préoccupation majeure à l'échelle mondiale. Au Maroc seuls 8 % des eaux usées sont épurées, 52% sont déversées directement dans la mer et 32% sont déversées dans le réseau hydrographique et les fosses septiques. Ce qui entraîne une pollution importante du littoral, des cours d'eau et des nappes phréatiques. [1]

A Fès, la gestion des déchets liquides ne cesse de s'accroître. Dans cette ville, la pollution engendrée par le secteur industriel est plus importante. Le débit des eaux usées industrielles et domestiques est d'environ 105000 m³/j, la charge polluante de 1.200000 équivalent-habitants et la quantité de matière organique de 70 tonnes de DBO₅ /jour. Ces effluents sont directement rejetés dans la rivière de Sebou sans aucun traitement préalable. Par conséquent, ils provoquent une dégradation physico-chimique et biologique de l'écosystème aquatique de cette rivière par la présence des substances toxiques. [1]

Dans le but de répondre aux besoins de l'industrie agro-alimentaire en matière de traitement des eaux usées, la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord de Fès (CBGN) s'utilise le procédé de traitement biologique par boues activées pour traiter ses effluents caractérisés par une forte pollution organique à base de sucre et qui nécessite un traitement extensif avant le rejet dans le milieu récepteur.

Dans ce cadre, mon stage au sein de la STEP de la CBGN consiste, d'une part, à faire un suivi des différentes étapes de traitement des effluents CBGN et de déterminer le rendement épuratoire de ces différentes étapes et d'autre part, de faire une étude de coagulation- floculation

sur l'effluent brut en utilisant deux types de coagulants à savoir le chlorure ferrique et le sulfate ferrique, effectuée à la faculté des sciences et techniques de Fès.

Le présent travail est réparti en 3 chapitres :

- 1^{er} chapitre : présentation de la compagnie des boissons gazeuse du nord et des différentes étapes de production.
- 2^{ème} chapitre : présentation de la station d'épuration des eaux résiduaires de la CBGN et des différentes étapes de traitement.
- 3^{ème} chapitre : une étude de la performance de la STEP en se basant sur la qualité du rejet final par rapport aux normes de rejets de la CBGN.

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise

Dès 1947, La coca Cola Compagnie a pénétré le marché marocain par l'intermédiaire des soldats américains en poste à Tanger, qui ont importé les premières bouteilles sur le marché. Les premières machines d'embouteillage sont ensuite arrivées sur le sol marocain par le biais des bateaux de la Navigation américaine, présents dans la mer méditerranée. Puis des usines se sont peu à peu établies au Maroc : Tanger, Casablanca, Fès, Oujda, Marrakech, Agadir et Rabat.

1 Présentation de la CBGN :

1.1 Historique de la CBGN

- Créée en 1952, la CBGN a été implantée à la place de l'actuel hôtel SOFIA.
- En 1971, elle fût transférée au niveau du quartier industriel Sidi Brahim.
- Durant ces années et jusqu'à 1987, la CBGN ne fabriquait que Colca Cola et Fanta Orange.
- En 1991, lancement des bouteilles en plastiques.
- En 1997, la société a acquis l'unité SIM dans le but d'augmenter sa part de marché et de générer des profits supplémentaires.
- Après deux ans, la compagnie a été achetée par « The Coca-Cola holding»
- En 2002, le groupe ECCBC (Equatoriale bottling compagnie) achète la CBGN.
- Aujourd'hui, la CBGN dispose d'un site de production avec deux lignes : une ligne en verre et une ligne en PET et son territoire comprend des centres de distribution : Fès, Er-rachidiaa, Sidi Slimane, Khenifra et des dépôts stratégiques : Azrou, Timahdet, Midelt , Boumia, Arfoud, Ain aicha.

1.2 Identification de la CBGN

- **Forme juridique** : société anonyme
- **Siège sociale** : quartier industriel Sidi Brahim Fès
- **Boîte postale** : 2284

- **Téléphone** : 0535 96 50 00
- **Capital** : 3 720 000 Dh
- **N° de patente** : 13245421
- **N° d'identification fiscale** : 102054
- **Directeur d'exploitation** : Mr. KHOUATI Mohammed
- **Superficie** : environ un hectare
- **Limite territoriale** : région de centre
- **Norme de personnel** : 240 permanents (atteint 350 dans la haute saison)

1.3 Mission de la CBGN

La CBGN est dotée de 2 sites, une chargée à la fois de la production et l'autre de la distribution. Ses missions sont :

- La mise en bouteille et la commercialisation de coca-cola sur Fès et ses environs.
- L'assurance de la disponibilité de Coca-Cola dans les 6 centres de distribution.
- Le respect des prix au niveau des points de vente.

1.4 Activités de la CBGN

- L'achat du concentré de la boisson.
- La production et la mise en bouteille.
- La commercialisation et la distribution des produits.
- L'exécution de commande, le stockage de la marchandise et l'assortiment des points de vente.

1.5 Produits fabriqués :

La CBGN fabrique des boissons gazeuses de différents goûts (Coca-Cola, Sprite...) (PET, verre) et volumes (20cl, 30cl, 1L, 1.5L....)

2 Présentation des unités de production

2.1 Traitement d'eau de process

Suite à la politique du groupe NABC et ses engagements de garantir à ses clients un produit qui respecte les normes de qualité, toutes les matières utilisées par les processus de fabrication doivent suivre les normes d'hygiène.

Les étapes du traitement des eaux

2.1.1 Chloration de l'eau :

Cette première étape de désinfection s'impose pour réduire le nombre des germes pathogènes qui se trouvent dans l'eau par ajout de l'eau de javel (hypochlorite de sodium NaClO) entre 1 et 3 ppm.

2.1.2 Coagulation et floculation :

L'eau reçoit un réactif (sulfate d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) destiné à provoquer l'agglomération des particules en suspension en agrégats floconneux facilement décantables.

2.1.3 Filtration sur filtre à sable :

Cette étape est montée juste après l'injection du coagulant pour diminuer le taux de la turbidité de l'eau

2.1.4 Décarbonatation de l'eau :

Grâce à une résine échangeuse d'ions (RCOOH), les bicarbonates de calcium et de magnésium contenus dans l'eau échangent leurs cations par de l'hydrogène avec formation de CO_2 . Ainsi, on réduit le taux d'alcalinité de l'eau.

2.1.5 Stockage dans le 2ème bassin :

L'eau issue du décarbonateur est stockée dans un deuxième bassin où une injection du chlore est réalisée (entre 1 et 3 ppm).

2.1.6 Filtration sur charbon actif :

Sert à éliminer le chlore et les substances sapides et odorantes susceptibles de donner un goût anormal au produit par adsorption sur charbon actif.

2.1.7 Filtration sur filtres polisseurs :

Consiste à éliminer les particules du charbon ou de sables susceptibles d'échapper du filtre à charbon ou du filtre à sable.

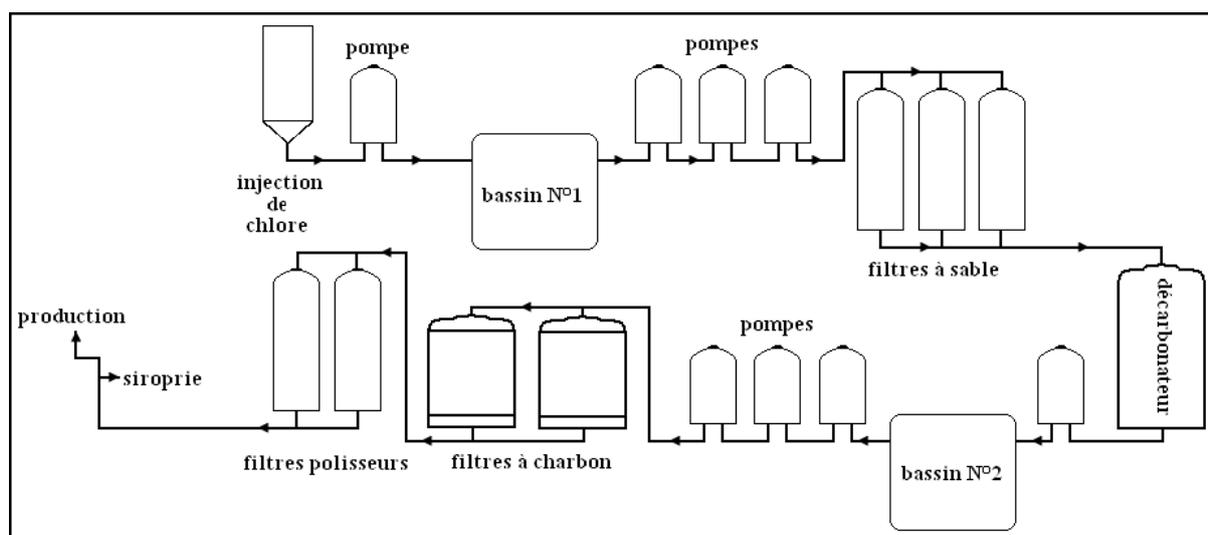


Figure 1 : Différentes étapes du processus de traitement de l'eau de process

2.1.8 Adoucissement de l'eau :

L'adoucisseur possède une résine de type R-Na échangeuse d'ions qui permet de diminuer la dureté de l'eau à 98% par échange des ions Mg^{2+} et Ca^{2+} contre Na^+ pour éviter la formation du calcaire $CaCO_3$. L'eau adoucie est utilisée par la suite au niveau des chaudières et des laveuses de bouteilles.

2.2 La siroperie :

L'étape de préparation de sirop est découpée en deux étapes :

2.2.1 Préparation du sirop simple :

Un mélange de l'eau traitée et de sucre tamisé est soumis à $T^{\circ}= 80^{\circ}C$ pendant 40min dans une cuve, dite contimol, à circuit fermé pour favoriser la dissolution complète du sucre, on obtient le « sirop simple » qu'on pasteurise à une température de $85^{\circ}C$. Ensuite, le sirop est clarifié par ajout de quantités bien définies du charbon actif en poudre pour éliminer les impuretés et les mauvaises odeurs. Ces particules de charbon et les MES sont ensuite éliminés par filtration, le sirop est par la suite refroidi à $20^{\circ}C$ avant d'être stocké.

2.2.2 Préparation du sirop fini :

Le sirop simple est mélangé avec des concentrés de base et des ingrédients, selon la boisson désirée, pour donner finalement un mélange nommé le sirop fini.

Sanitation

Pour obtenir un sirop conforme aux normes prédéfinies d'hygiène et de qualité, une opération de sanitation et de nettoyage s'impose pour détruire toutes les bactéries pathogènes des surfaces en contact avec le sirop. Le nettoyage des cuves de sirop fini est effectué chaque fois qu'il y a changement de produit ou épuisement du sirop.

2.3 L'embouteillage :

C'est la mise en bouteille de la boisson et toutes les opérations qui en découlent. On distingue dans ce processus deux types de lignes de production : une pour les bouteilles en verre et l'autre pour les bouteilles en PET (polyéthylène téréphtalate).

2.3.1 La ligne de bouteille en verre :

Dépalitisation et décaissement :

Dépalitisation c'est l'action de mettre les caisses, chargées de bouteilles vides en verre, sur le convoyeur qui les achemine vers la décaisseuse permettant d'enlever les bouteilles des caisses et de les poser sur un autre convoyeur qui alimente la laveuse.

Lavage de bouteilles : s'effectue alors selon les étapes suivantes :

- ❖ **Lavage à la soude :** deux bains sont utilisés pour enlever les étiquettes et pour la stérilisation. Le premier contient de l'eau chaude et la soude caustique (2 à 2.5 %) et le deuxième bain sodique (2 à 2.5 %) à $75^{\circ}C$

- ❖ **Pré-rinçage** : par deux bains d'eau chaude afin de débarrasser les bouteilles de tout résidu de soude.
- ❖ **Rinçage** : final par l'eau froide et chlorée pour assurer la propreté et la stérilisation.

Inspection des bouteilles lavées :

- ❖ **Mirage vide** : pré inspection visuelle des bouteilles lavées pour enlever celles présentant un certain défaut (bouteilles sales, ébréchées, très usées, contenant des traces de soude...)
- ❖ **Inspection automatique** : pour détecter les bouteilles présentant l'un des défauts cités ci-dessus et qui sont difficiles à vérifier par l'œil nue.

Préparation de la boisson :(carbonation et refroidissement)

Mélange du sirop fini à l'eau traitée et CO₂ dans un mixeur pour obtenir un produit fini carbonaté et refroidi : la boisson gazeuse.

Soutirage et bouchage de la boisson :

La soutireuse assure le remplissage automatique des bouteilles par la boisson et la boucheuse assure le bouchage de chaque bouteille remplie.

Codage des bouteilles :

Indique la date de production, de préemption ou d'expiration, numéro de la ligne de production et de la première lettre de la ville où l'usine est installée.

Mirage plein :

Inspection des bouteilles pour éliminer celles qui sont mal remplies ou mal bouchées.

