



OPTIMISATION DE LA CONSOMMATION D'EAU DES USINES CP ET TC DU GROUPE SABC

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER SPECIALITE EAU ET ASSAINISSEMENT
OPTION : **QUALITE, SECURITE, HYGIENE ET ENVIRONNEMENT**

Présenté et soutenu publiquement le 01 octobre 2020

Par

KAM DOMKAM Laurentine (20150402)

Directeur de mémoire :

Dr Boukary SAWADOGO, Enseignant Chercheur en Eau et Assainissement à 2iE

Maître de stage :

M. NGOKO Alain, Responsable Environnement du groupe SABC

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : **Dr Angelbert Chabi BIAOU**

Membres et correcteurs : **Dr Lawani Adjadi MOUNIROU** (examineur)
Dr Boukary SAWADOGO



PROMOTION : 2019-2020

CITATION



« Les meilleures choses deviennent mauvaises pour les ignorants parce qu'ils ne sont pas prêts à y faire face. Tandis que les sages, au contraire, qui savent comment travailler, progressent au milieu des plus grandes difficultés »

Omraam Mikhael Aivanhov



DEDICACE

*Je dédie ce travail à ma famille ✍
à mes parents*

KAM SAMUEL ET SIMEU LUISE

*Pour leur amour ainsi que le soutien moral, financier
et spirituel qu'ils n'ont jamais cessé de m'apporter,
puissiez-vous trouver en ce mémoire l'expression de
toute ma gratitude et que dieu vous accorde longévité
et protection.*

à mon cher époux pour son soutien, ses conseils, et ses prières

à ma grande sœur Pouphelie Viviane et son mari pour leur soutien

REMERCIEMENTS

Avant tout je tiens à rendre mes remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail :

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), à travers son Directeur Général et son personnel pour la formation théorique et pratique reçu durant notre séjour académique.

La SABC, à travers son personnel pour m'avoir accueilli au sein de ses locaux et avoir facilité le déroulement de ce stage ;

Dr. Boukary SAWADOGO, Enseignant-chercheur à 2iE, pour sa disponibilité, son sens des critiques inouïes et constructives, sa patience et pour la direction ce travail ;

Mon encadreur interne Monsieur Alain NGOKO, Responsable environnement pour son suivi, sa sociabilité, son côté paternel et son encadrement rigoureux. Il n'a pas hésité à me confier des responsabilités et m'accordé les moyens pour les accomplir ;

Et, à Monsieur Bédier PAGNYERE, responsable du traitement des eaux pour son accueil, son soutien, son suivi et son Accompagnement durant le stage ;

Monsieur mon condisciple apprenant et stagiaire, qui a été remarquable et travailleur dans les différentes tâches assignées dans le cadre de ce mémoire ;

Mes amis et collègues de l'Institut 2iE pour les bons moments partagés ensemble durant ces années de formation.

RESUME

La production de bières et de boissons gazeuses requiert une grande utilisation de ressources primaires dont la plus grande est l'eau qui représente près de 95% de ces produits. Il y a donc la nécessité d'optimiser l'utilisation de cette ressource pour faire face à la diminution des ressources en eau en vue d'une valorisation des eaux usées traitées de l'usine. La présente étude explore la possibilité d'une réutilisation des eaux usées de l'usine en interne ou pour l'irrigation des champs riverains du fleuve. L'étude a été menée à travers un état des lieux de la gestion des eaux usées de l'unité industrielle, du dimensionnement d'un nouvel ouvrage de traitement, l'évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation du nouveau système proposé. Les résultats obtenus montrent des valeurs de débits de rejets des effluents atteignant 25 m³/h. Les teneurs moyennes en DCO sont estimées 2000 mg/L, celles de la DBO₅ à 400 mg/L et une concentration moyenne en MES atteignant 625 mg/l pour les MES. Les effluents présentent une variation importante en termes de température atteignant 45°C et des valeurs de pH comprises entre 6,5 et 7,5 qui donnent un caractère acide à neutre aux effluents de l'usine. Ces différentes valeurs sont toutes au-dessus des normes de rejet sans risque dans l'environnement. Ainsi pour résoudre ces problèmes nous avons étudiés deux scénarios, à savoir l'utilisation d'un bassin de décantation et l'utilisation d'un bioréacteur à membrane immergée. Le critère espace, les raisons d'efficacité, et certaines conditions locales nous ont permis d'opter pour la mise sur pied d'un bioréacteur à membrane immergée couplé au système déjà existant à boues activées. Les charges d'investissement du nouveau système proposé sont estimées à 1 362 893 861 FCFA. La mise en place de ce système contribuera à la dépollution du fleuve Mfoundi et aidera à répondre à certains besoins en eau en interne de l'usine. À cette solution des recommandations ont été formulées en vue d'ajouter une valeur aux eaux issues de ce traitement et pour limiter les pertes en eau.

