



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

**Evaluation de l'efficacité du traitement des eaux
usées générées par la Compagnie des Boissons
Gazeuses du Nord (CBGN) : Suivi de quelques
paramètres**

Présenté par :

◆ BACHIR ABDOU Oumalher

Encadré par :

◆ Mr El Khammar FAHMI (Société)

◆ Pr Abdelaziz ZEROUALE (FST)

Soutenu Le 07 Juin 2017 devant le jury composé de:

- Pr A. ZEROUALE

- Pr O. SQALLI HOUSSAINI

- Pr N. IDRISSE KANDRI

- Mr El K. FAHMI (CBGN)

Stage effectué à la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord (CBGN)

Année Universitaire 2016 / 2017

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES – SAISS

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzer – FES

☎ Ligne Directe : +212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : +212 (0)5 35 60 82 14

Site web : <http://www.fst-usmba.ac.ma>

Remerciements

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de commencer ce rapport par des mots de remerciements à l'endroit de ceux qui m'ont beaucoup guidée, m'ont fait bénéficier de leurs expériences, m'ont appris à lier la théorie à la pratique au cours de ce stage, de même qu'à ceux qui ont eu la gentillesse de faire de ce stage un moment très agréable pour moi.

Mes remerciements vont à l'endroit de mon encadrant pédagogique, M. Abdelaziz ZEROUALE, pour ses conseils et ses remarques constructives, ainsi que toute l'équipe pédagogique de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, en particulier aux enseignants intervenant dans la formation des étudiants en génie chimique.

Je tiens également à remercier mon maître de stage, M. El Khammar FAHMI, Responsable de la qualité, ainsi que M. Omar MANSOUR, Technicien responsable du suivi de la STEP, pour l'accueil, la confiance et tous les conseils et informations qu'ils ont bien voulu me donner afin que ce stage se passe dans les meilleures conditions.

Je remercie également les professeurs Ouafae SQALLI HOUSSAINI et Nouredine IDRISSE KANDRI d'avoir accepté de juger ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A ma mère

A mon père

A mes frères

A mes sœurs

Merci de m'avoir toujours supportée dans mes décisions. Merci pour tout votre amour, votre confiance, votre patience et tous les conseils que vous m'avez prodigués durant mon cursus scolaire et universitaire.

A mes oncles, tantes, cousin(e)s et mes ami(e)s qui ont toujours été à mes côtés.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma réussite et qui, j'espère, m'aideront dans la poursuite de mes études.

Je vous adresse ma plus profonde gratitude.

Liste des abréviations

- CBGN** : Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord
- CBGS** : Compagnie des Boissons Gazeuses du Sud
- COBOMI** : Compagnie de Boissons Marocaines et Internationales
- CUI** : Contrôle d'Utilisation Industrielle
- DBO₅** : Demande Biologique en Oxygène pendant cinq jours
- DCO** : Demande Chimique en Oxygène
- ECCBC** : Equatorial Coca-Cola Bottling Company
- GMMP** : Gestion Magasin Matières Premières
- IB** : Indice de Boues
- MES** : Matière en Suspension
- MPR** : Magasin Pièces de Rechange
- NABC** : North Africa Bottling Company
- NEP** : Nettoyage En Place
- OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- PDI** : Programme de Dépollution Industrielle
- SBGS** : Société des Boissons Gazeuses du Souss
- SCBG** : Société Centrale des Boissons Gazeuses
- SIM** : Société Industrielle Marocaine
- STEP** : Station d'épuration

Liste des tableaux :

<u>Tableau 1</u> : Fiche technique de la CBGN.....	4
<u>Tableau 2</u> : Produits de la société.....	6
<u>Tableau 3</u> : Normes marocaine pour les rejets d'eau épurées	22

Liste des Figures :

<u>Figure 1</u> : Organigramme de la CBGN.....	5
<u>Figure 2</u> : Classification des types de traitement biologiques des eaux usées	11
<u>Figure 3</u> : Schéma du principe de traitement biologique par boues activées	12
<u>Figure 4</u> : Schéma du procédé d'épuration de la STEP de la CBGN	14
<u>Figure 5</u> : Schéma du principe de l'adsorption et du pontage à l'aide d'un polymère.....	18
<u>Figure 6</u> : Appareillage de mesure de MES	24
<u>Figure 7</u> : Armoire thermorégulatrice.....	25
<u>Figure 8</u> : Thermostat et spectrophotomètre	27
<u>Figure 9</u> : Courbe d'évolution du pH en fonction du temps	28
<u>Figure 10</u> : Courbe d'évolution des MES en fonction du temps.....	29
<u>Figure 11</u> : Courbe d'évolution de la DBO ₅ en fonction du temps	30
<u>Figure 12</u> : Courbe d'évolution de la DCO en fonction du temps	31

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation de l'entreprise d'accueil	3
I. Historique de la CBGN	3
II. Fiche technique	4
III. Missions de la CBGN	4
IV. Activités de la CBGN	4
V. Organigramme de la CBGN	5
VI. Produits de la société.....	6
Chapitre II : Revue bibliographique	7
I. Pollution de la ville de Fès et de ses environs.....	7
1. Pollution de la ville de Fès	7
2. Pollution de l'Oued Sebou	7
II. Programme de dépollution de la ville de Fès	8
III. Sources de pollution générées par la CBGN	8
IV. Différents types de traitement des eaux usées - Type de traitement utilisé par la CBGN	10
1. Différents types de traitement des eaux usées	10
2. Type de traitement utilisé par la CBGN	11
Chapitre III : Présentation de la STEP de la CBGN et travaux effectués	14
I. Présentation de la STEP de la CBGN.....	14
1. Description du procédé.....	14
2. Bases du choix du traitement biologique à boues activées	21
II. Travaux effectués	22
1. Méthodologie de travail	22
2. Matériel et méthode	22
3. Résultats et interprétations	28
Conclusion générale	32

Introduction générale

Il ne fait aucun doute que la gestion de l'eau est l'un des enjeux majeurs du XXI^e siècle aussi bien à l'échelle du Maroc qu'à l'échelle mondiale. L'eau constitue à la fois une ressource vitale et un milieu de vie pour de nombreuses espèces. Mais, de plus en plus souvent, l'eau n'est pas là où et quand nous en avons le plus besoin. Cette situation fait que le volume d'eau disponible par habitant et par an est un indicateur de la richesse ou de la pauvreté d'un pays vis-à-vis de l'eau. Par ailleurs, la détérioration de la qualité des ressources en eau suite à l'activité humaine constitue une menace aussi importante que celle liée au déséquilibre quantitatif.

L'eau peut être contaminée par diverses sources de pollution telles que les matières organiques, les chlorures, les nitrates, les microorganismes nocifs. Les principales sources de pollution sont les engrais, les insecticides, les pesticides ou les fongicides et les produits phytosanitaires. Ces produits peuvent être charriés par les eaux de ruissellement et polluer les nappes phréatiques.

Dans la ville de Fès, la pollution engendrée par le secteur industriel est très importante ; d'où une gestion plus rigoureuse des déchets liquides. Le débit des eaux usées industrielles et domestiques est d'environ 105.000 m³/j, la charge polluante de 1.200.000 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.

Pour toutes ces raisons, les eaux industrielles et leurs traitements sont désormais placés au cœur des préoccupations environnementales auxquelles sont confrontés les industriels. De l'entrée, au rejet des eaux industrielles en passant par le traitement pour l'obtention d'eau de process, les contraintes réglementaires sont nombreuses. Cela implique de nombreuses recherches de solutions de la part des industriels, afin de limiter l'impact sur l'environnement.

C'est ainsi que la prise de conscience environnementale et le respect des législations ont amené la CBGN à travailler dans le respect de son milieu environnant. C'est dans ce contexte, qu'elle a mis en place une station d'épuration assurant le traitement de ses eaux résiduaires avant qu'elles ne soient déversées dans le réseau d'assainissement.

Notre travail consiste à évaluer l'efficacité du traitement des eaux usées générées par la CBGN.

Pour se faire, notre rapport est subdivisé en trois chapitres :

- ◆ Présentation de l'entreprise d'accueil
- ◆ Revue bibliographique
- ◆ Présentation de le STEP de la CBGN et travaux effectués

Chapitre I : Présentation de l'entreprise d'accueil

I. Historique de la CBGN

La CBGN est l'un des embouteilleurs franchisés de la Compagnie Coca-cola ; elle a été créée en 1952, et fut implantée au début à la place actuelle de l'hôtel Sofia.

Entreprise familiale, elle a connu un fort développement et son capital est passé de 200 000 Dhs en 1952 à 3 720 000 Dhs en 1995 grâce à une diversification de ses produits.

En 1971, elle fût transférée au quartier industriel Sidi Brahim; Durant ces années et jusqu'en 1987, la CBGN ne fabriquait que Coca Cola et Fanta Orange. C'est ainsi que, dans le souci d'augmenter sa part de marché, la compagnie a opté pour la diversification de ses produits et pour la même raison elle a acquis l'unité SIM (Société Industrielle Marocaine) principale concurrente en Mars 1997.