Etiquetage :

L'étiquetage est l'habillage de la bouteille par une étiquette contenant toutes les informations sur le produit.

Encaissage :

Les bouteilles remplies passent à travers des convoyeurs vers l'encaisseuse pour les mettre en caisse, et enfin les stocker.

2.3.2 La ligne de bouteilles en PET (polyéthylène et téréphtalate) :

Tout d'abord, les préformes (forme initiale des bouteilles) sont chauffés dans un four à lampes infrarouges ($140 < T \text{ (}^\circ\text{C)} < 180$) et introduites par la suite dans des moules où ils sont soufflées avec une forte pression de 40 bars et transformées à la forme désirée. Les bouteilles sont ensuite refroidies et envoyées grâce à un convoyeur à air vers la rinceuse pour la stérilisation.

Après rinçage, les bouteilles suivent la même procédure que pour les bouteilles en verre : la soutireuse, la boucheuse, le codage, le mirage plein, l'étiquetage et la stricheuse.

2.4 Emballage et stockage des produits finis :

Encaissement des bouteilles en verre dans des caisses en plastique et les bouteilles en PET sont plastifiées et rangées en paquets, les deux produits sont manutentionnés par la suite vers le magasin produit fini à partir duquel commencera la distribution.

Remarque :

Un service « contrôle de qualité » est chargé de contrôler le processus de fabrication des boissons gazeuses du début jusqu'à obtenir une boisson prête à être consommée « boisson qui répond aux normes de qualité ». Le service est chargé aussi de l'étalonnage des différents appareils existant dans le laboratoire et veille sur leur bon fonctionnement.

Chapitre 2 : Station d'épuration des eaux usées de la C.B.G.N

La ville de Fès, principale agglomération sur le bassin de Sebou, étendue sur une superficie de 10.000 hectares, génère avec sa population d'un million d'habitants, son parc industriel diversifié de 400 unités (2ème rang national) en plus de ses ateliers d'artisanat une pollution conséquente qui engendre une panoplie de préjudices pour l'économie de la région, soit 40% de la pollution totale du bassin de Sebou. [2].

Dans le cadre du respect des législations et la prise de conscience environnementale, la CBGN a travaillé dans le respect de son milieu environnant. Au sein de ce contexte, elle a lancé un projet de réalisation d'une station d'épuration assurant le traitement de ses eaux résiduaires avant qu'elles soient versées dans le réseau d'assainissement de la ville de Fès.

1 Sources et type de pollution générée par la CBGN :

L'eau est une matière première essentielle dans la production de boissons gazeuses, avec un usage de 2,5 à 3,5 litres d'eau pour un litre de boisson gazeuse [7], donc 60% d'eau consommée pendant la production est éliminée sous forme de rejets.

L'eau « gaspillée » dans cette industrie provient principalement du :

- ❖ lavage des filtres à sable, à charbon et filtres polisseurs utilisés dans le traitement des eaux de process ;
- ❖ régénération des adoucisseurs et du décarbonateur ;
- ❖ lavage et rinçage des bouteilles en verre (laveuse n° 1 et n° 2) ; Les substances utilisées sont détergentes, chlore et une solution de NaOH à 2.5% ;
- ❖ lavage des équipements de préparation et de filtration du sirop simple ;
- ❖ sanitation des équipements de préparation et de stockage du sirop fini, des mixeurs et des équipements servant au remplissage des bouteilles (conduites et soutireuse) ;
- ❖ lavage du sol : présence d'une très grande quantité des détergents ;
- ❖ laboratoire : les boissons qui restent dans les bouteilles après les analyses.

Les principaux contaminants dans l'effluent sont donc la soude caustique et le saccharose. La soude provient des rejets de lavage des bouteilles en verre et du système de sanitation mis en service après chaque changement de produit et provoque une augmentation du pH ($9 < \text{pH} < 12$), Tandis que le saccharose est généré par l'opération de préparation des sirops.

Cette dernière est l'étape la plus polluante puisque les rejets chargés en sucre causent une augmentation de la DCO et de la DBO₅.

Les effluents dépendent du programme de production et se caractérisent par une variété sur le plan qualitatif et quantitatif en fonction de :

- la durée de fonctionnement des lignes de verre (lavage des bouteilles) ;
- le changement de produits (sanitation des équipements et des conduites en contact avec le sirop fini et le produit fini) ;
- le type de sanitation.

En termes de quantité, l'opération de lavage des bouteilles en verre et les systèmes de sanitation constituent les sources les plus importantes de rejet d'eaux.

Les flux de pollution rejetés sont de moyenne charge ($300 < \text{DCO} < 3000$) et il s'agit essentiellement d'une pollution organique dissoute biodégradable (à base de sucre).

Dans le cadre du respect des législations de la prise de conscience environnementale, la CBGN travaille dans le respect de son milieu environnant. Dans ce contexte, elle a lancé un projet de réalisation d'une station d'épuration assurant le traitement de ses eaux résiduelles avant qu'elles versées dans le réseau d'assainissement de la ville de Fès.

2 Descriptif du procédé du traitement des effluents à la CBGN:

Le traitement choisi est composé de deux filières, une pour le traitement des eaux et l'autre pour le traitement de la boue.

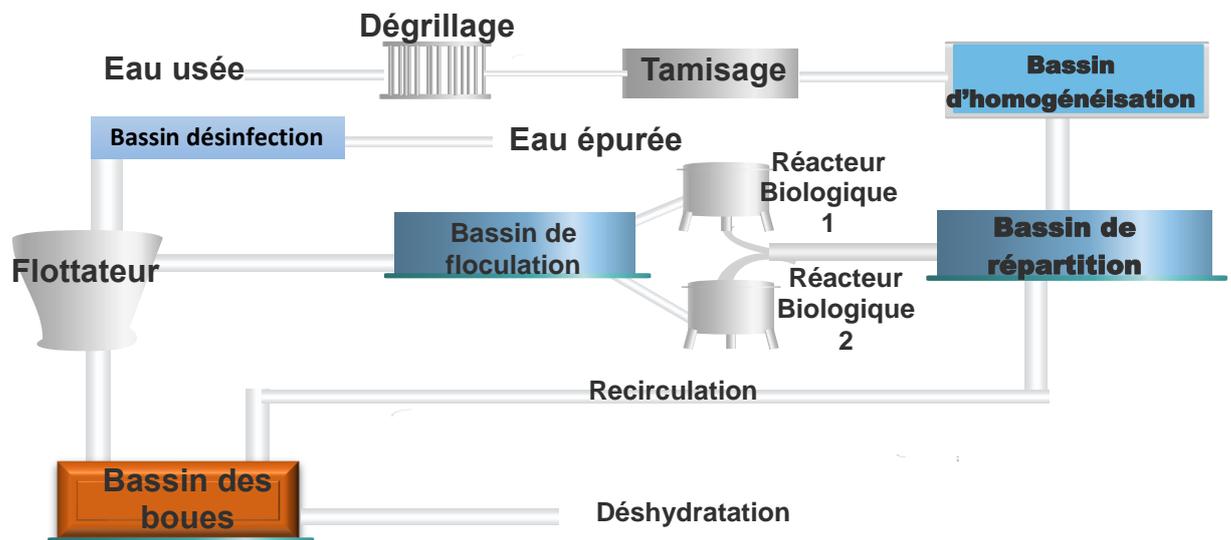


Figure 2 : Schéma représentatif de la STEP du CBGN

2.1 Pré-traitements :

L'étape de prétraitement est une étape cruciale pour un bon fonctionnement du procédé car elle consiste à séparer les éléments solides ou particulaires les plus faciles à retirer des eaux usées et susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements. Il s'agit des déchets volumineux.

Au cours du prétraitement, les eaux industrielles de la CBGN passent par deux étapes : dégrillage et tamisage. Le prétraitement ne comporte ni opération de dessablage (car l'activité de la société ne génère pas des sables et le chemin parcouru par l'eau, de la société à la station de traitement, est court) ni opération de déshuilage (car l'utilisation des graisses est négligeable).

2.1.1 Dégrillage :

Assure la protection des ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets, (papiers, bouchons, matières plastiques, objets divers...) susceptibles de provoquer des débouchages, et de séparer et évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau. Il permet aussi d'éviter le colmatage des pompes de relevage et des canalisations de transfert.



Figure 3 : Dégrilleur grossier de la STEP de la CBGN

Procédé :

- Arrivée par gravité des effluents bruts de la CBGN jusqu'à la fosse N°1.
- Passage des effluents à travers le dégrilleur grossier (figure 3) de la fosse N°1 vers la fosse N°2 de relevage.
- les eaux contenues dans la fosse N°2 sont ensuite relevées jusqu'au niveau du tamis fin.

2.1.2 Le tamisage :

Assuré par un tamis rotatif (400 mm de diamètre et 790 mm de long) cette opération complète le dégrillage et permet de retenir des corps de dimension supérieure à 1mm qui nuisent au fonctionnement des installations. (figure4)



Figure 4 : tamis fin de la STEP de la CBGN

Procédé :

- l'eau qui arrive par pompage de la fosse 2 est tamisée par un tamis rotatif fonctionnant en continu avec un débit de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ et équipé d'un système de nettoyage automatique avec l'eau de la RADEEF.
- l'eau tamisée et dirigée vers le bassin d'homogénéisation. Alors, que les déchets récupérés (refus du tamis fin) sont stockés dans une benne.

2.2 Traitement primaire :

2.2.1 Homogénéisation :

Effectuée dans un bassin d'homogénéisation (figure 5) de capacité de 800 m^3 :

- 200 m^3 de volume fixe : maintien d'une hauteur d'effluent brut dans le bassin pour disposer d'un temps de séjour minimum de 6 heures ;
- 600 m^3 de volume variable : prise en compte des variations de débit estimées dues aux cycles de productions.

Pour homogénéiser l'ensemble des eaux brutes contenues dans le bassin et éviter leur stagnation et l'apparition de nuisances olfactives, le bassin d'homogénéisation est aéré par diffusion d'air du fond du bassin, distribué sur 157 diffuseurs d'air, avec un débit de $2600 \text{ m}^3/\text{h}$ à l'aide de deux supprimeurs (un en marche et l'autre en secours) de type VIBRAIR GM.

La pression de soufflage d'air est de 0,8 Bar. Ces supprimeurs assurent un meilleur rendement de dissolution de l'oxygène.



Figure 5 : bassin d'homogénéisation (à gauche) et (à droite) les suppresseurs du bassin d'homogénéisation

Procédé :

- l'eau tamisée alimente le bassin d'homogénéisation aérée ;
- la régulation de niveau du bassin et son contrôle est assuré par l'installation d'un capteur à ultrasons qui indique le niveau du bassin rempli ;
- une partie de la matière organique facilement biodégradable commence à être éliminée à ce stade.

2.2.2 Répartition :

La régulation du débit, la neutralisation ainsi que l'ajout des nutriments sont réalisés dans un même bassin appelé bassin de répartition (figure 6).

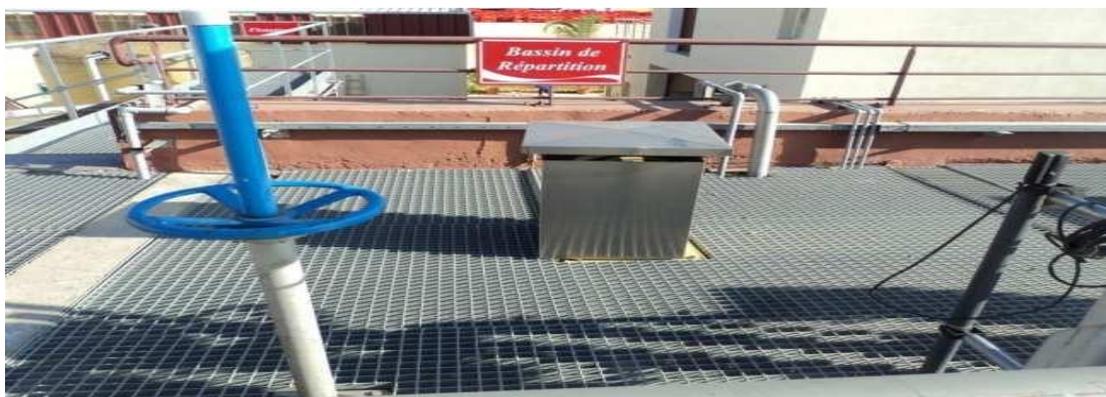


Figure 6 : bassin de répartition de la STEP de la CBGN

Régulation du débit :

Les effluents sont repris depuis le bassin d'homogénéisation par un ensemble de trois pompes centrifuges de débit (16m³/h) immergées dans le bassin et assurant le transfert de l'effluent à traiter à débit constant.

Neutralisation :

Une fois dans le bassin de répartition, le pH des effluents ; précédemment basique ; est ajusté entre 7 et 8 par ajout d'acide sulfurique pour optimiser le développement des micro- organismes favorables à la dégradation des effluents.