En 1999, elle a été rachetée par The Coca-Cola Holding. Ce contact direct avec la compagnie lui a permis d'améliorer son organisation et sa notoriété.

En 2002, la CBGN devint filiale de l'Equatorial Coca-Cola Bottling Company (ECCBC) qui, elle aussi, est filiale du Groupe COBEGA à 70 % et de The Coca-Cola Holding à 30 %.

En septembre 2004, le groupe ECCBC a décidé de la création de la société NABC : North Africa Bottling Company dont la CBGN fait partie en plus de la Société Centrale des Boissons Gazeuses (SCBG) pour Casablanca et Rabat, l'Atlas Bottling Company pour Tanger et Oujda, la Compagnie des Boissons Gazeuses du Sud (CBGS) pour la ville de Marrakech, et la Société des Boissons Gazeuses du Souss (SBGS) pour la ville d'Agadir.

Depuis 2005 la Compagnie de boissons marocaines et internationales (COBOMI) fait également partie de cette société.

Aujourd'hui, la CBGN dispose de deux (2) lignes de production en verre ; son territoire s'étend sur 64.260 Km² pour une population de 4,9 millions d'habitants et avec cinq (5) centres de distribution : Fès, Meknès, Errachidia, Khénifra et Sidi Slimane.

II. Fiche technique

Tableau 1 : Fiche technique de la CBGN

Raison sociale	Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord
Forme juridique	Société anonyme (SA)
Secteur d'activité	Agroalimentaire
Siège social	Quartier industriel Sidi Brahim
Boîte postale	2284-Fès
Téléphone	0535965000/0535 96 50 96
Fax	0535965015/0535965025
N° de patente	13245421
N° d'identification fiscale	102054
Directeur d'exploitation	Mr. KHOUATI Mohammed
Capital	3.720.000 Dhs
Superficie	Environ 1 hectare
Nombre de personnels	240 permanents (atteint 350 dans la haute saison)
Limite territoriale	Région du centre
Certifications	OHSAS-18001, ISO-9001, ISO-14001, ISO-22000, PAS-220, KORE

III. Missions de la CBGN

La CBGN dispose de deux (2) unités, l'une chargée à la fois de la production et de l'administration et l'autre de la distribution. Ses missions sont :

- La mise en bouteille et la commercialisation de boissons gazeuses sur Fès et ses environs ;
- L'assurance de la disponibilité des boissons dans les cinq (5) centres de distribution ;
- Le respect des prix au niveau des points de vente.

IV. Activités de la CBGN

Les activités de la CBGN sont les suivantes :

- L'achat du concentré de la boisson ;
- La production et la mise en bouteille (voir annexe 1) (trois grandes étapes):
 - Traitement, adoucissement et recyclage des eaux (voir annexe 2) ;
 - Préparation du sirop ;
 - Embouteillage en verre.
- La commercialisation et la distribution des produits ;
- L'exécution de commande, le stockage de la marchandise et l'assortiment des points de vente.

V. Organigramme de la société

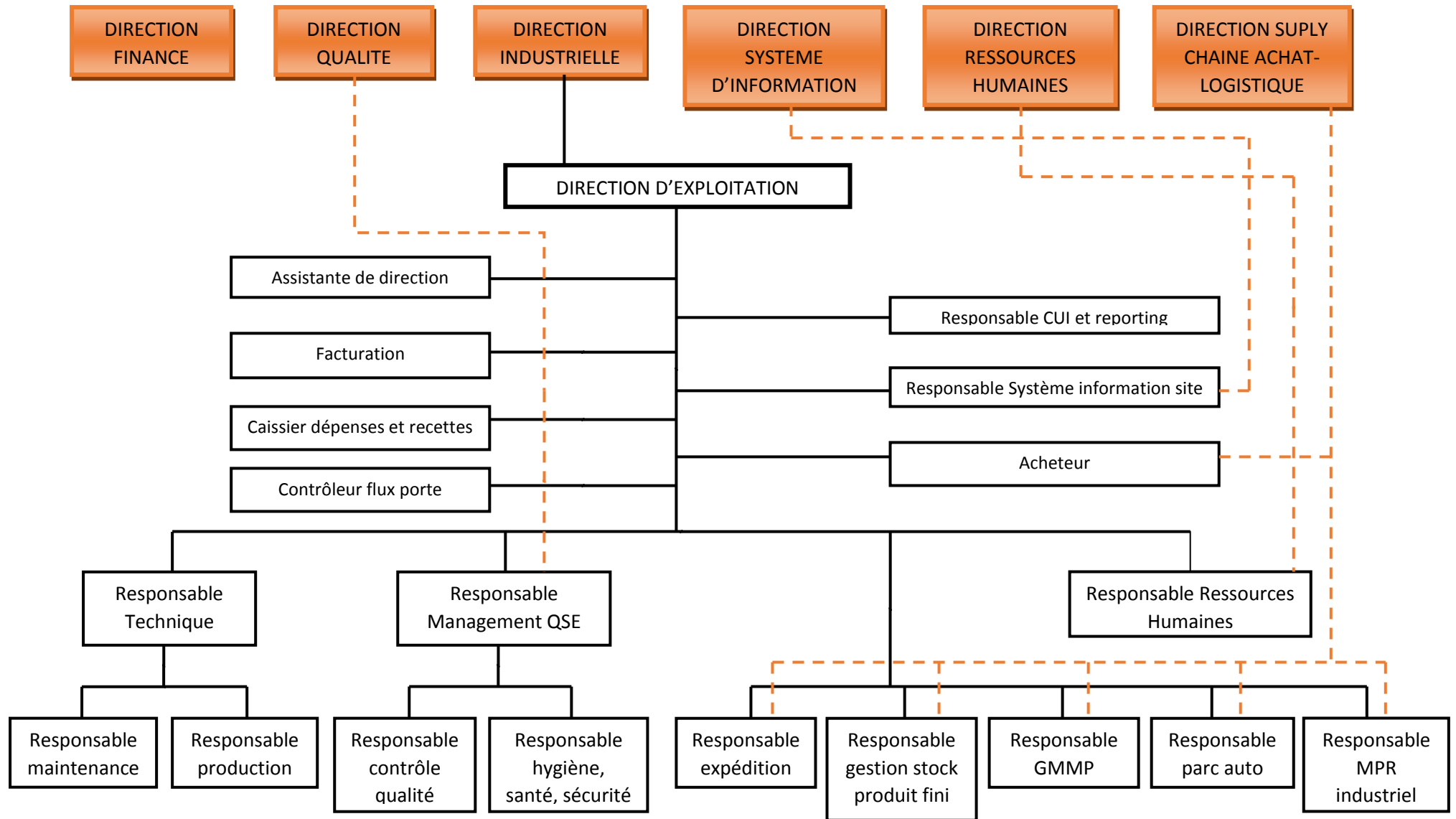


Figure 1 : Organigramme de la CBGN

VI. Produits de la société

La CBGN est responsable de la production et de la distribution de diverses boissons gazeuses non alcoolisées. Tous ces produits sont issus d'une démarche qualité rigoureuse et sont conditionnés dans du verre de différentes contenances. Le tableau ci-dessous nous donne un aperçu des produits de la société :

Tableau 2 : Produits de la société

Contenance Parfum	20 Cl	35 Cl	100 Cl
Coca Cola			
Fanta Orange			
Hawai Tropical			
Pom's			
Sprite			
Schweppes Citron			
Schweppes Tonic			

	Taille produite par la société
	Taille non produite par la société

Chapitre II : Revue bibliographique

I. Pollution émise par la ville de Fès et Pollution de ses environs

1. Pollution émise par la ville de Fès

Comptant près de 1.3 million d'habitants, la ville de Fès est la troisième ville du Maroc. Elle est également un pôle industriel capital, soit le deuxième rang au Maroc avec plus de 400 unités industrielles en plus d'ateliers artisanaux couvrant toutes les branches à savoir:

- ◆ L'agroalimentaire: huileries, levureries, boissons et conserveries,
- ◆ Textile : tanneries, dinanderies ...etc.

L'ensemble de ces unités ainsi que les usages domestiques produisent un volume annuel d'eaux non traitées d'environ 38 millions de m³ par an engendrant 40% de la pollution du Sebou ; Ce qui pose d'énormes problèmes à la fois pour le réseau lui-même et pour le milieu récepteur.

2. Pollution de l'Oued Sebou :

L'oued Sebou est actuellement l'un des oueds les plus pollués à l'échelle nationale. La qualité de ses eaux, après réception des eaux usées de Fès, est considérée hors classe, ne devant servir à aucune utilisation, situation qui engendre d'ailleurs des répercussions néfastes sur ce bassin et notamment sur les conditions d'irrigation, la santé, les conditions de potabilisation de l'eau et les conditions socio-économiques de la région.