Procédé :

- la mesure du pH est effectuée par une sonde de pH calibrée une fois par semaine et étalonnée une fois par trois mois par le responsable de la métrologie.
- l'ajout d'acide sulfurique est assuré par une des deux pompes doseuses de débit maximal de 21 l/h.

Ajout des nutriments :

Le développement des bactéries nécessite la présence en quantités suffisantes d'éléments nutritifs : le carbone, l'azote et le phosphore. Ces derniers existent naturellement dans les eaux à traiter mais avec des quantités insuffisantes (phosphore et azote).

Procédé

- l'apport en azote est assuré par l'ajout d'urée stockée dans un bac de préparation agité de 500 litres et l'injection est conditionnée par des pompes doseuses de 14.7 l/h.
- l'apport en phosphore est réalisé par l'ajout du phosphore d'ammonium stocké dans un bac de préparation agité de 500 litres et l'injection se fait à l'aide d'une des deux pompes doseuses de débit maximal de 14,7 l/h.

Le bassin de répartition est muni d'un agitateur qui assure l'homogénéisation du mélange composé d'eau homogénéisée-acide sulfurique-urée-phosphate d'ammonium.

Afin de maintenir une biomasse suffisante dans les réacteurs biologiques, le fonctionnement du procédé repose sur le recyclage par pompage, dans le bassin de répartition, d'une partie des boues stockées dans le bassin des boues.

2.3 Traitement secondaire (biologique) :

L'épuration par boues activées consiste à mettre en contact les eaux usées avec une biomasse épuratrice (mélange riche en bactéries) par brassage pour dégrader la matière organique en suspension ou dissoute et transformer par la suite la pollution en gaz et tissus cellulaires plus denses que l'eau qu'on peut séparer ensuite par floculation-flottation. Ces bactéries permettent l'élimination des pollutions carbonées (matières organiques), azotées et phosphorées, nocives pour l'environnement.

Pour accélérer la dégradation des composés organiques, il faut apporter artificiellement de l'oxygène dans les eaux usées.

En sortie du réacteur, nous obtenons une liqueur mixte composée de boues floculées et d'eau épurée.

Il est noté que :

- ❖ L'apport des nutriments rend le milieu riche et empêche l'apparition des bactéries filamenteuses caractéristiques d'un dysfonctionnement de la station d'épuration.
- ❖ La qualité de la biomasse peut être vérifiée régulièrement en mesurant l'indice de boues et en observant les indices visuels comme la couleur de la liqueur mixte, la présence et les caractéristiques de la mousse, l'état de floculation ou autres.



Figure 7 : réacteur biologique 2 de la STEP de la CBGN

2.4 Traitement tertiaire

2.4.1 Flocculation :

La flocculation est le phénomène physico-chimique au cours duquel les micelles et les MES forment des flocons par ajout d'un flocculant, s'agrègent en un floc, ce qui détruit la stabilité de la solution et entraîne leur sédimentation. [8]

Pour améliorer la qualité du floc, on ajoute un flocculant de façon automatisée. La séparation eau épurée-boues s'effectue ainsi de manière plus aisée.

Procédé :

- ❖ l'effluent sortant des réacteurs biologiques est envoyé, à l'aide d'une conduite inoxydable, vers un bassin de floculation (figure 7) assurant le mélange de l'effluent avec un floculant injecté grâce à un agitateur ;
- ❖ l'injection du polymère (floculent) est réalisée par une pompe doseuse d'un débit maximal de 65,6 l/h. Les boues sont alors agglomérées sous forme de floccs.

2.4.2 Clarification :

La clarification est effectuée au moyen d'un flottateur (figure 8) permettant la séparation eau/boues. Une partie des eaux traitées est récupérée et pressurisée par une pompe spécifique dans un ballon de pressurisation. La détente de cette eau pressurisée libère les fines bulles d'air qui ; en remontant à la surface ; entraînent dans ce mouvement les particules préalablement floculées pour les flotter à la surface avant de les éliminer par simple raclage. La partie raclée ou le concentrât est désigné par le terme de « boues » ou « boues résiduaire ». Elle est envoyée vers le bassin à boues.



Figure 8 : à gauche le flottateur à droite la séparation de l'eau traitée des boues

Procédé :

- ❖ le flottateur est un ouvrage cylindrique, équipé d'un dispositif de raclage des boues superficielles et des boues de fond. L'eau floculée est introduite verticalement à la base de la chambre inférieure où elle est mise en contact avec les microbulles d'air apportées par l'eau pressurisée provenant d'un ballon de pressurisation et sort sous une cloison siphonide périphérique vers une trémie de collecte et de sortie sous forme d'eau traitée ou clarifiée.
- ❖ à ce niveau, l'eau épurée est renvoyée vers le circuit de pressurisation et le surplus vers le bassin de désinfection ;

- ❖ la fraction solide due à la séparation ou les macro-flocs (MES), fixés aux microbulles sont entraînés à la surface du flottateur, où le racleur à fonctionnement temporisé, les récupère et les envoie vers une trémie de collecte des boues flottées ;
- ❖ certaines MES se déposent dans le fond du flotateur, pour cela des racleurs de fond les entraînent vers une trémie de fond d'où sont extrait via une purge automatique à fonctionnement temporisé (ouverture pendant 15 secondes et fermeture pendant 10 minutes), ces boues décantées sont extraites et puis envoyées vers le bassin des boues ou vers l'étape de déshydratation.

2.4.3 Désinfection de l'effluent :

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets industriels pour cela des procédés d'élimination supplémentaires sont employés lorsque les eaux traitées sont rejetées dans des rivières comme le cas de l'oued de SBOU.

Au niveau de la STEP, la désinfection des eaux épurées est réalisée par une chloration par l'hypochlorite de sodium (eau de javel).

A côté de la désinfection, une dernière injection de l'acide sulfurique est effectuée pour assurer l'ajustement du pH dans la norme exigée par Coca Cola ($6,5 < \text{pH} < 8$)



Figure 9 : bassin de désinfection de la STEP de la CBGN

Procédé :

- ❖ la neutralisation finale du pH de l'eau épurée et sa désinfection sont réalisées dans le bassin de désinfection (figure 9) construit en béton armé ;

- ❖ la mesure du pH se réalise à l'aide d'une sonde de pH et son ajustement, entre 6,5 et 8, se fait automatiquement par ajout de l'acide sulfurique à l'aide d'une pompe de débit maximal de 14,7 l/h ;
- ❖ l'ajout de l'hypochlorite de sodium se fait à l'aide d'une pompe doseuse de débit maximal de 6,34 l/h et le dosage du désinfectant permet d'avoir un résiduel en chlore dans l'eau de rejet.

2.4.4 Évacuation de l'eau traitée :

65% de l'eau sortante du bassin de désinfection rejoignent le réseau d'assainissement de la ville de Fès et les 35% restants sont utilisés pour l'arrosage des espaces verts de la CBGN.

2.5 Traitement de la boue :

En parallèle du circuit de traitement de l'eau, la STEP comporte également une chaîne de traitement des boues :

2.5.1 Extraction et recirculation des boues biologiques :

Procédé :

- ❖ les boues flottées, collectées en surface du flottateur et les boues décantées éliminées au fond du flottateur par purge, sont transférées par gravité vers un bassin de stockage, construit en béton armé (bassin à boues) de 20m³ de capacité. Elles sont homogénéisées par un agitateur immergé de 2.5 KW.
- ❖ une partie des boues du bassin des boues est recirculée vers les bioréacteurs afin d'y maintenir une biomasse épuratrice optimale. Cette recirculation est assurée par des pompes à rotor de 7m³/h chacune évitant le développement des bactéries filamenteuses.
- ❖ la mesure du débit de recirculation est assurée par un débitmètre électromagnétique placé sur la tuyauterie d'amenée dans les bioréacteurs.
- ❖ lorsque le niveau du bassin des boues arrive à 50%, l'opération de recirculation des boues se déclenche automatiquement et elle s'arrête lorsque le niveau atteint 40% ou 35%.

2.5.2 Extraction et déshydratation des boues biologiques :

L'extraction des boues assure le maintien d'un équilibre entre la biomasse épuratoire et la pollution à traiter. Les boues extraites subissent une déshydratation dans une centrifugeuse.

Procédé :

- ❖ la déshydratation devient nécessaire lorsque la quantité des MES dans les réacteurs biologiques atteint 3000mg/l. Cependant, les boues épaissies sont reprises par deux pompes (figure 10) et acheminées vers la décanteuse centrifugeuse à un débit de 3m³/h. on ajoute le polymère DKFLOC K-436 pour améliorer la déshydratation.



Figure 10 : pompes d'extraction des boues

- ❖ grâce à des compresseurs d'air, la centrifugeuse déshydrate le surplus des boues. Elle est installée en hauteur de manière à ce que l'évacuation de l'effluent traité vers le bac de boues déshydratées soit gravitaire.



Figure 11 : centrifugeuse des boues séparées de la STEP de la CBGN

- ❖ les boues déshydratées sont récupérées dans une benne et sont mises en décharge.



Figure 12: bac des boues déshydratées

- ❖ l'eau qui sort de la centrifugeuse est envoyée vers la fosse de relevage pour être retraitée.
- ❖ le processus de déshydratation s'arrête lorsque le niveau dans le bassin des boues atteint 28%.

N.B. La déshydratation permet d'alléger le transport et les coûts de mise en décharge, réduit au maximum les rejets des MES et des nuisances olfactives et microbiologiques et facilite la manutention des boues en excès.

3 Bases du choix du type de traitement biologique par boues activées

Les traitements des eaux résiduaires dans les STEP varient en fonction de la nature des eaux usées à traiter et de la sensibilité du milieu récepteur à la pollution.

Le type de traitement pour les eaux résiduaires de la CBGN a été choisi après la réalisation d'une étude de biodégradabilité, sur un échantillon des rejets de l'usine, à l'aide du test de respirométrie.

Le procédé de traitement choisi est dit « boues activées » car l'ensemble des conditions favorables à une activité maximale des bactéries est mis en œuvre : un apport en oxygène suffisant, un apport en nutriments, une agitation permanente afin de favoriser le contact entre bactéries et milieu pollué une concentration élevée en bactérie, pour augmenter l'efficacité du traitement.

3.1 Dimensionnement et étude d'impact de la station de la CBGN :

Le dimensionnement et l'installation des équipements ont été réalisés par Ondeo Industrial Solutions (Ondeo IS), filiale de SUEZ ENVIRONNEMENT, acteur majeur dans le domaine des services, de l'ingénierie et des équipements pour le traitement de l'eau industrielle.

La STEP a été dimensionnée pour assurer le traitement des eaux résiduaires purement industrielles de la CBGN à l'aide des données de base retenues dans l'étude technique concernant les débits et les concentrations de l'effluent brut.

Tableau 1: Caractéristiques des effluents bruts pris en compte lors du dimensionnement

Paramètres	Valeur
Débit moyen journalier	750 m ³ /j
Débit moyen horaire	31,3 m ³ /h
Débit de pointe horaire	100 m ³ /h
DCO max (entrée)	2 500 mg/l
DBO ₅ max (entrée)	1 200 mg/l
MES (entrée)	600 mg/l
NTK (entrée)	12 mg/l
P total (entrée)	4 mg/l
pH maximum (entrée)	12
T° moyenne (entrée)	30 °C
T° moyenne/maximum (entrée)	35 °C

ONDEO INDUSTRIAL SOLUTIONS a garanti une qualité de traitement qui répond aux spécifications techniques transmises par la CBGN suivant les normes de rejets indirects selon le projet des normes marocaines (**tableau 2**).

Tableau 2: Normes marocaines pour les rejets des eaux épurées

Paramètres	Normes
DCO max	≤300 mg/l
DBO ₅ max	≤100 mg/l
MES max	≤120 mg/l
pH	6 à 9

Alors que les normes des rejets exigées par Coca Cola sont plus sévères que celles prises en considération lors du dimensionnement (**tableau 3**).

Tableau 3: Normes de Coca Cola pour les rejets des eaux épurées [4]

Paramètres	Norme
Rendement (DCO)	≥90 %
DBO ₅ max	≤50 mg/l
MES max	≤50 mg/l
pH	6.5 à 8
NTK	≤5mg/l
PT	≤2mg/l

Chapitre 3 : étude du traitement des effluents résiduaires de la CBGN

1 Introduction

La Step de la CBGN doit répondre aux normes exigés par la CBGN, par la suite les normes définie par la RADEEF, qui sont les normes marocaine de rejets indirects, puisque l'usine déverse ces effluents dans le réseau d'assainissement de la ville de Fès. Ceci dit que nos résultats seront à la fois comparés aux nomes marocains (indirects) et à ceux de la CBGN (directs), dont le but d'avoir un rendement maximal de traitement et aussi pour optimiser son fonctionnement.

Cette étude consiste à suivre les résultats d'analyses de MES, DCO, DBO, PT et NTK pour chaque étape de traitement ainsi que les rendements des différents traitements avec 10% des boues recirculées et 12%.