L'existence des deux principales plaines agricoles du pays ainsi que la multitude et la diversité des unités industrielles au niveau des grandes villes du bassin (Fès, Meknès, Kenitra et Sidi Kacem) sont les principales causes de la dégradation de la qualité des eaux du bassin. L'utilisation des engrais et les pesticides en périmètres irrigués dépassent le besoin des plantations et constituent donc une source de pollution. En l'absence d'un processus d'épuration, toutes les eaux usées industrielles ou domestiques de l'ordre de 38 millions de m³/an (40% de la pollution du Sebou) sont rejetées directement dans l'oued Sebou. La

dépollution de cet oued est donc une priorité nationale qui passe impérativement par l'épuration des eaux usées de la ville de Fès.

II. Programme de dépollution de la ville de Fès

Dans le cadre du projet de la mise en place d'une station d'épuration urbaine de la ville, un programme de dépollution industrielle (PDI) s'est avéré indispensable. Ce programme consiste à équiper les unités industrielles les plus polluantes de systèmes de traitement ou de prétraitement nécessaires pour ne pas nuire au bon fonctionnement des futures STEP. Les unités concernées (huileries, tanneries, dinanderies, agro-alimentaires et textiles) se caractérisent par :

- ❖ Une charge polluante inhibitrice du processus d'épuration biologique prévue pour la future STEP par boues activées: les rejets toxiques chargés en métaux lourds (tanneries, dinanderies, textile) ;
- ❖ Une forte charge polluante organique, ou charge très fluctuante : huileries, levureries, boissons alcoolisées et gazeuses.

Ce programme concerne 65% de la pollution organique industrielle de la ville Fès (voir annexe 3).

III. Sources de pollution générées par la CBGN

Dans le processus de fabrication des boissons gazeuses, l'eau constitue un élément principal dans la chaîne industrielle. Le ratio d'eau de la CBGN est de l'ordre de 2,5 litres d'eau par litre de produit fini, c'est-à-dire que pour préparer 1 litre de boisson on a besoin de 2,5 litres d'eau. Cela implique que 60% d'eau consommée par la production est éliminée sous forme de rejets. Ce ratio était au départ de 3,5 litres, mais la société a mis en place une station de recyclage, qui permet de récupérer une partie de l'eau utilisée pour le rinçage finale des bouteilles dans l'étape de lavage et de nettoyage.

Ces rejets sont stockés dans une fosse avant d'être acheminés dans la fosse de collecte de la station d'épuration.

Les eaux résiduaires à traiter sont constituées par les eaux de :

- Lavage des filtres à sable, des filtres à charbon et des filtres polisseurs utilisés dans le traitement des eaux ;
- Régénération des adoucisseurs et du décarbonateur ;
- Lavage et rinçage des bouteilles en verre (laveuse n° 1 et n° 2). Les substances utilisées sont détersives : du chlore et une solution de NaOH à 2.5% ;
- Lavage des équipements de préparation et de filtration du sirop simple (contimol, filtre à charbon, filtre à célite et cuve de stockage) ;
- 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 de détergents ;
- Laboratoire : les boissons qui restent dans les bouteilles après les analyses.

En termes de quantité, l'opération de lavage des bouteilles en verre et le système de sanitation sur place après chaque changement de produit, constituent les sources les plus importantes de rejet d'eaux.

Les flux de pollution sont de moyenne charge ($300 < \text{DCO} < 3000$) et il s'agit essentiellement d'une pollution organique dissoute biodégradable (sucre). Les principaux polluants sont le saccharose et la soude.

L'opération de préparation des sirops produisant des rejets riches en saccharose représente l'opération la plus polluante. Ces rejets chargés en sucre causent une augmentation de la DCO et de la DBO_5 et sont facilement biodégradables.

Les rejets générés par l'activité de lavage des bouteilles en verre présentent la principale source de la soude contenue dans les rejets et provoquant une augmentation du pH ($9 < \text{pH} < 12$).

IV. Différents types de traitement des eaux usées-Type de traitement utilisé par la CBGN

1. Différents types de traitement des eaux usées

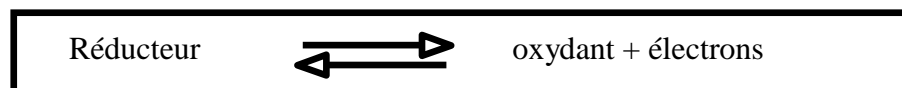
Ce sont des opérations unitaires qui sont mises en œuvre soit seule, soit en complément avec des procédés biologiques. Les principales méthodes physico-chimiques d'épuration des eaux usées sont :

1.1.Traitements physico-chimiques

L'épuration physico-chimique des eaux usées est une technologie fréquemment utilisée en assainissement des eaux usées. Cette technique s'applique entre autres pour la séparation de métaux lourds, d'huiles et de graisses, de substances en suspension et de substances émulsifiantes, de composants organiques et inorganiques, de polluants toxiques ou de solutions hautement salines et du phosphore, etc.... Les techniques d'épuration physico-chimiques servent de traitement préliminaire, de traitement de finition ou de traitement spécifique, en ce qui concerne la réutilisation de l'eau dans le process.

On peut citer comme procédés de traitement physico-chimiques :

- L'oxydation



- La précipitation
- La coagulation-Floculation (voir annexe 4)
- Les procédés membranaires (voir annexe 5)

1.2.Traitements biologiques

Dans le traitement des eaux industrielles ou des eaux domestiques on utilise souvent les traitements biologiques afin d'éliminer les éléments organiques comme les graisses, les sucres, les protéines, etc. La dégradation de ces éléments organiques est assurée par des microorganismes (bactéries) qui consomment les matières organiques en présence d'oxygène (méthode aérobie) ou sans oxygène (méthode anaérobie).

On distingue deux grands types de traitements biologiques :

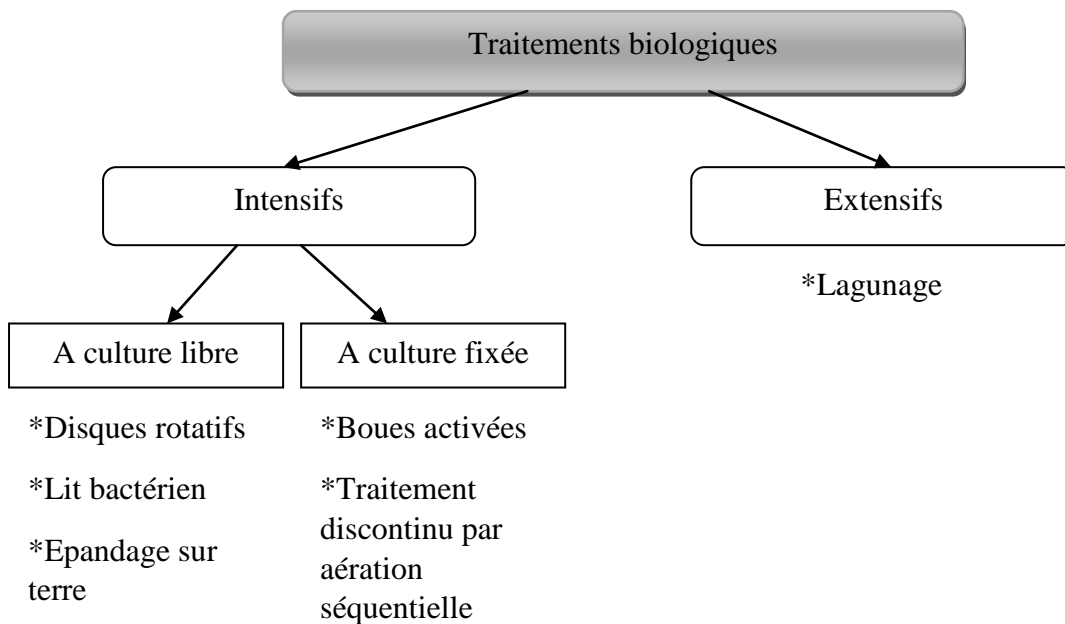


Figure 2: Classification des types de traitement biologique des eaux usées

2. Type de traitement des eaux usées utilisé par la CBGN

Le type de traitement utilisé par la CBGN est le traitement par boue activée. Ce type de traitement a été choisi parce que les rejets de la CBGN sont principalement constitués de saccharose et de soude.

• Principe

Le système d'épuration étant aérobie, la culture bactérienne est maintenue dans un bassin aéré et brassé. Les matières organiques contenues dans l'eau, se transforment en matière minérale sous forme de dioxyde de carbone, sous l'action des bactéries. Les résidus ainsi formés, contenant ce stock de bactéries, sont appelés "boues".

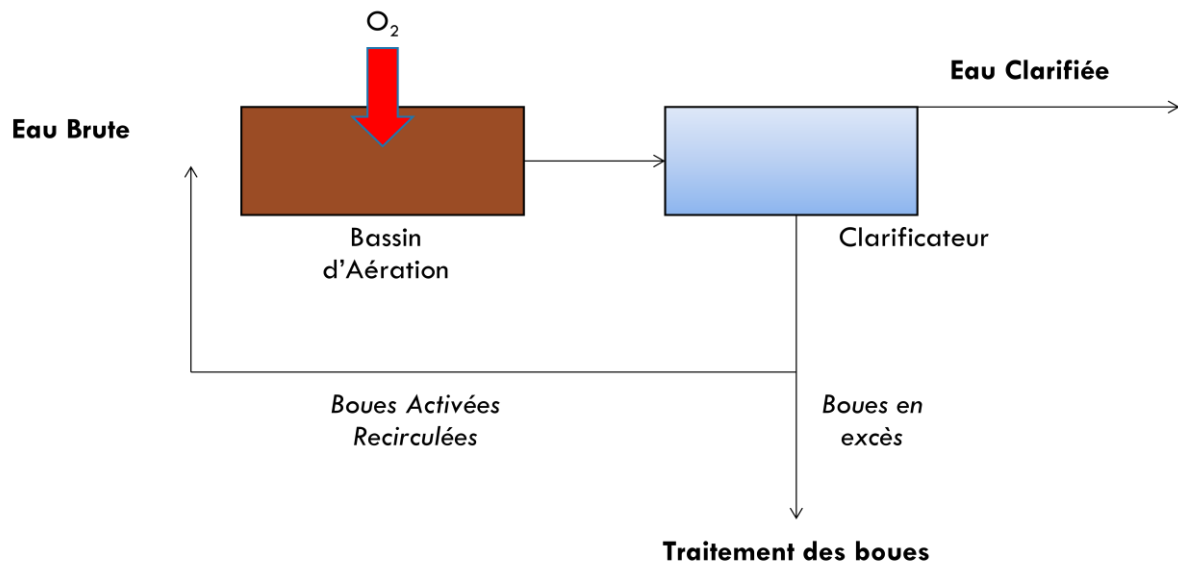


Figure 3 : Schéma du principe de traitement biologique par boues activées

- **Avantages :**

- Bon rendement épuratoire ;
- Superficie réduite, ce qui favorise l'intégration dans le site de la société dont l'effluent est concerné par le traitement ;
- Haute performance ;
- Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (surtout en ce qui concerne la DBO₅ et la DCO);
- Très bonne qualité de traitement du carbone et d'azote et adaptation aisée au traitement du phosphore ;
- Boues légèrement stabilisées.

- **Inconvénients :**

- Sensibilité aux variations de charges et aux substances toxiques ;
- Exploitation coûteuse exige en plus d'un apport régulier en éléments nutritifs, une réactivation des bactéries de la station afin qu'elle puisse reprendre leur processus de digestion et donc de traitement ;
- Inadaptation aux variations brutales et importantes des flux de pollution ;
- Les baisses de température des effluents ralentissent les processus biologiques ;

- Production de boues conséquentes nécessitant un traitement adapté suivant la capacité des ouvrages ;
- Consommation énergétique importante ;
- Nécessité d'une exploitation attentive (extraction régulière des boues, adaptation de l'aération aux besoins, etc.).

Chapitre III : Présentation de la STEP de la CBGN et travaux effectués

Les eaux usées industrielles désignent les eaux qui proviennent des activités industrielles et qui sont de nature à polluer les milieux dans lesquels elles sont déversées. Elles sont différentes des eaux usées domestiques et leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. C'est pourquoi, dans un souci de respect du milieu récepteur, des traitements adéquats doivent être appliqués à effluents. C'est dans cette optique et dans le but de répondre aux besoins de l'industrie agro-alimentaire en matière de protection de l'environnement que la CBGN a mis en place en 2009, une station d'épuration des eaux usées par boue activée assurant le traitement de ses eaux résiduares, qui sont caractérisées par une forte pollution organique.

I. Présentation de la station d'épuration de la CBGN

1. Description du procédé

Le schéma du procédé de traitement des eaux usées de la CBGN se présente comme suit :

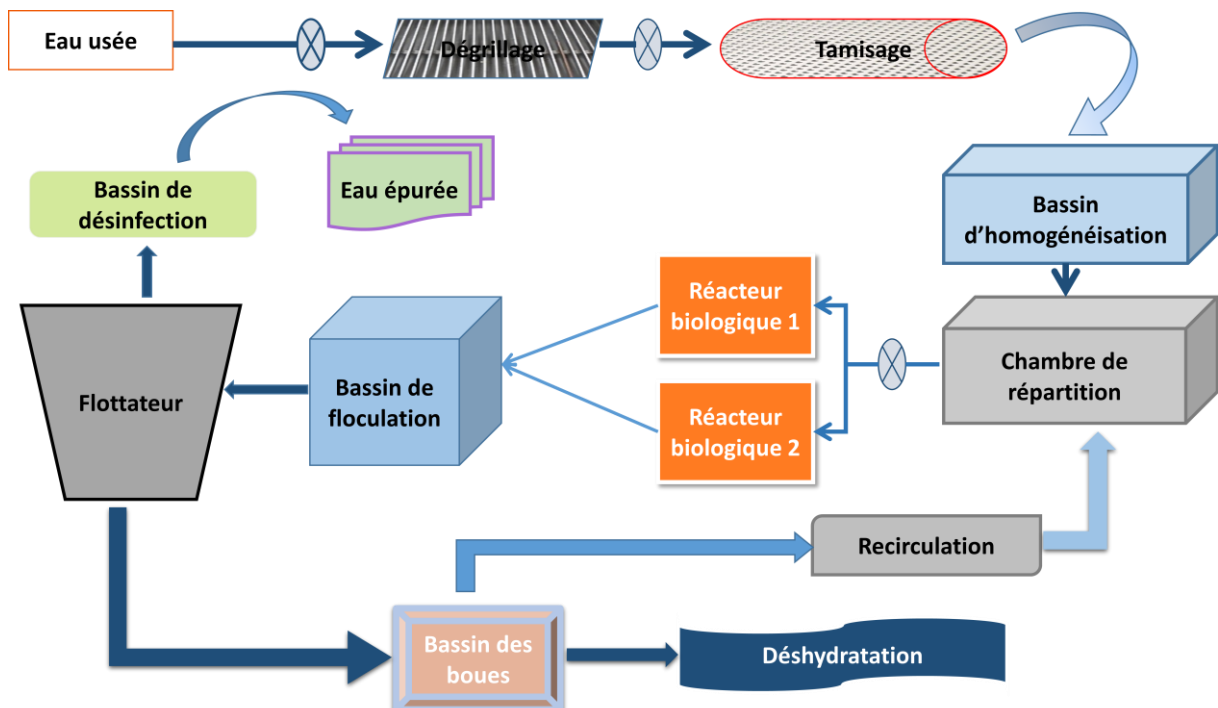


Figure 4 : Schéma du procédé d'épuration de la STEP de la CBGN

Les différentes étapes du traitement sont les suivantes :

1.1.Prétraitement

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).

1.1.1. Dégrillage :

Il assure la protection des ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets, (papiers, bouchons, matières plastiques, objets divers...) susceptibles de provoquer des bouchages 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 (voir annexe 6).

1.1.2. Tamisage

Il est 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 peuvent nuire au fonctionnement des installations ; l'eau tamisée est dirigée vers le bassin d'homogénéisation alors que les déchets récupérés (refus du tamis fin) sont stockés dans une benne (voir annexe 7).

1.2.Traitement primaire

1.2.1. Homogénéisation

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 2600m³/h à l'aide de deux supprimeurs (un en marche et l'autre en secours) (voir annexe 8).

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

1.2.2. Répartition

La régulation du débit, la neutralisation par l'acide sulfurique ainsi que l'ajout des nutriments (Azote et phosphore) sont réalisés dans un même bassin appelé bassin de répartition (voir annexe 9).

- **Régulation du débit**

Les effluents sont repris depuis le bassin d'homogénéisation par un ensemble de trois pompes centrifuges, de débit $16\text{m}^3/\text{h}$, 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.

- **Ajout des nutriments**

Le développement des bactéries nécessite la présence en quantités suffisantes d'éléments nutritifs : le carbone, l'azote et le phosphore. Ces deux derniers existent naturellement dans les eaux à traiter mais en quantités insuffisantes. Ils sont donc apportés par injection d'urée (pour l'azote) et de phosphate d'ammonium (pour le phosphore).

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.

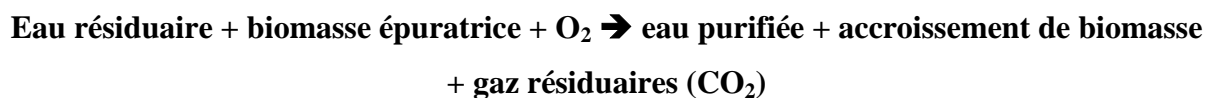
Afin de maintenir une biomasse suffisante dans les réacteurs biologiques, le fonctionnement du procédé repose sur le recyclage par pompage, dans le bassin de répartition, d'une partie des boues stockées dans un bassin.

1.3. 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 aux eaux usées.

La biodégradation peut être décrite par la réaction simplifiée suivante :



❖ Procédé

- Le traitement biologique au sein de la CBGN est opéré dans deux bassins rectangulaires construits en béton armé de 400 m³ chacun, recevant l'effluent provenant du bac de répartition (voir annexe 10) ;
- la présence de deux supprimeurs assure l'alimentation en air comprimé, injecté dans le fond des deux réacteurs biologiques, puis distribué par des diffuseurs d'air ;
- en présence des nutriments et de l'oxygène, les bactéries assurent la biodégradation des matières polluantes.