2 Matériel et méthodes

2.1 Température

Elle joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et la détermination du pH. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau. [5]

La mesure de la température s'effectue par la pénétration du thermomètre dans les échantillons à analyser, et on note le niveau du mercure dans le thermomètre.

2.2 pH

La valeur du pH altère la croissance et la reproduction des micro-organismes existants dans une eau, la plupart des bactéries peuvent croitre dans une gamme de pH comprise entre 5 et 9, l'optimum est situé entre 6,5 et 8,5, des valeurs de pH inférieures à 5 ou -supérieures à 8,5 affectent la croissance et la survie des micro-organismes. [5]

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre préalablement étalonné.

2.3 Matières en suspension (MES) :

▪ Principe :

La détermination des MES dans l'eau est réalisée par filtration d'un volume aliquote. La masse des matières filtrées est déterminée par pesée après séchage à 105 °C. Le résultat est exprimé en mg de matière en suspension par litre d'échantillon.

▪ **Appareillage** : Balance de précision à $\pm 0,0001$ g, étuve (ECOCELL), membranes de filtration 0,45 μ m, rampe de filtration et pompe à vide

▪ **Mode opératoire** : (voir annexe)

▪ **Expression des résultats** :

$$2.3.1.1 \text{ MES (mg/l)} = (M2 - M1) * 1000 / V$$

V : Volume en millilitre de l'échantillon M1 : Masse en mg du filtre sèche avant utilisation

M2 : Masse en mg du filtre + MES après séchage

2.4 Demande Biochimique en Oxygène DBO [6]

▪ **principe** : La quantité d'oxygène consommée biologiquement (DBO₅) est mesurée numériquement au moyen d'un DBO-mètre. L'échantillon prélevé est incubé pendant cinq jours, les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous. Le gaz carbonique dégagé est piégé (ou absorbé) par l'hydroxyde de sodium.

▪ **Appareillage** : Système de mesure de la DBO de type Lovibond Oxydirect, armoire thermorégulatrice de type Lovibond

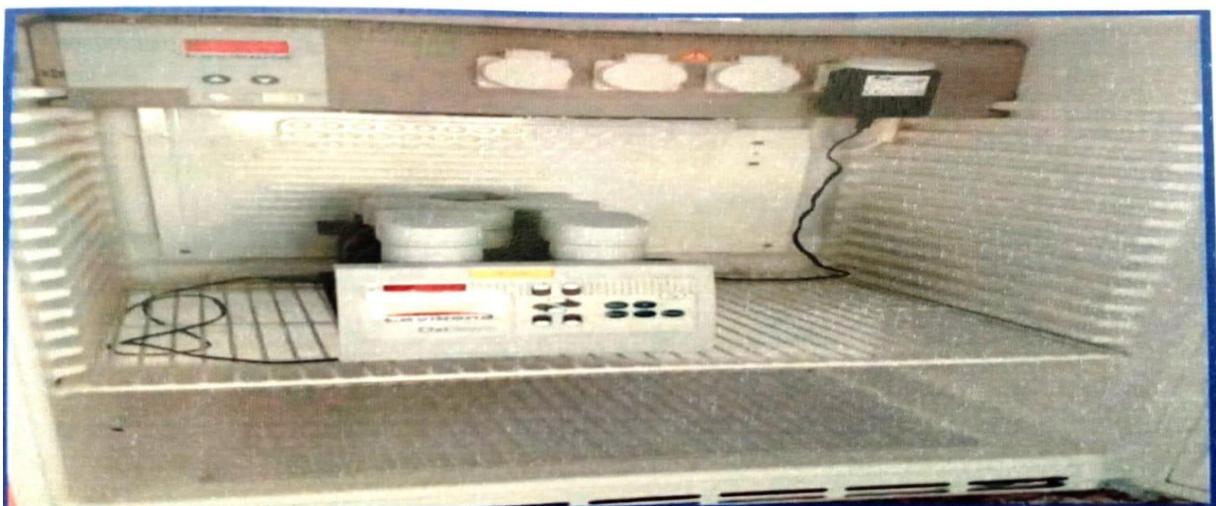


Figure 13: DBO5 Oxydirect E001

- Réactif : graines de la soude ou de KOH.
- Mode opératoire : (voir annexe)
- Interprétation des résultats : La valeur de DBO mesurée est exprimée en mg d'O₂/l.

2.5 Demande chimique en oxygène DCO [6]

- Principe :

Les substances oxydables réagissent avec le bichromate de potassium sulfurique, en présence de sulfate d'argent. Le chlorure est masqué avec du sulfate de mercure. La coloration verte du Cr³⁺ sera déterminée photo métriquement.

NB : 1 mole de dichromate (Cr₂O₇) équivalent à 1,5 mole d'O₂

- Domaine d'application : Eaux de rejet, dont la DCO compris entre 100 et 2000 mg/l.
- Appareillage : Thermostat et Spectrophotomètre

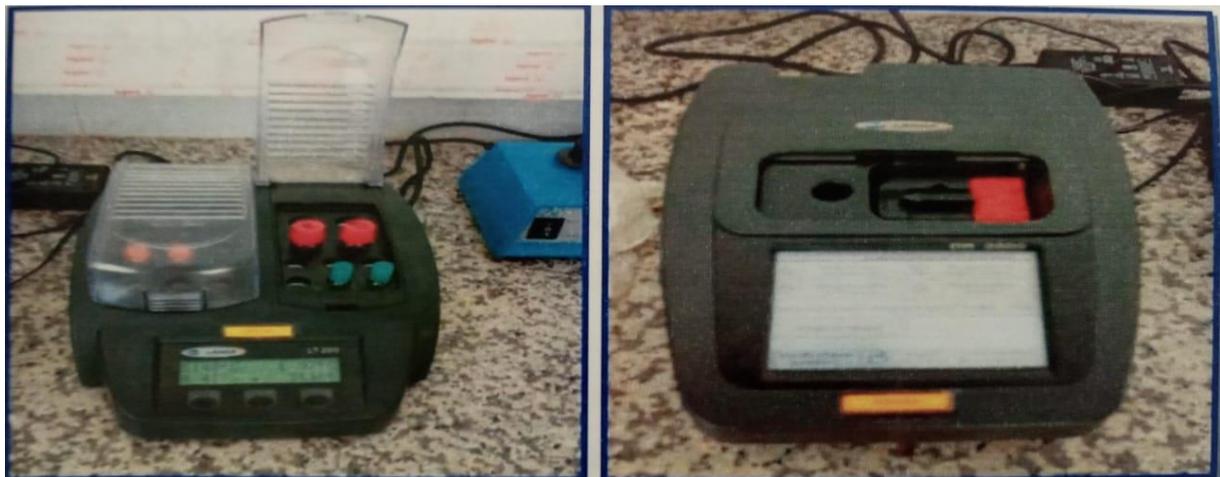


Figure 14: Thermostats LT 200

Spectrophotomètre SPM, DR 2800

- Réactifs : Réactifs préparés : réf : LCK 514
- Mode opératoire : (voir annexe)

2.6 Détermination de l'azote total (NTK) : [6]

- Principe : L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de Péroxydisulfate et se transforme donc en nitrates. Les ions nitrates réagissent dans une solution d'acides sulfurique et phosphorique avec du 2-propanol

- **Domaine d'application** : Eaux usées brutes et épurées dont la concentration de NTK est comprise entre 1 et 16mg/L. Le pH d'échantillon doit être compris entre 3 et 12 et la température échantillon/réactifs entre 15 et 25°C
- **Appareillage** : Thermostat (HACH LANGE LT 200), Spectrophotomètre (HACH LANGE DR 2800) ; Pipettes de 1 ml
- **Réactifs** : Réactifs préparés Réf : LCK 138
- **Mode opératoire** : (voir annexe)

2.7 Détermination du phosphore total [6] :

- **Principe** :

Les ions phosphates réagissent en solution acide avec les ions molybdates et antimoinés pour donner un complexe molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore molybdène.

- **Domaine d'application** : Analyses des eaux usées brutes et épurées
- **Appareillage** : thermostat, Spectrophotomètre, Pipettes graduées
- **Réactifs** : Réactifs préparés Réf : LCK 349
- **Mode opératoire** : (voir annexe)

3 Etude de la performance de la STEP

3.1 Résultats et discussion

3.1.1 Température

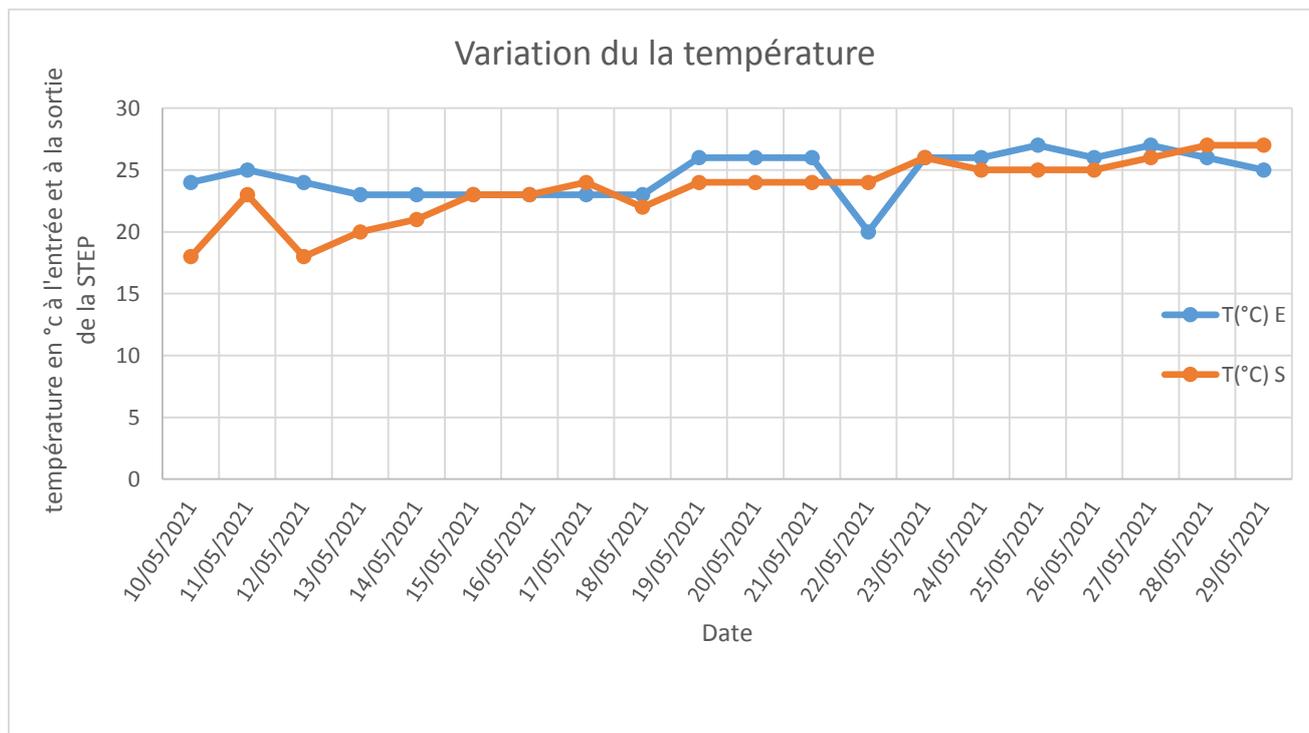


Figure 15: Variation de la température dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10%

Discussion et interprétation :

La variation de la température est comprise entre 20°C et 27°C à l'entrée de la STEP, L'augmentation est due essentiellement aux activités de sanitation à la soude et à l'eau chaude des équipements de production du sirop simple et fini et la diminution est due au processus de refroidissement.

A la sortie de la STEP, les valeurs moyennes de la température enregistrées durant les périodes de campagne de contrôle des eaux traitées sont nettement inférieures aux valeurs exigées par la norme marocaine (30°C).

3.1.2 pH

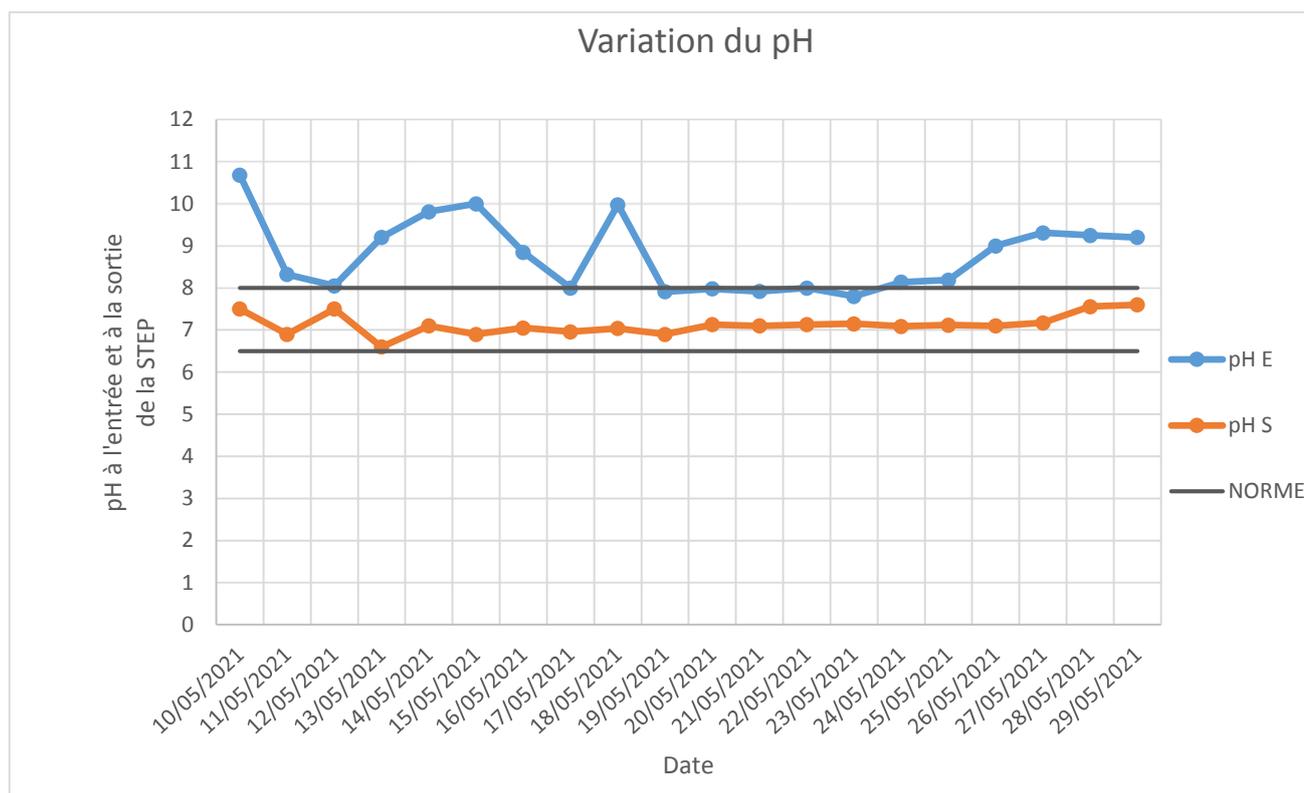


Figure 16: Variation du pH dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10 %

Discussion et interprétation :

Les pH mesurés à l'entrée de la STEP, sont généralement basiques avec des valeurs qui varient entre 10,68 et 7,8. Ceci est lié à l'ajout de la soude durant l'étape de lavage des bouteilles.

A la sortie de la STEP, les valeurs de pH varient entre 6,6 et 7,56 ; cette neutralisation est due à l'ajout de l'acide sulfurique (H_2SO_4), ce qui est de nature à favoriser le développement bactérien nécessaire à la dégradation biologique des polluants organiques, Signalons en outre que la plupart des organismes ne peuvent pas tolérer un pH supérieur à 9,5 ou inférieure à 4. Pour les unités de traitement d'eaux usées, généralement le pH recommandé est compris entre 6,5 et 7,5 ; car un pH inférieur favorise la croissance de champignons filamenteux et d'autres organismes responsables des boues flottantes.

3.1.3 Matières en suspension (MES)

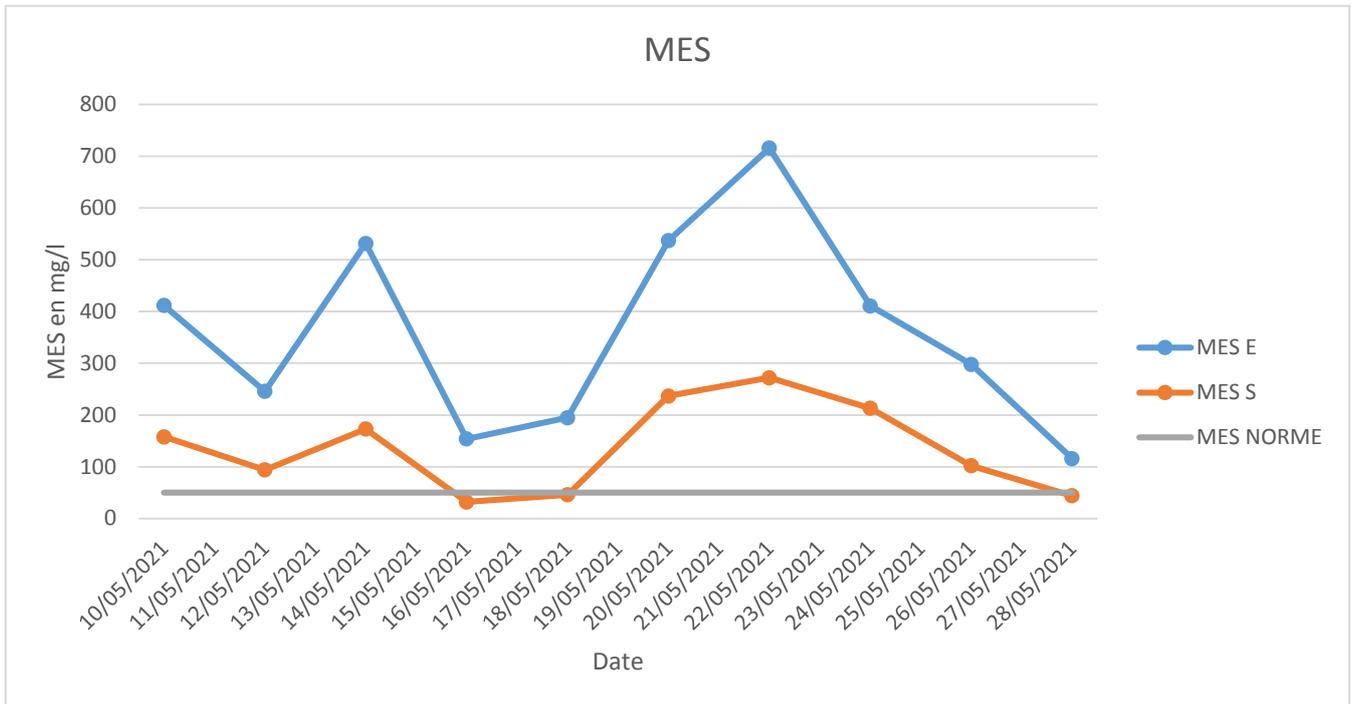


Figure 17: Variation de la MES dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10%

Discussion et interprétation :

Le suivi de l'évolution temporelle des MES de l'effluent de la CBGN a révélé que ce paramètre varie à l'entrée de la STEP entre 716 mg/l et 116 mg/l, ces valeurs se trouvent atténuées à la sortie de STEP pour atteindre les 32mg/l comme minimum et 272 mg/l comme valeur maximum, qui est nettement supérieure à 50mg/l (norme CBGN). Cela peut être due à ce que les facteurs intervenant à la meilleure floculation ne sont pas optimisés (dose du flocculant utilisé, vitesse d'agitation, température, ...), ou bien le taux de recirculation des boues n'est pas suffisant.

3.1.4 Demande chimique en oxygène (DCO)

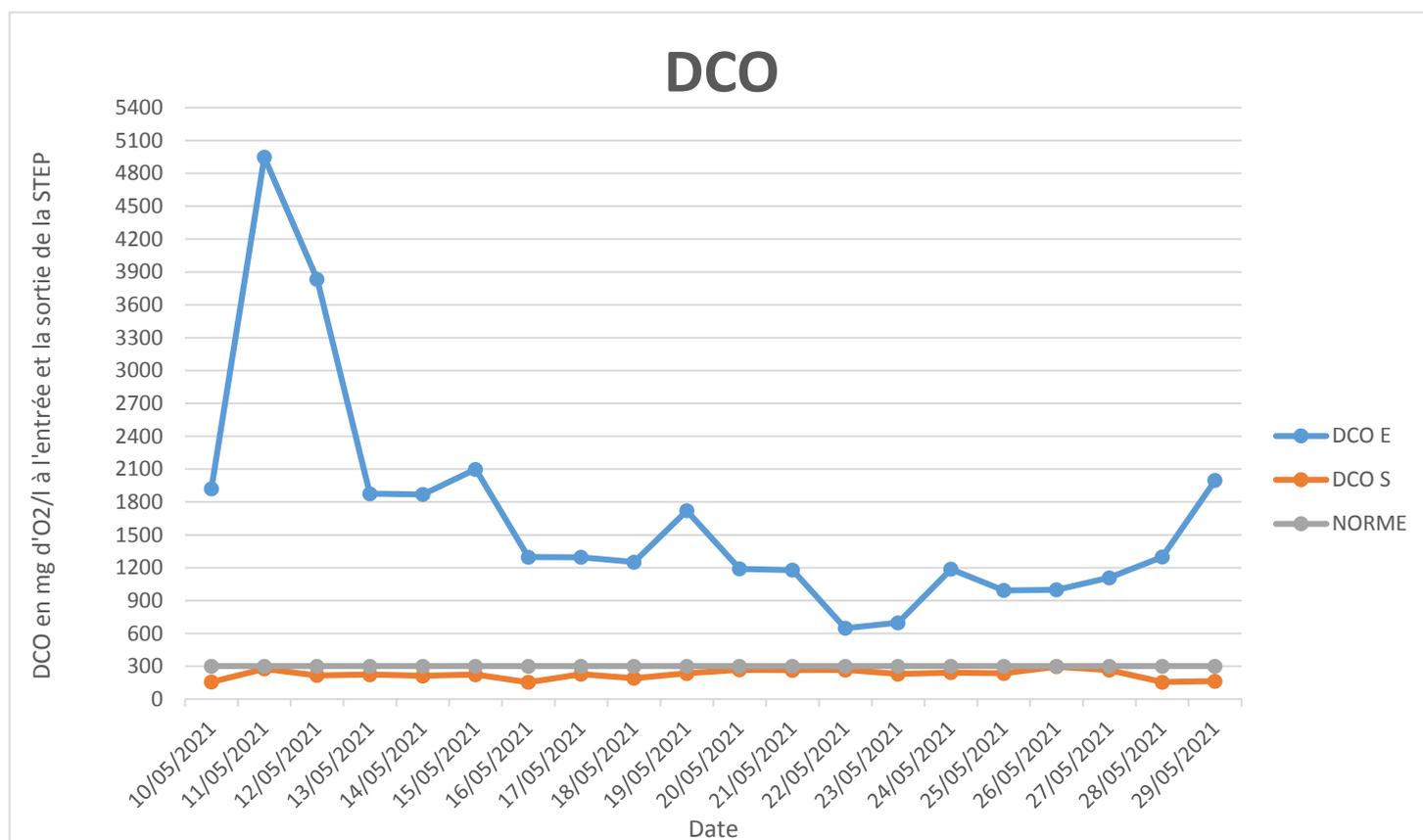


Figure 18: Variation de la DCO dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10 %

Discussion et interprétation :

La valeur de la DCO à l'entrée de l'ouvrage de traitement varie de 4928 à 648 mg d'O₂/l comme valeurs minimale et maximale, quant à la valeur à la sortie elle varie entre 297 et 154 mg d'O₂/l qui est légèrement inférieure à la norme, cela peut être due à la présence du sucre (saccharose) dans les rejets. A noter que pendant le processus de production, des quantités énormes de sirop et de boisson peuvent être versées dans le circuit de la STEP