Remarque :

- Le taux d'oxygène dissous est mesuré au moyen de deux oxymètres ;
- En sortie du réacteur, nous obtenons une liqueur mixte composée de boues floculées et d'eau épurée ;
- 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 (IB) 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.

➤ Boues activées

Les boues activées sont principalement constituées de particules solides non retenues par les prétraitements en amont de la station d'épuration, de matières organiques non dégradées, de matières en suspension minérales et de micro-organismes.

1.4. Traitement tertiaire

1.4.1. 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.

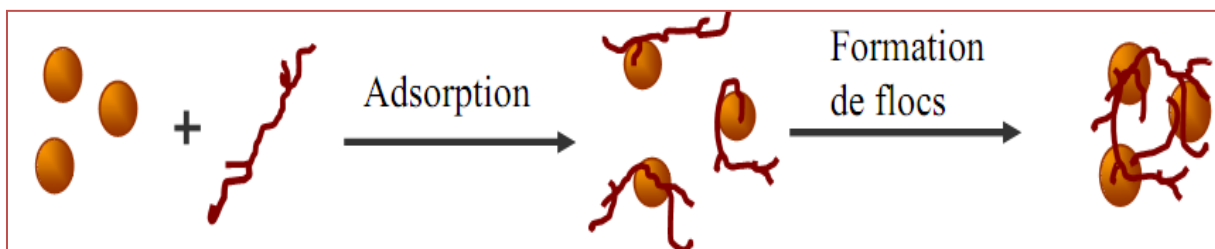


Figure 5: Schéma du principe de l'adsorption et du pontage à l'aide d'un polymère

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 flocculation (voir annexe 11) assurant le mélange de l'effluent avec un flocculant injecté grâce à un agitateur ;

L'injection du polymère (flocculant) est réalisée par une pompe doseuse d'un débit maximal de 65,6 l/h. Les boues sont alors agglomérées sous forme de floccs.

1.4.2. Clarification

La clarification est effectuée au moyen d'un flottateur permettant la séparation eau/boues. Une partie des eaux traitées est récupérée et pressurisée par une pompe située 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 flocculées 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 résiduelles ». Elles sont envoyées vers le bassin des boues.

❖ Procédé

Le flottateur est un ouvrage cylindrique, équipé d'un dispositif de raclage des boues superficielles et des boues de fond (voir annexe 12). L'eau flocculée 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 siphonoïde périphérique vers une trémie de collecte et de sortie sous forme d'eau traitée ou clarifiée.

A 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 flottateur, 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.

1.4.3. Mélange final et 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 SEBOU.

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

Au moment 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 ($6,5 < \text{pH} < 8$).

- **Procédé**

La neutralisation finale du pH de l'eau épurée et sa désinfection sont réalisées dans le bassin de désinfection (voir annexe 13) construit en béton armé ; la mesure du pH se réalise à l'aide d'une sonde de pH et son ajustement 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.

1.4.4. Evacuation 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.

1.5. Traitement des boues

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

- **Extraction, recirculation et déshydratation des boues biologiques**

Une partie des boues du bassin est recirculée par des pompes rotor de $7\text{m}^3/\text{h}$ vers les bioréacteurs afin d'y maintenir une biomasse épuratrice optimale.

Lorsque le niveau du bassin des boues arrive à 45%, l'opération de recirculation des boues se déclenche automatiquement et elle s'arrête lorsque le niveau atteint 32%.

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 à l'aide d'une centrifugeuse.

La déshydratation devient nécessaire lorsque la quantité des MES dans les réacteurs biologiques atteint 3000 mg/l.

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.

Les boues déshydratées sont récupérées dans une benne et sont mises en décharge.

L'eau qui sort de la centrifugeuse est envoyée vers la fosse de relevage pour être retraitée.

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.

2. Bases du choix de traitement biologique à 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 « à 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 pollution, une concentration élevée en bactérie pour augmenter l'efficacité du traitement.

❖ 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 (voir annexe 14).

ONDEO INDUSTRIAL SOLUTIONS a garanti une qualité de traitement qui répond aux spécifications techniques transmises par la CBGN selon les normes marocaines.

Tableau 3: Normes marocaines des rejets d'eau épurées

Paramètres	Normes
DCO max	300 mg/l
DBO₅ 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 (voir annexe 15).

II. Travaux effectués

1. Méthodologie de travail

Ce travail a été effectué dans le laboratoire de la STEP et s'est déroulé comme suit :

- Familiarisation avec le matériel du laboratoire ;
- Prise de connaissance des consignes de sécurité ;
- Etude des modes opératoires (objectif, principe, appareillage utilisé...)
- Echantillonnage et analyse ;
- Traçage des courbes ;
- Analyse et interprétation des résultats.

2. Matériel et méthode

2.1 Détermination de la température

Elle joue un rôle primordial dans la solubilité des sels, surtout des gaz, et la détermination du pH. De même, elle agit comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivants dans l'eau et varie généralement entre 15 et 35°C.

La mesure de la température se fait au moyen d'un thermomètre.

2.2.Détermination du pH

Le pH désigne le potentiel hydrogène qui mesure la concentration en ions H^+ . La valeur du pH altère la croissance et la reproduction des micro-organismes existants dans une eau, la plupart des bactéries peuvent croître dans une gamme de pH comprise entre 5 et 9, l'optimum dans notre cas est situé entre 6,5 et 8,5. Selon l'organisation Mondiale de la Santé (OMS), des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent la croissance et la survie des micro-organismes aquatiques

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

2.3.Détermination de la matière 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 $\pm 0,0001g$ (Figure 6.a);
- Dessiccateur (Figure 6.b);
- Etuve (ECOCELL) (Figure 6.c) ;
- Membranes de filtration 0,45 μm (Figure 6.d) ;
- Rampe de filtration (Figure 6.e) ;
- Pompe à vide (Figure 6.f).



Figure 6.a



Figure 6.b



Figure 6.c

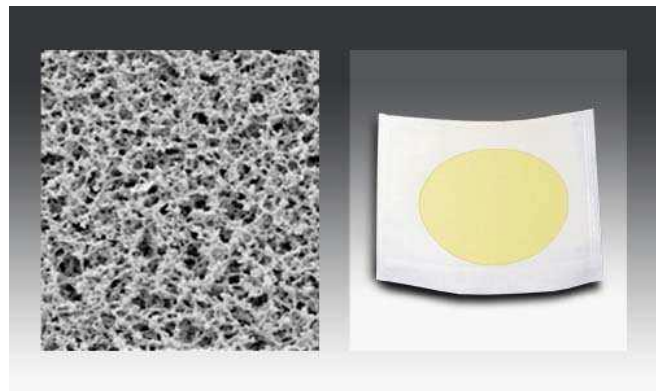


Figure 6.d



Figure 6.e



Figure 6.f

Figure 6 : Appareillage de mesure de MES

Mode opératoire

- Sécher le filtre pendant quelques minutes dans l'étuve

- Laisser refroidir le filtre dans le dessiccateur pendant quelques minutes (pour ne pas absorber l'humidité)
- Peser le filtre : soit M_1 la masse obtenue
- Placer le filtre dans dispositif de filtration (Aspiration sous vide)
- Prélever V ml d'échantillon à analyser
- Filtrer l'échantillon en mettant en service la pompe sous vide
- Rincer les parois internes par l'eau distillée
- Libérer le dispositif pour retirer avec précaution le filtre
- Sécher le filtre dans l'étuve à $105 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 1 heure
- Peser le filtre comme précédemment : Soit M_2 la masse obtenue

Expression des résultats

$$\text{MES} = (M_2 - M_1) \cdot 10^6 / V \text{ (mg/l)}$$

V : Volume en millilitre (ml) de l'échantillon

M_1 : Masse en mg du filtre séché avant utilisation

M_2 : Masse en mg du filtre séché après utilisation

2.4. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ mesure la quantité d'oxygène consommée en 5 jours à 20°C par les microorganismes vivants présents dans l'eau.

Principe de mesure

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

- Incubateur (20°C) portant une armoire thermorégulatrice
- DBO-mètre qui comprend :



Figure 7: Armoire thermorégulatrice

Mode opératoire

Le choix du volume de l'échantillon à analyser dépend de la charge organique contenue dans cette eau d'où l'estimation préalable de la plage de mesure pour que l'enregistrement s'établisse (voir annexe 16).