3.1.5 Demande biologique en oxygène (DBO₅)

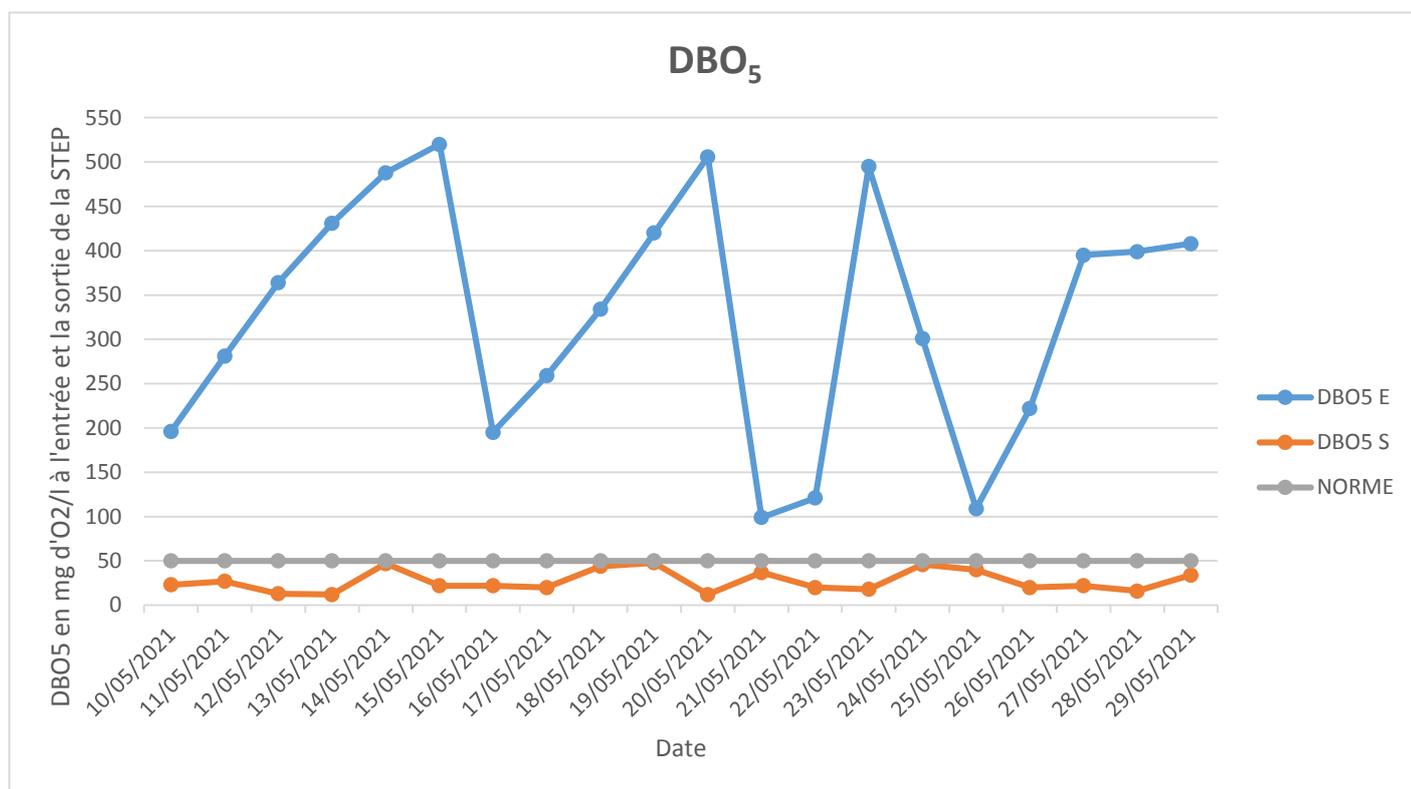


Figure 19: Variation de la DBO₅ dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10 %

Discussion et interprétation

Les DBO₅ illustrées à l'entrée de la station montrent que les valeurs sont comprises entre 99mg d'O₂ /l et 520 mg d'O₂/l. ces fortes valeurs en amont sont dues à une grande richesse du milieu en matière organique rejetée dans les eaux usées. Elles proviennent de la préparation du sirop simple et sirop fini ainsi qu'au remplissage des bouteilles. À la sortie de la STEP nous avons enregistré une diminution de ces valeurs jusqu'à 48mg d'O₂/l comme maximum et 12 mg d'O₂/l comme valeur minimum, donc ces valeurs sont nettement inférieure à la norme qui est 50 mg d'O₂/l.

3.1.6 Azote total de kjeldahl (NTK)

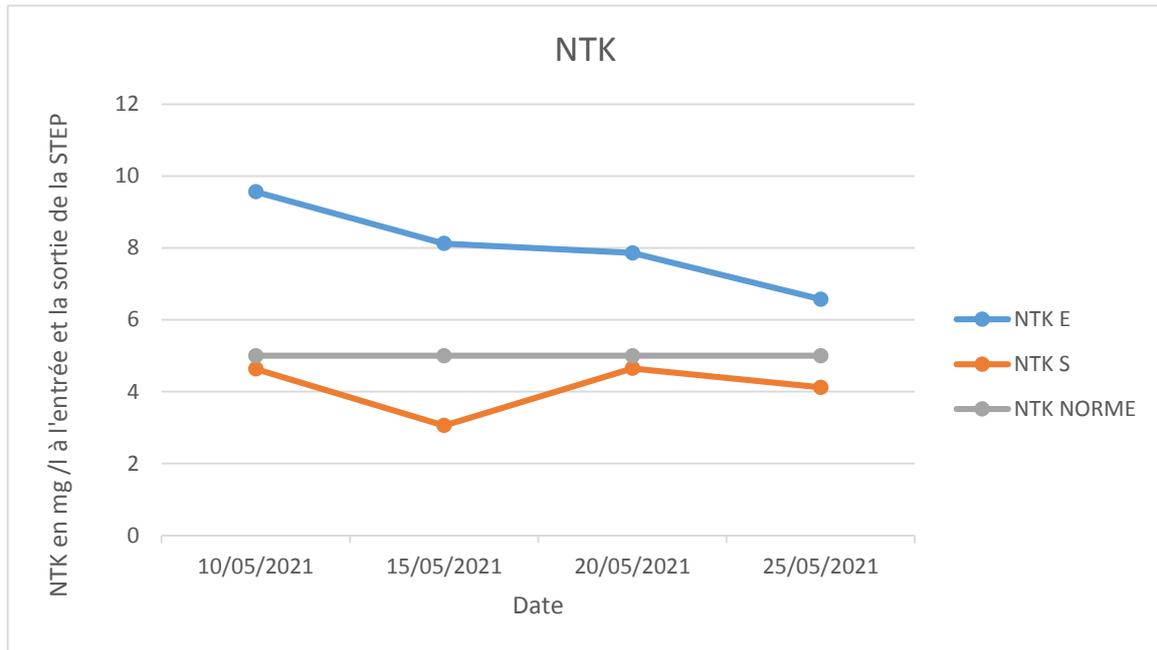


Figure 20: Variation des NTK dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10 %

Discussion et interprétation

Les valeurs des concentrations de l'azote à l'entrée de la station peuvent atteindre une valeur maximale de 9,56mg/l, et des valeurs à la sortie atteignant 4,65 mg/l sachant que la valeur limite de rejet est de 5 mg/l, ce qui explique que le procédé de traitement appliqué est efficace en matière d'élimination de l'azote.

3.1.7 Phosphate total :

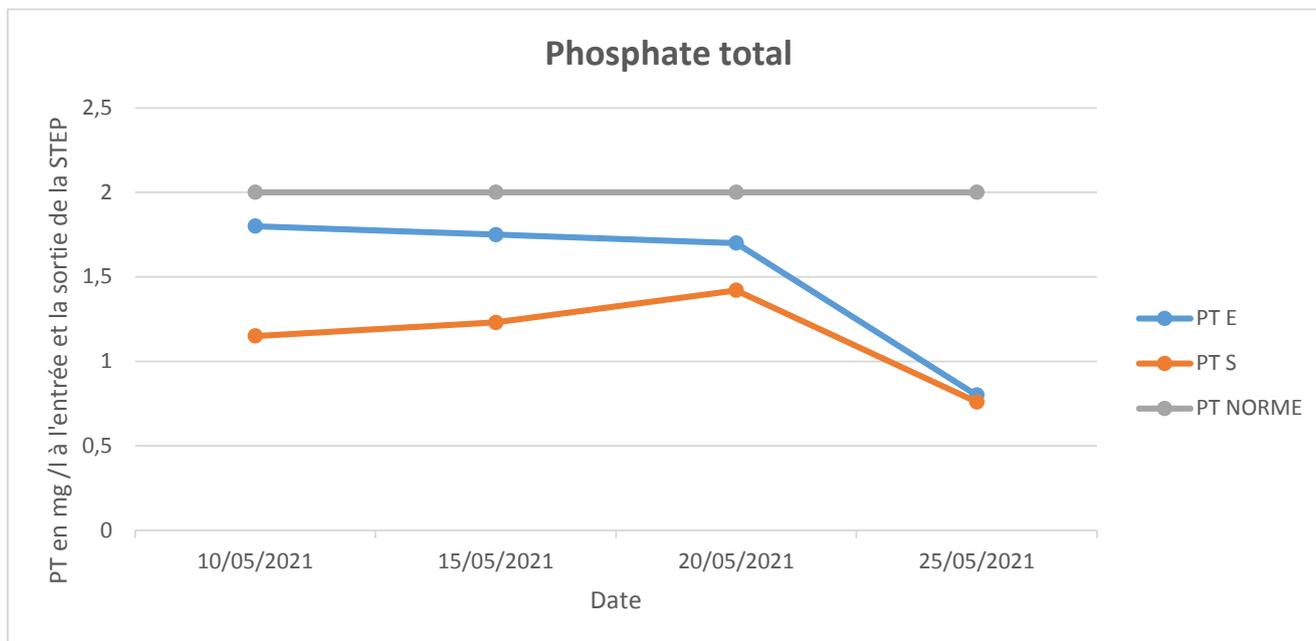


Figure 21: Variation du phosphore total dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 10 %

Discussion et interprétation

À la sortie de la STEP les valeurs du phosphore total répondent aux normes de la compagnie en termes de la pollution phosphatée.

Afin d'améliorer les résultats obtenus en aval de la STEP nous avons augmenté le taux de recirculation des boues de 10% jusqu'à 12%.

Une recirculation des boues avec 10% nous a permis de recirculer $75\text{m}^3/\text{j}$ alors qu'avec 12 %, la quantité des boues recirculées a été de $90\text{ m}^3/\text{j}$. Ces valeurs ont été trouvées par une consultation d'un débitmètre situé entre le bassin des boues et la chambre de répartition.

Le fait d'augmenter le taux de recirculation réside effectivement dans l'augmentation de la biomasse dans le réacteur biologique, mais à condition de contrôler régulièrement cette dernière afin d'éviter toute influence néfaste sur la dégradabilité de la MES ; telle que l'insuffisance d'aération du réacteur, le taux des nutriments...etc.

Les figures suivantes présentent les valeurs des principaux paramètres qui nous ont permis d'évaluer la qualité des eaux usées traitées (à savoir la DCO, la DBO5, les MES, le NTK et le PT) après l'augmentation du taux de recirculation des boues à 12%.

3.1.8 Matière en suspension (MES) :

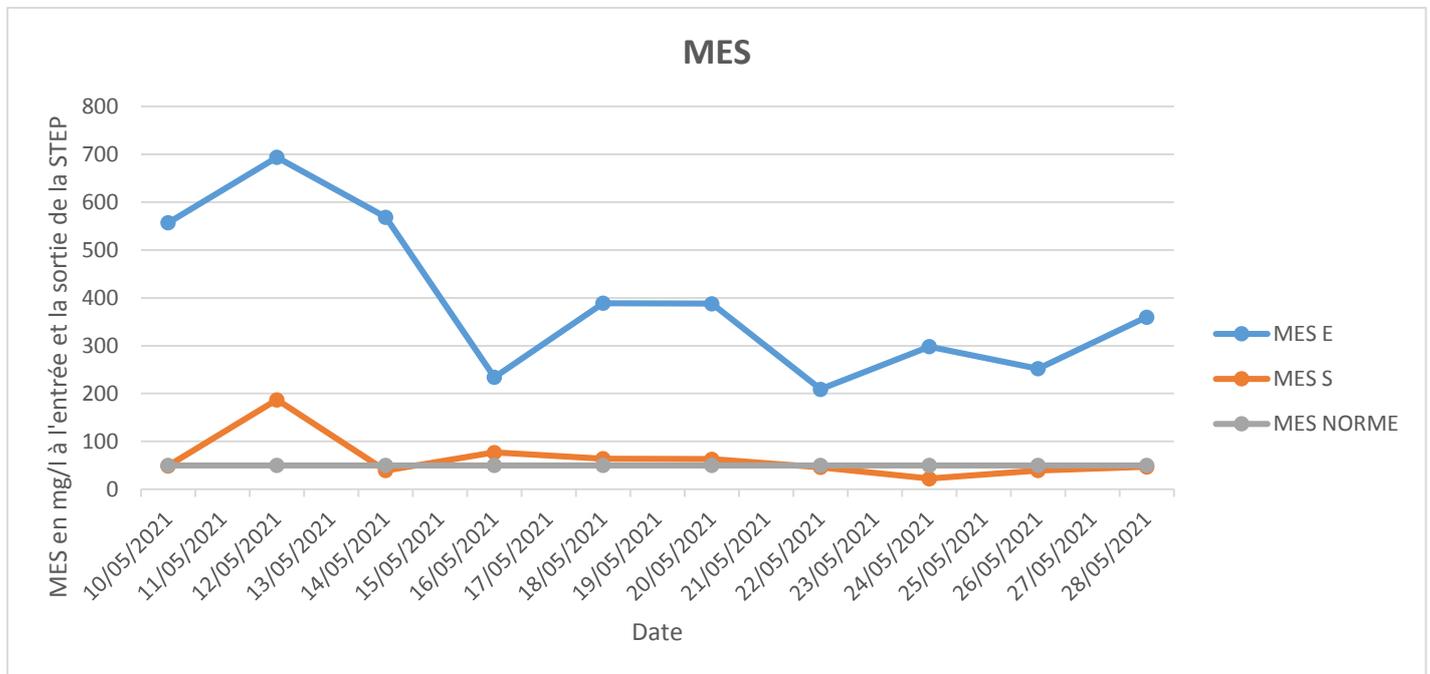


Figure 22: Variation de la MES dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 12%