- Mettre le volume choisi dans le flacon de DBO bien rincé après homogénéisation de l'échantillon. Ce volume est fonction de la plage de mesure à évaluer (DBO évaluée)
- Pour déterminer la DBO de l'échantillon ; on procède à :
 - * Prendre un volume d'échantillon choisi à ensemençer ;
 - * Faire ensuite une semence de 10% contenant une abondante population de bactéries (eau réacteur biologique), au volume de 90% ;
 - * Prendre aussi le même volume d'échantillon d'ensemencement
 - * Effectuer en même temps l'essai de la DBO de l'ensemencement, de l'échantillon ensemençé et de l'échantillon témoin (sortie du flottateur).
- Agitation douce pendant l'incubation
- Mise en place des capsules avec 3 à 4 grains dedans de NaOH (ou 3 à 4 gouttes de KOH) (Adsorption de CO₂) à l'entrée du flacon de DBO
- Ajout d'inhibiteur de nitrification
- Après stabilisation à 20°C pendant 15 à 30 minutes dans l'incubateur appliquez les sondes enregistreuses de DBO sur les flacons et lancer l'enregistrement.

Expression des résultats

$$\text{DBO}(\text{échantillon}) = \frac{\text{DBO}(\text{lue}) - \% \text{semence} * \text{DBO}(\text{ensemencement})}{\text{Fraction décimale d'échantillon}}$$

2.5. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la concentration en mg/l d'oxygène équivalent à la quantité de dichromate consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans les conditions définies.

Principe

Les substances oxydables réagissent avec le bichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), en présence de sulfate d'argent. Le chlorure est masqué avec du sulfate de mercure. La coloration verte du Cr^{3+} sera déterminée photo métriquement.

Appareillage

- Thermostat
- Spectrophotomètre



Figure 8 : Thermostat et spectrophotomètre

Mode opératoire

- Mélanger le contenu de la cuve (tube) pour avoir une solution homogène.
- Pipeter 2.0 ml d'échantillon d'eau usée avec précaution
- Fermer la cuve et nettoyer l'extérieure de celle-ci
- Bien mélanger le tube
- Chauffer dans le thermostat : 2h à 148°C
- Sortir la cuve chaude : Retourner 2 fois avec précaution
- Laisser refroidir à température ambiante dans le support de cuve .
- Bien nettoyer l'extérieure de la cuve et mesurer : les résidus doivent être complètement éliminés avant l'évaluation. Bien nettoyer l'extérieure de la cuve et mesurer dans le spectrophotomètre.

3. Résultats et interprétations :

3.1. pH

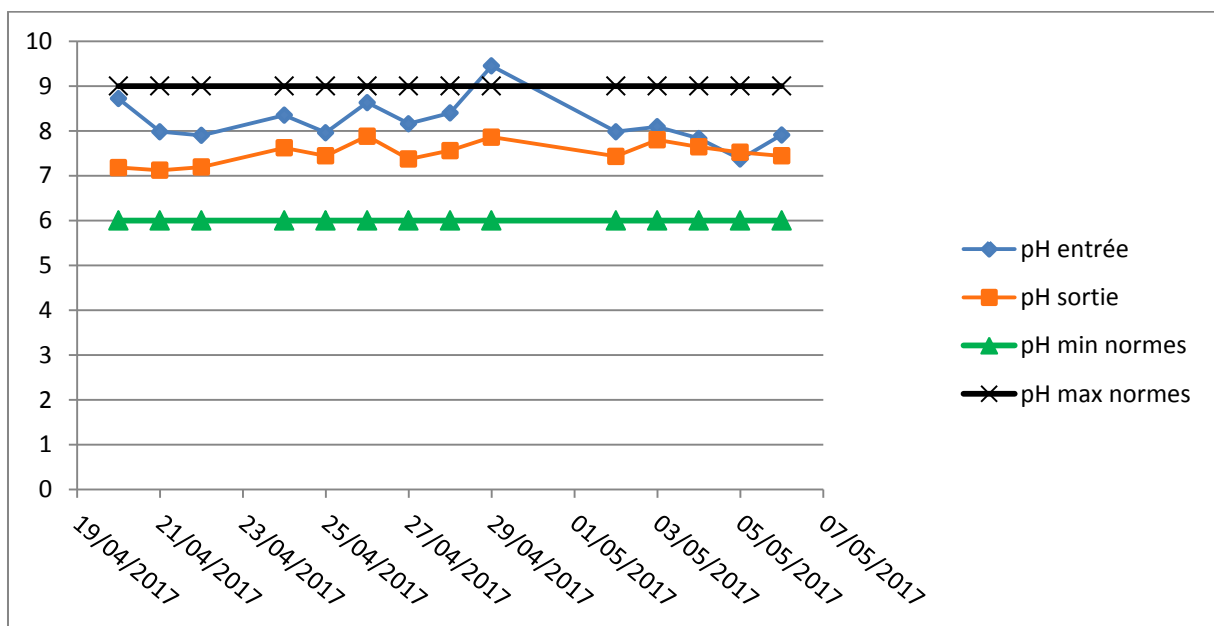


Figure 9 : Courbe d'évolution du pH en fonction du temps

➤ Analyse et interprétation

La courbe d'évolution du pH à l'entrée de la STEP est toujours en dessous de 9 sauf le 29/04/2017, ceci est dû à l'utilisation d'une quantité pas très élevée de soude au niveau des laveuses ; pH à l'entrée étant habituellement compris entre 9 et 12.

La courbe de la sortie est quant à elle toujours entre les deux limites fixées donc dans les normes.

3.2. Matières en suspension

Les MES sont exprimées en mg/l à l'entrée et à la sortie de la STEP

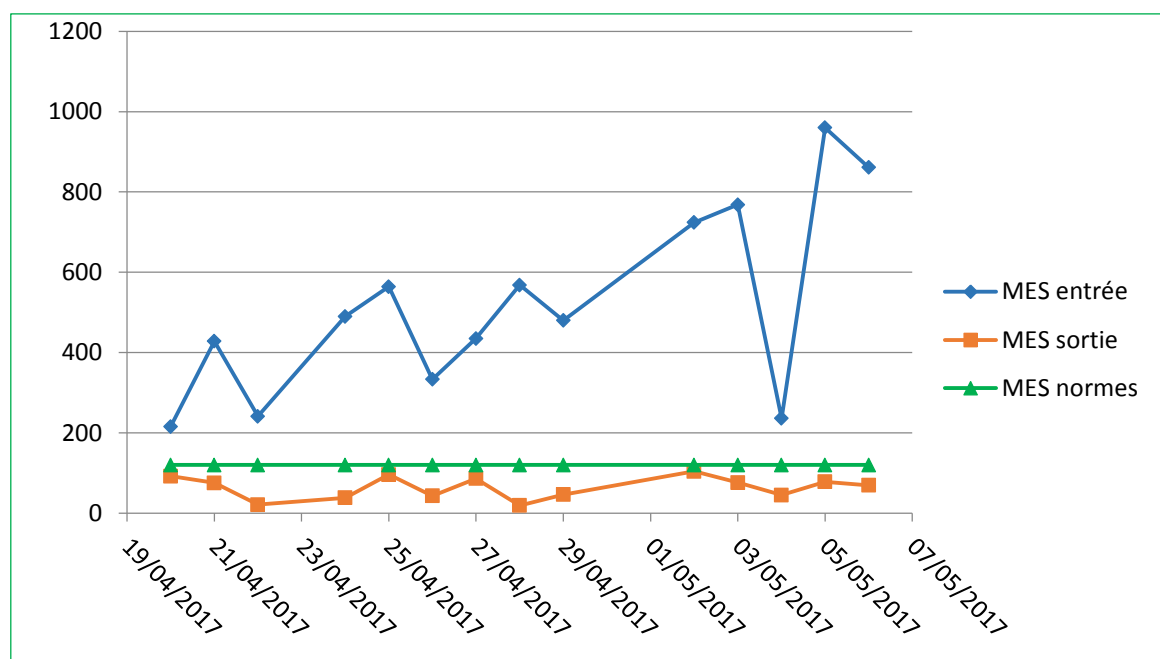


Figure 10 : Courbes d'évolution des MES en fonction du temps

➤ Analyse et interprétation

La courbe de l'entrée présente un pic assez haut en date du 05/05/2017 ; ceci s'explique par le fait qu'il y avait eu, en ce jour, un déversement de produits périmés.

La courbe de la sortie, quant à elle, se situe toujours en dessous des normes.