Discussion et interprétation

La figure montre que le taux d'abattement des MES arrive jusqu'à 84% pour un taux de recirculation des boues de 12% donc clairement supérieure à celui rencontré lors de la recirculation avec 10% (voir annexe : tableau de comparaison entre le taux d'abattement de 10 % et de 12% de tous les paramètres)

3.1.9 Demande chimique en oxygène (DCO)

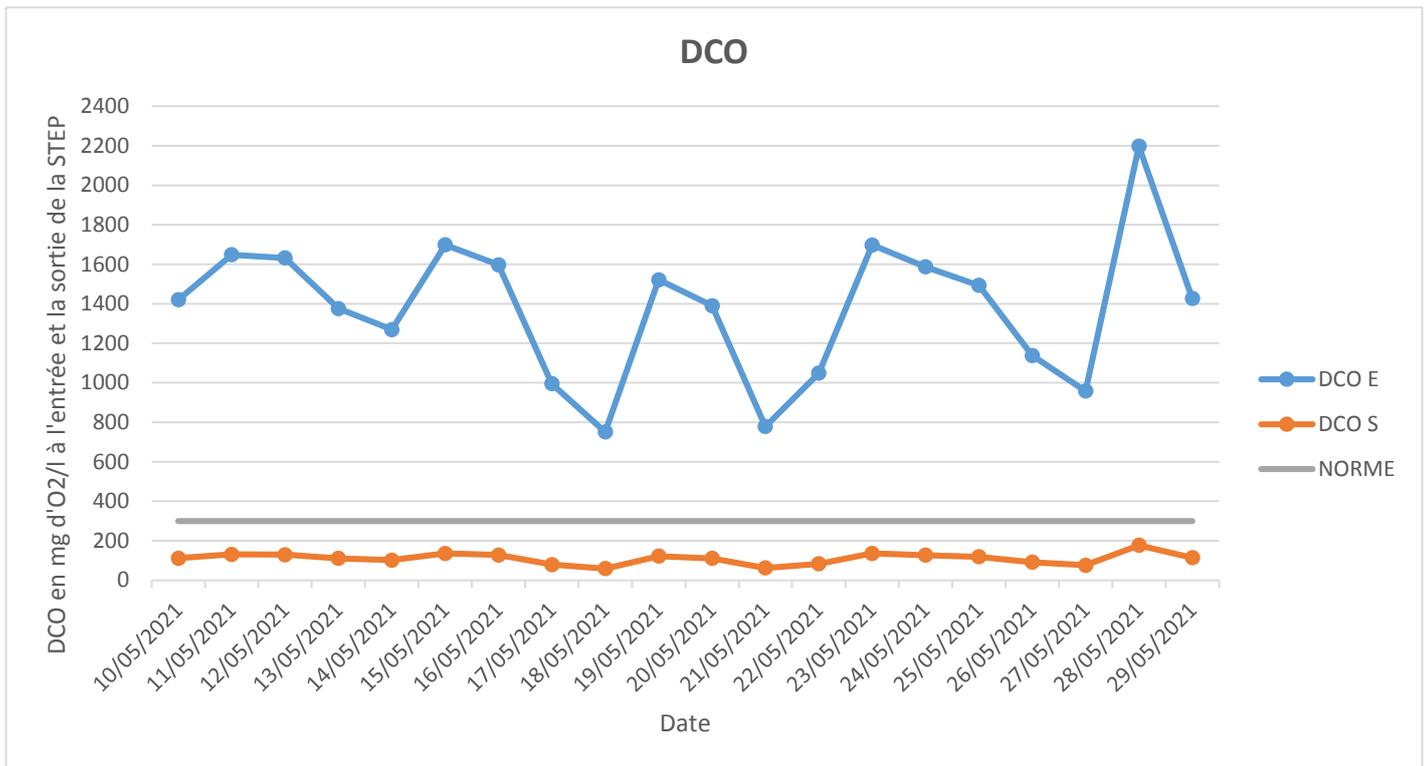


Figure 23: Variation de la DCO dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 12 %

Discussion et interprétation

Avec un taux de recirculation des boues de 12% le rendement d'abattement de la DCO atteint les 90% répondant ainsi aux normes marocaines des rejets directs et indirects.

3.1.10 Demande biochimie en oxygène (DBO₅)

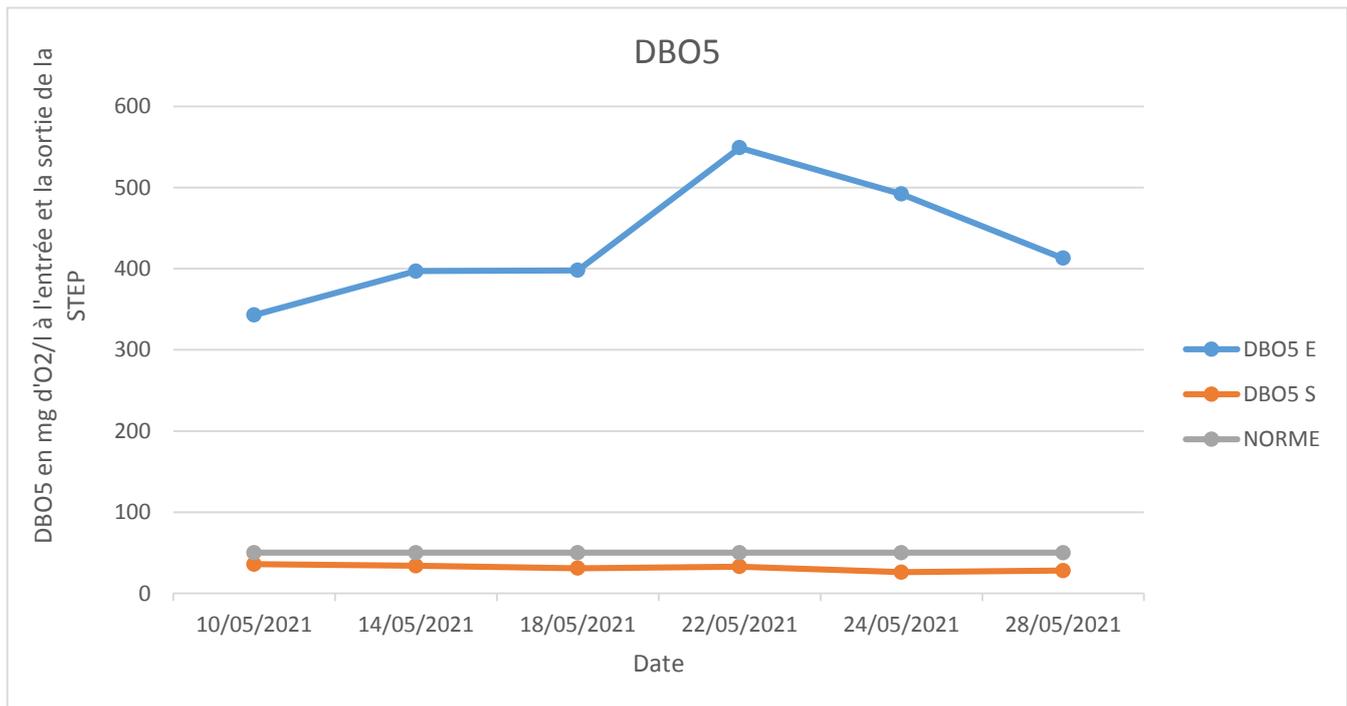


Figure 24: Variation de la DBO₅ dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 12 %

Discussion et interprétation

Les résultats montrent que le taux d'abattement de la DBO₅ augmente de 85% avec un taux de recirculation des boues de 10% jusqu'à 88% avec celle de 12%. Ce qui montre bien le rôle joué par la recirculation de la biomasse activée intervenant efficacement dans la biodégradabilité de la matière organique.

3.1.11 Azote total de kjeldahl (KTN)

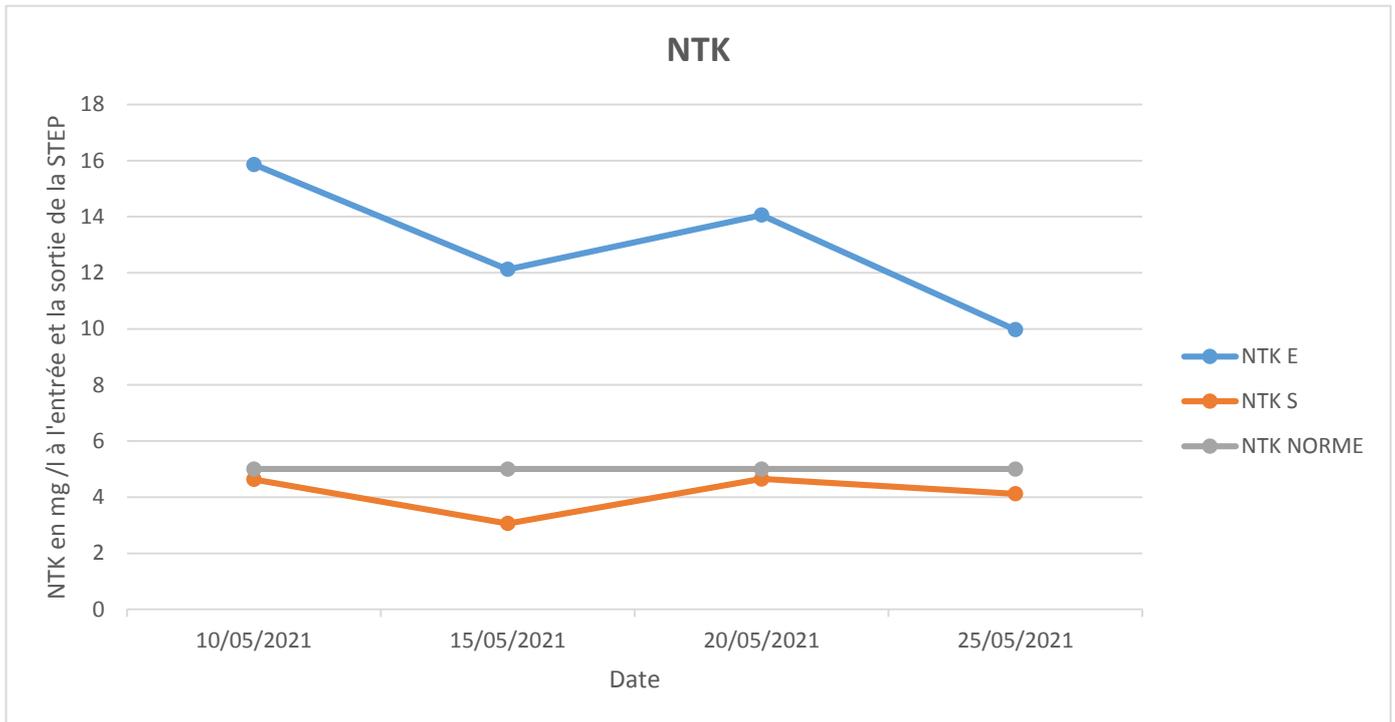


Figure 25: Variation de NTK dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 12 %

Discussion et interprétation

La figure illustre bien que le taux de NTK diminue à la sortie de STEP pour atteindre un abattement de 73% ce qui explique que le procédé de traitement appliqué est efficace en matière d'élimination de l'azote, avec un taux de recirculation de 12%.

3.1.12 Phosphate total

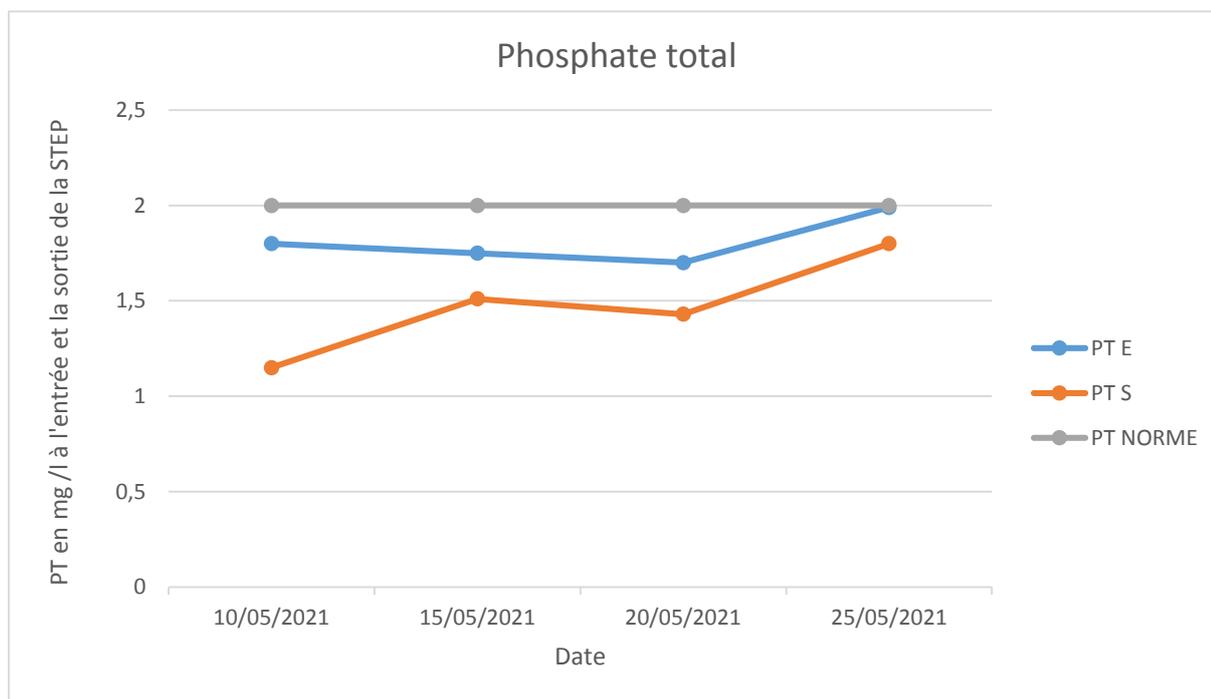


Figure 26: Evolution du phosphore total dans les différentes étapes de traitement avec une recirculation de 12 %

Discussion et interprétation

Avec un taux de recirculation des boues de 12%, la valeur maximale du phosphore totale à la sortie de STEP atteint 1,8 mg /l ce qui répond à la norme marocaine directe et indirect (2mg/l) avec un taux de réduction de 81%.

Tableau 4 : Moyenne des valeurs trouvées à la sortie de la STEP avec 10% et 12% de recirculation des boues

	Taux d'abattement	
	10%	12%
DCO	70,6%	90%
DBO5	85%	88%
MES	64%	84%
NKT	65%	73%
PT	70%	81%

Conclusion générale

La Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord traite ses effluents par boues activées, ce type de traitement comme reconnu, bien adapté au traitement des eaux usées agroalimentaires.

Durant ce travail, une étude de la performance de la Step, basée sur la comparaison des caractéristiques du rejet final par rapport aux normes de rejets de la CBGN et aussi sur la détermination des rendements des différentes étapes de traitements, primaire, secondaire et tertiaire, a été effectuée dans le but de connaître la capacité de la STEP au terme d'élimination de la pollution générée par l'usine.

Au cours de nos premières analyses, nous avons constaté que les taux d'abattement des : MES, DCO, DBOS, NKT et de PT sont respectivement 64% .70.6 %: 85% : 65%; 70%. L'idée a été d'optimiser et d'améliorer ces rendements à fin d'avoir une épuration efficace de ces effluents avec des bons rendements

Notre objectif a été donc, de faire varier le taux de recirculation des boues de 10% à 12%, à fin d'augmenter la quantité de biomasse dans les bioréacteurs biologique et par conséquent favoriser la dégradation des matières organique par les micro-organismes d'une façon optimale.

Mais dans tous les cas, les valeurs de ces paramètres à la sortie de la STEP respectent les normes marocaines de rejets, et par conséquent, l'eau épurée peut être utilisée pour l'irrigation des crudités.

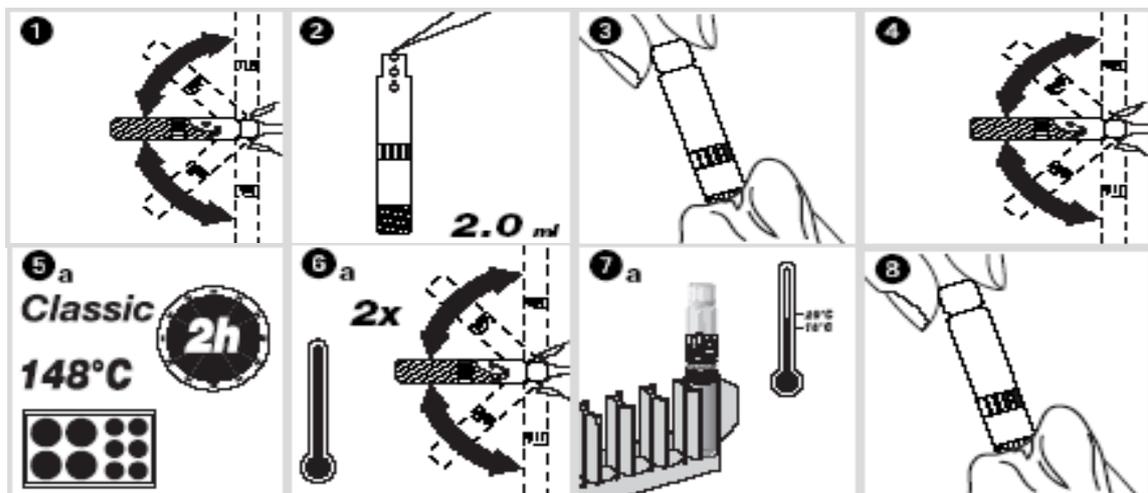
Annexes

Modes opératoire

Mode opératoire de la DCO :

1. Mélanger le contenu de la cuve (tube contenant les réactifs de la DCO prêt à utiliser) pour avoir une solution homogène.
2. Pipeter 2.0 ml d'échantillon d'eau usée avec précaution
3. Fermer la cuve et nettoyer l'extérieure de celle-ci
4. Bien mélanger le tube
5. Chauffer dans le thermostat : 2h à 148°C
6. Sortir la cuve chaude : Retourner 2 fois avec précaution
7. Laisser refroidir à température ambiante dans le support de cuve

Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer : les résidus doivent être complètement éliminés avant l'évaluation. Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer dans le spectrophotomètre à une longueur d'onde 605nm.



Mode opératoire de la DBO :

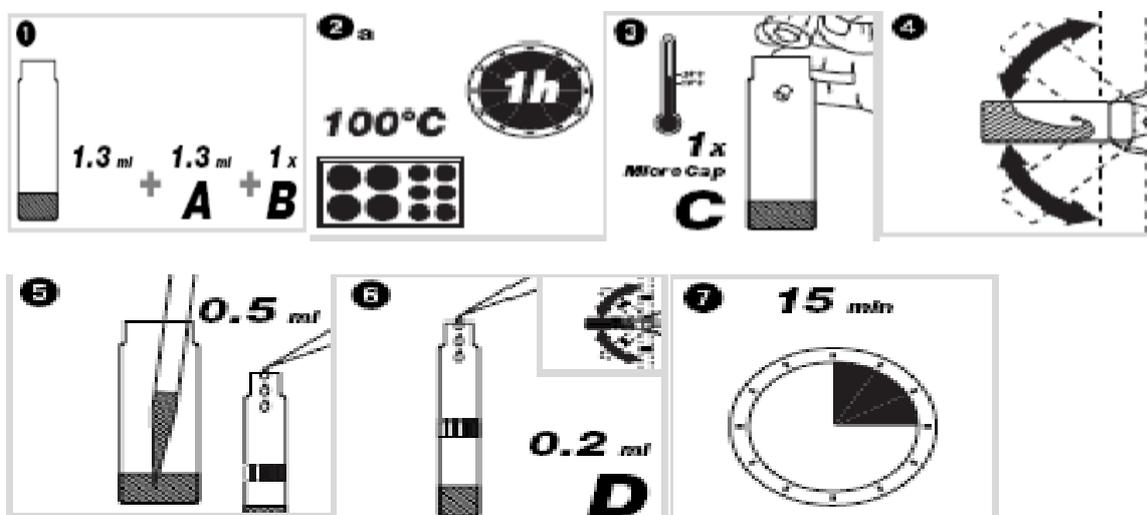
1. Mettre 157 ml dans le flacon de DBO bien rincé après homogénéisation de l'échantillon.
2. Ajout du barreau magnétique dans le flacon pour l'agitation douce pendant l'incubation.
3. Mise en place des capsules avec 3 à 4 grains dedans de KOH) à l'entrée du flacon.
4. Ajout d'inhibiteur de nitrification.
5. Après stabilisation à 20°C pendant 15 à 30 min dans l'incubateur (20°C), appliquez les sondes enregistreuses de DBO sur les flacons, placer les sur le support à flacon et lancer l'enregistrement
6. laissez incuber dans l'obscurité pendant 5 jours
7. la lecture

Mode opératoire des MES :

1. Sécher le filtre pendant quelques minutes dans l'étuve
2. Laisser refroidir le filtre pendant quelques minutes (pour ne pas absorber l'humidité)
3. Peser le filtre : Soit M1
4. Placer le filtre dans le dispositif de filtration (Aspiration sous vide)
5. Prélever 100ml de l'échantillon à analyser
6. Filtrer l'échantillon en mettant en service la pompe sous vide
7. Rincer les parois internes par l'eau distillée
8. Libérer le dispositif pour retirer avec précaution le filtre
9. Sécher le filtre dans l'étuve à $105 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 1 heure
10. Peser le filtre comme précédemment : Soit M2

Mode opératoire des NTK :

- 1- Doser à la suite, consécutivement dans une éprouvette de réaction sèche : 1.3 ml d'échantillon, 1.3 ml de solution A (LCK 138 a), une tablette B (LCK 138/238/338B) fermer immédiatement ne pas mélanger
- 2- Chauffer directement dans le Thermostat pendant 60 min à 100°C
- 3- Refroidir et ajouter 1 Micro Cap C (LCK 138/238/338 C)
- 4- Fermer l'éprouvette de la réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat soit complètement dissous du Micro Cap C et qu'il n'y ait aucune particule restante.
- 5- Pipeter lentement dans le Test en Cuve : 0.5 ml d'échantillon désagrégé (échantillon d'eau usée)
- 6- Pipeter lentement 0.2 ml de solution D (LCK138/238/338D). fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable.
- 7- Attendez 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer dans le spectrophotomètre.



Mode opératoire du P_{total} :

- 1- Enlever délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- 2- Dévisser le DosiCap Zip
- 3- Pipeter 2 ml d'échantillon
- 4- Vissez le DosiCap Zip, dirigeant le cannelage vers le haut.
- 5- Secouer énergiquement

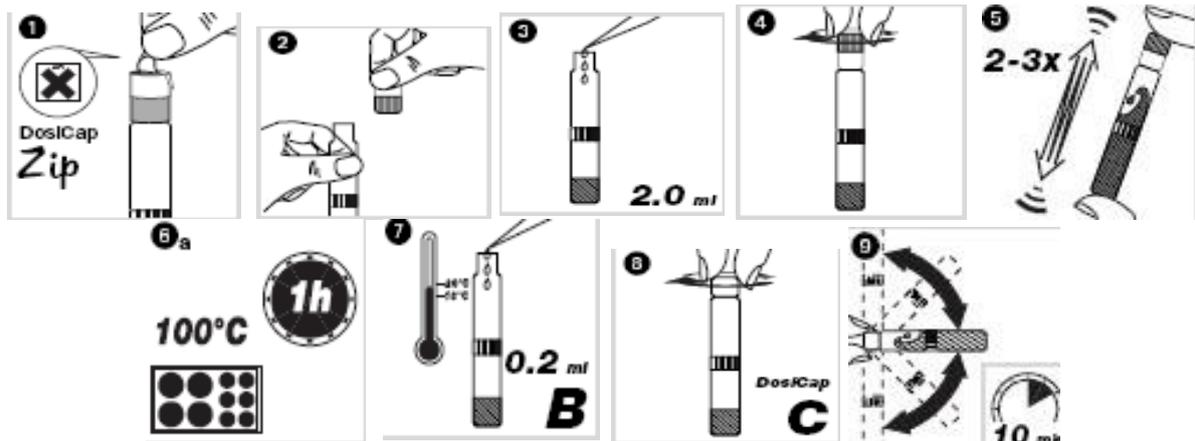
6- Chauffer dans le thermostat 60 min à 100 °C

7- Pipeter dans la cuve une fois refroidie : 0,2ml de réactif B (LCK 348/349/350 B).

fermer immédiatement le réactif B après emploi

8- Visser un DosiCap C (LCK 348/349/350) gris sur la cuve.

9- Mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite. Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.



Bibliographie

[1]: Article. Contribution à l'optimisation du traitement biologique des effluents agroalimentaires par le réacteur séquentiel discontinu : M.FAOUZI, M. MERZOUKI, H. EL FADEL, M.BENLEMLIH, laboratoire de biotechnologie, faculté des sciences Dhar Mehraz BP : 1796, Atlas, Fès, Maroc.

[2]: service assainissement RADEEF, fiche de publication des travaux de la station d'épuration des eaux usées de Fès 2007 << créer le réseau d'assainissement de la ville de Fès>>, RADEEF.

[3]: Fiche technique sur l'assainissement collectif n° 5 : La filière Boues Activées

[4]: Ondeo Industrial Solutions, EQUATORIAL COCA COLA ERADI Fès et Marrakech, 22 Mars 2007.

[5]: Cours : différentes filières de traitement des eaux, Dr. R. SALGHI : Professeur Habilité à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir

[6]: manuel d'analyses physico-chimiques de la step de la CBGN

[7] : Gestion de la demande en eau et production industrielle saine : cas d'une industrie de mise en bouteille à Marrakech – Maroc E. Ait Hsine¹, A. Benhammou¹ et M-N. Pons²

[8] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Floculation>