3.3. Demande biologique en oxygène

La DBO est exprimée en mg d'oxygène/l

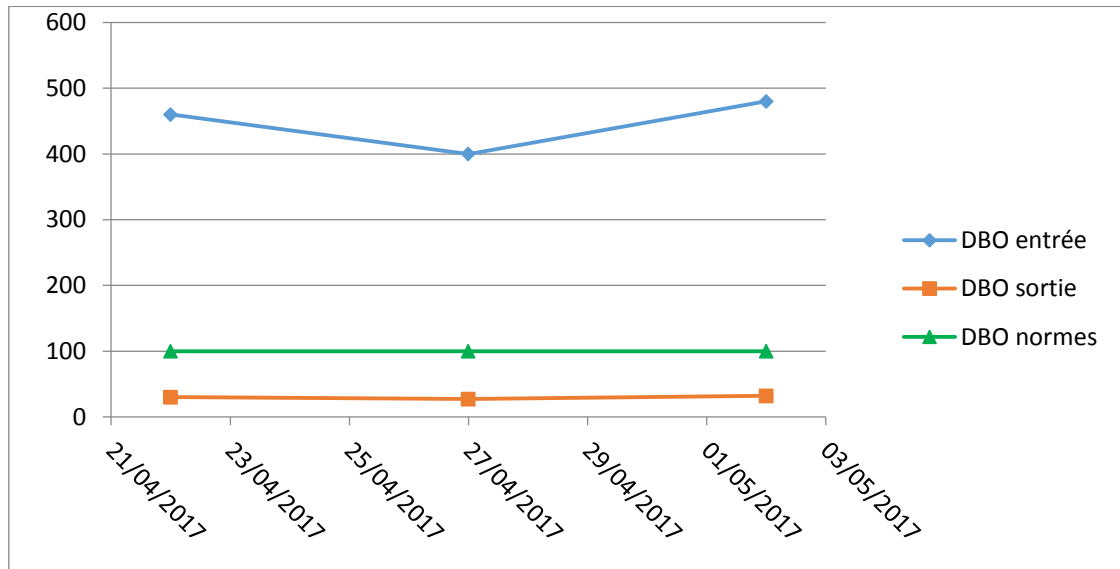


Figure 11 : Courbes d'évolution de la DBO₅ en fonction du temps

➤ Analyse et interprétation

L'analyse de la courbe d'évolution de la DBO₅ à la sortie de la STEP montre qu'elle est et reste bien en dessous des normes.

3.4. Demande chimique en oxygène

La DCO est exprimé en mg d'oxygène par litre d'eau

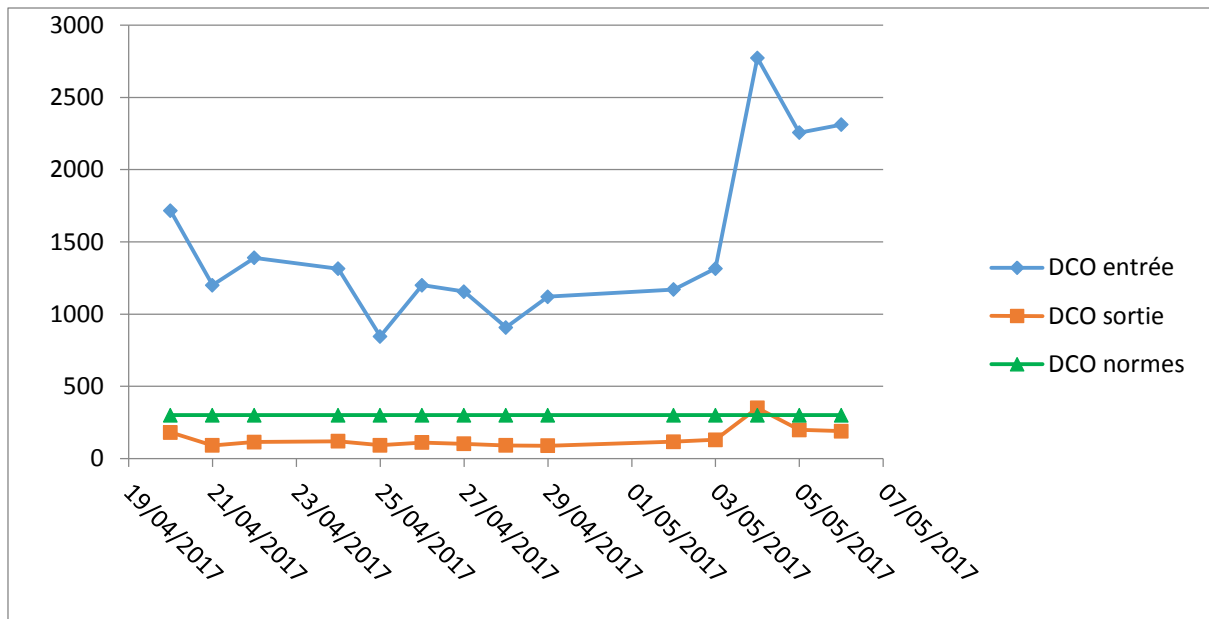


Figure 12 : Courbe d'évolution de la DCO en fonction du temps

➤ **Analyse et interprétation**

La courbe d'évolution de la DCO à l'entrée de la STEP présente des valeurs hautes à partir du 04/05/2017. Ceci est dû au déversement de produits périmés.

La courbe d'évolution de la DCO à la sortie de la STEP est toujours en dessous des normes sauf le 04/05/2017. Ce saut s'explique par le fait que les matières organiques consomment, en se dégradant, l'oxygène dissous dans l'eau. Elles peuvent donc être à l'origine, vu leurs abondances, d'une consommation excessive d'oxygène.

Conclusion générale

La question du traitement des eaux est plus que jamais d'actualité. L'une des raisons est que la pollution de l'eau, introduite par le contact ou par la boisson, peut provoquer des maladies graves telles que des problèmes nerveux (tremblements, vertiges, paralysie partielle), des cancers, ainsi que des conséquences fâcheuses sur l'environnement.

De telles répercussions ont fait naître à Fès des normes assez exigeantes concernant les rejets des industries les plus polluantes afin de garantir la sécurité sanitaire et environnementale. La CBGN s'est donc, dans ce contexte, dotée d'une station d'épuration.

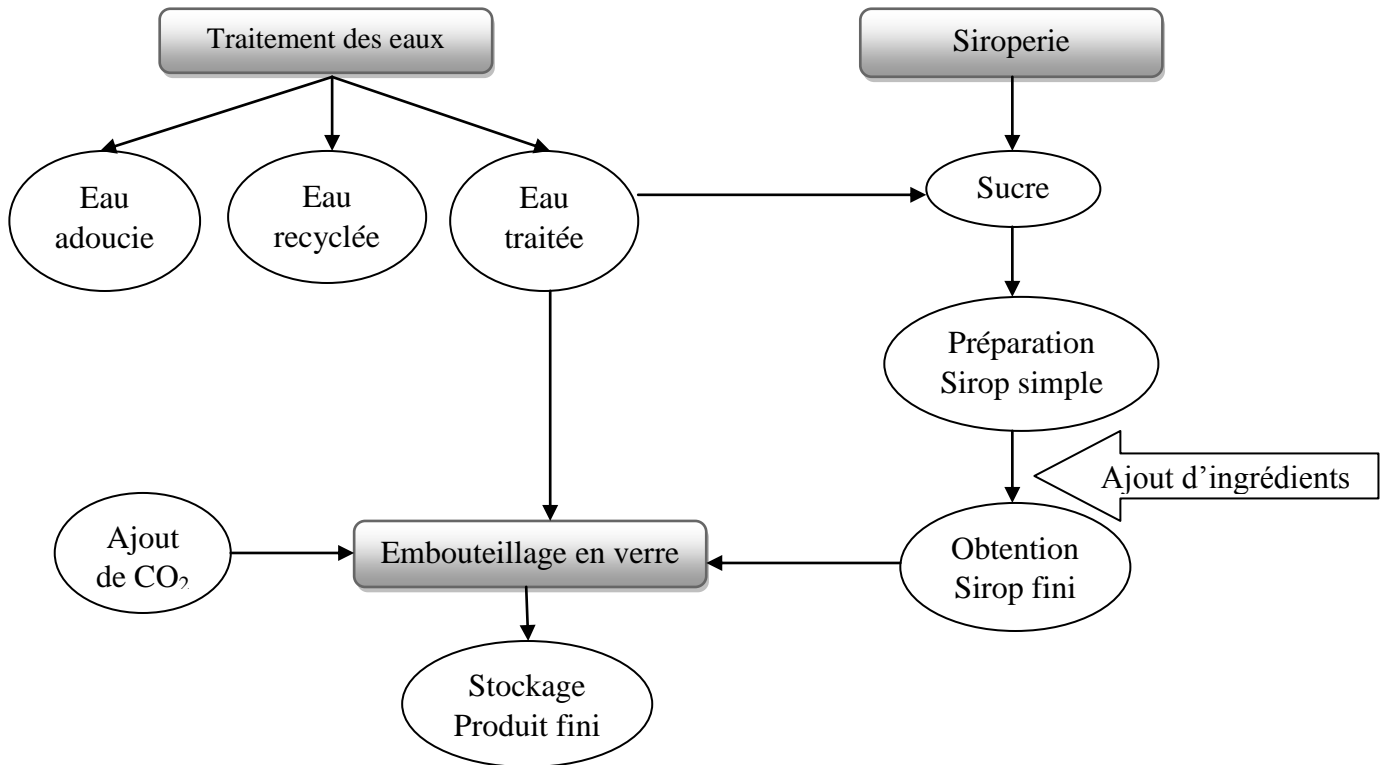
L'évaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées générées par la CBGN a donné un bilan plutôt positif.

Le suivi d'abattement des différents paramètres pris en compte à savoir le pH, la DCO, la DBO₅ et les MES nous a donné un rendement assez satisfait ; ce qui nous permet d'affirmer que le traitement des rejets de la CBGN est efficace.

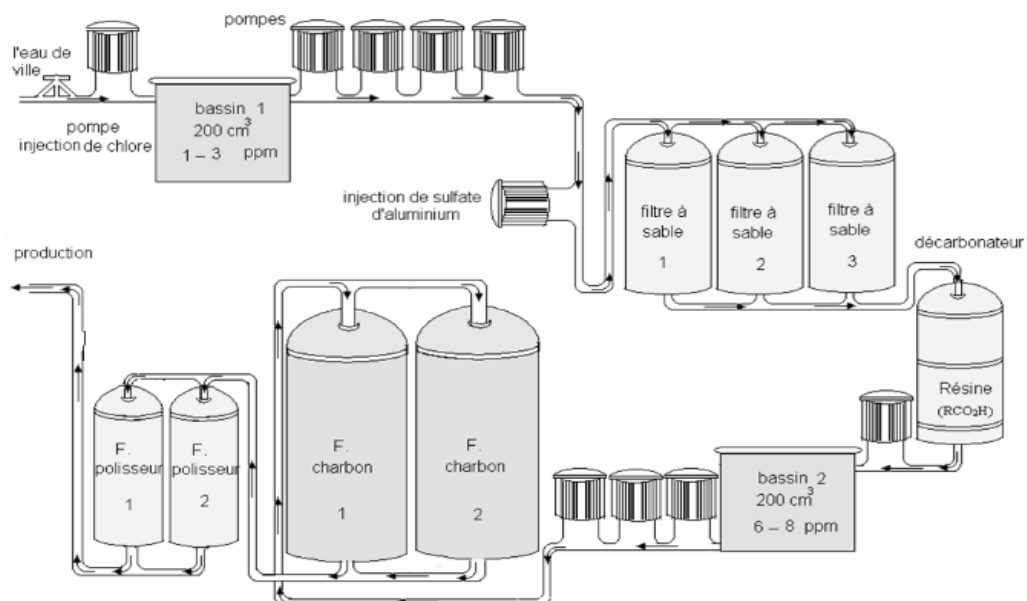
Cependant une amélioration ne serait pas de trop. Nous proposons donc un contrôle rigoureux de la quantité d'oxygène injecté au niveau du réacteur biologique et son adaptation au flux de la charge polluante.

Annexe

Annexe 1 : Schéma du processus de fabrication des boissons gazeuses à la CBGN



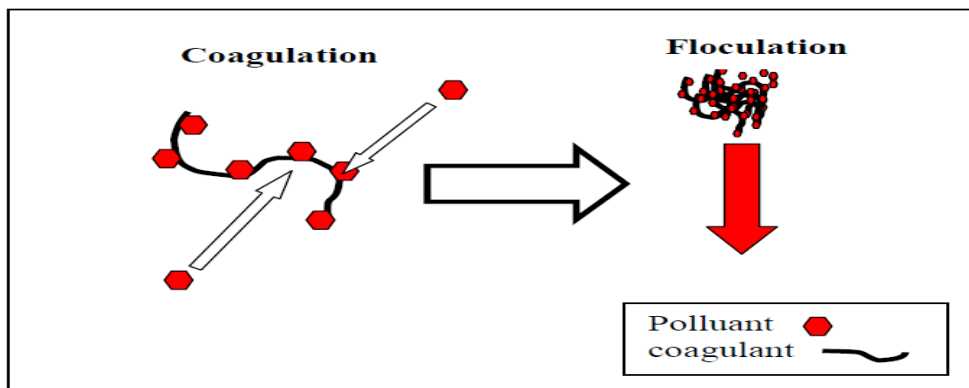
Annexe 2 : Différentes étapes du processus de traitement de l'eau de process



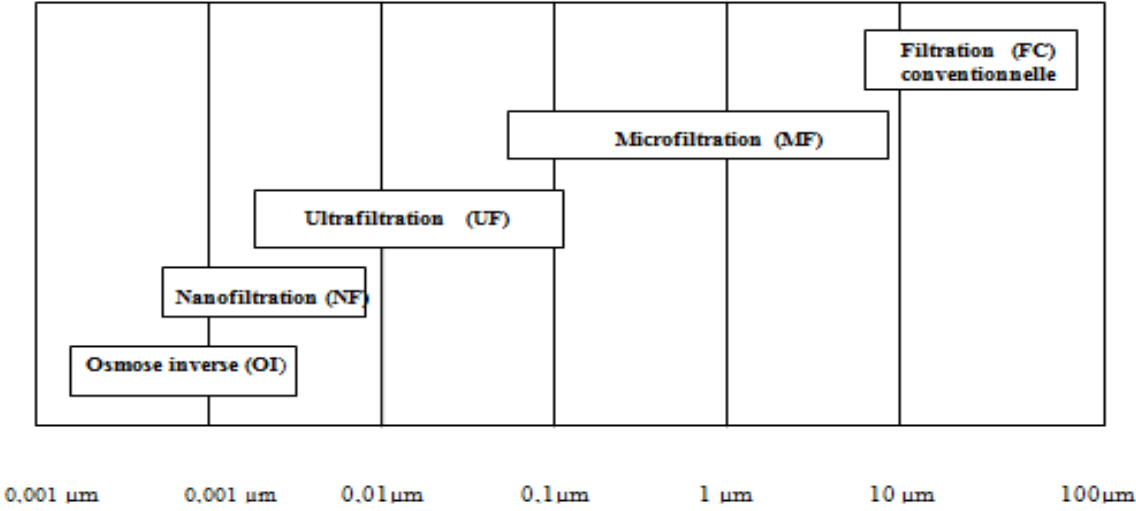
Annexe 3 : Pollution organique industrielle de la ville Fès

Activité	Nombre d'unités	Charge polluante
Boisson	1 Gazeuse CBGN	27 000 EH
	1 Conserveries	
Levurerie et Textile	1 Levurerie SODERS	128 000 EH
	1 Textile MULTIWASH	
Tanneries	32	68 T/an en Cr
Dinandiers	40	25 kg/j Ni
		45 kg/j CN
Huileries	30	1 000 000 EH (3 mois)

Annexe 4 : Schéma de principe de la coagulation-floculation



Annexe 5 : Classification des technologies membranaires en fonction de leur diamètre



Annexe 6 : Dégriilleur grossier de le STEP de la CBGN



Annexe 7 : Tamis fin de la STEP de la CBGN



Annexe 8 : Bassin d'homogénéisation de la STEP de la CBGN



Annexe 9 : Bassin de répartition de STEP de la CBGN



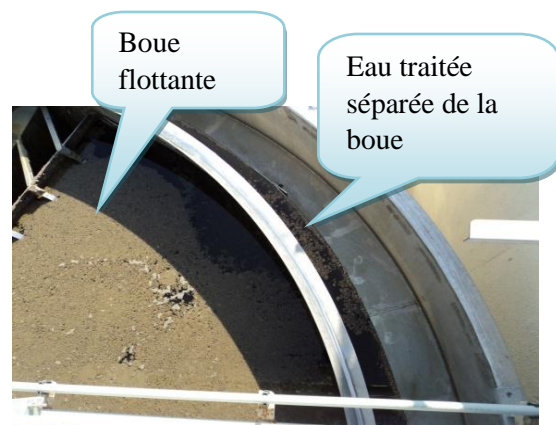
Annexe 10 : Réacteur biologique de la STEP de la CBGN



Annexe 11 : Bassin de floculation de STEP de la CBGN



Annexe 12 : A gauche le flottateur à droite la séparation de l'eau traitée des boues



Annexe 13 : Bassin de désinfection de la STEP de la CBGN



Annexe 14 : Caractéristiques des effluents bruts pris en compte lors du dimensionnement

Paramètres	Valeurs
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
DBO₅ 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

Annexe 15 : Normes de Coca Cola pour les rejets des eaux épurées

Paramètres	Rendement et Normes
Rendement (DCO)	$\geq 90 \%$
DBO₅ max	$\leq 50 \text{ mg/l}$
MES max	$\leq 25 \text{ mg/l}$
pH	6.5 à 8
IB	50 – 150 ml/g
NTK	$\leq 5 \text{ mg/l}$
PT	$\leq 2 \text{ mg/l}$
SO₄²⁻	$\leq 250 \text{ mg/l}$
Fe	$\leq 0,10 \text{ mg/l}$
Al³⁺	$\leq 0,10 \text{ mg/l}$
Pb	$\leq 0,10 \text{ mg/l}$
Cr	$\leq 0,10 \text{ mg/l}$
Cd	$\leq 0,02 \text{ mg/l}$
ATA	$\leq 0,10 \text{ mg/l}$

Annexe 16 : Tableau des différentes plages de mesure de DBO

Plage de mesure DBO (mg/l)	Volume d'échantillon choisi (ml)	Dosage ATH (inhibiteur de nitrification)
0-40	428	10 gouttes
0-80	360	10 gouttes
0-200	244	5 gouttes
0-400	157	5 gouttes
0-800	94	3 gouttes
0-2000	56	3 gouttes
0-4000	21.7	1 goutte