Mots Clés :

Bioréacteur à membrane, eaux usées de brasserie, eaux usées industrielles, réutilisation des eaux usées, SABC

ABSTRACT

The production of beers and carbonated drinks requires a large use of primary resources, the largest of which is water which accounts for 95% of these products hence the need to optimize the use of this resource to cope with the decrease in water resources with a view to developing the treated wastewater from the plant. The present study explores the possibility of reusing the plant's wastewater internally or for the irrigation of ready fields in the river the study was conducted through an inventory of the unit's wastewater management industrial, the design of a new treatment structure, the evaluation of the investment and operating costs of the proposed new system. The results obtained show values of effluent discharge rates reaching 25 m³ / h; these waters are highly polluted, the maximum observed values of COD (2000 mg / l), BOD5 (400 mg / l), and 625 mg / l for MES. The effluents show a significant variation in terms of temperature reaching 45 ° c and values of PH between 6.5-7.5 which give an acid to neutral character to plant effluents. We note that these different values are all above the standard values of discharges without environmental risk and greatly exceed the contents allowed, this situation could have harmful effects on the quality of the water. To solve these problems we studied two scenarios, namely the use of a settling tank and the use of a bioreactor with submerged membrane. The space criterion, the reasons for efficiency, and certain local conditions allowed us to opt for the setting up of a bioreactor with submerged membrane coupled to the already existing activated sludge system; for a cost investment of 1 362 893 861 FCFA. The management of sewage sludge will allow an agricultural valorization by amendment of this thickened and dehydrated sludge in the fields. The implementation of this system will contribute to the depollution of the Mfoundi River and will help to respond to certain water needs inside the plant. Recommendations have been made to this solution in order to add value to the water obtained from this treatment and to limit water losses.

Key words:

1-SABC

3-wastewater reuse

2-brewery wastewater

4-submerged membrane bioreactor

SIGLES ET ABREVIATIONS

BàM	: Bioréacteur à Membrane	
SABC	: société anonyme des brasseries du Cameroun	
OCDE	: organisation de coopération et de développement économique	
BRMi	: Bioréacteur à membrane immergée	
CIP	: Clean in place	
STEP	: Station d'Épuration des eaux usées	
UASB	: Upflow Anaerobic Sludge Blanket	
UBG	: Usine de Boisson Gazeuse	
BG	: Boissons Gazeuse	
TC	: Terrain courth	
Cm	: Charge massique	Kg DCO) /gMVS/j
Cv	: Charge volumique	Kg (N ou DCO) /L/j
DBO ₅	: Demande biologique en oxygène en 5 jours	mg/L
DCO	: Demande chimique en oxygène	mg/L
HRT	: Temps de séjour hydraulique	h
J	: Flux de filtration	L/m ² /h
LMH	: Litre par mètre carré et par heure	L/m ² / h
MES	: Matière en suspension	g/L
MVS	: Matière volatile en suspension	g/L
N-NH ₄ ⁺	: Azote ammoniacal	mg/L
N-NO ₂ ⁻	: Azote nitrique	mg/L
N-NO ₃ ⁻	: Azote nitrate mg/L	mg/L
P-PO ₄ ³⁻	: Ortho-phosphate.	
Pm	: Pression membranaire	bar
PTM	: Pression transmembranaire	Bar
SRT	: Solide Rétention Time	J
VT	Vitesse d'écoulement du fluide	m/s
TSH	: Temps de séjour hydraulique	J

Sommaire

CITATION	i
DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
ABSTRACT	v
SIGLES ET ABREVIATIONS	vi
Listes des tableaux.....	ix
Liste des figures.....	x
INTRODUCTION	1
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET DE LA ZONE D’ETUDE	3
I.1 Présentation de la structure d’accueil	3
I.1.1 La Société des Brasseries du Cameroun (SABC)	3
I.1.2 Activités menées par l’usine de Yaoundé	4
I.2 Présentation de la zone d’étude	6
I.2.1 Situation géographique	6
I.2.2 Climat	6
I.2.3 Végétation et les unités pédologiques	7
I.2.4 Réseau hydrographique et hydrogéologique	7
II. PRÉSENTATION DU PROJET	8
II.1 Contexte et justification	Erreur ! Signet non défini.
II.2 Etat des lieux et diagnostic du système de gestion des eaux au sein des usines de la SABC	13
II.2.1 Gestion des eaux de process et de lavage	13
II.2.2 Identification des différentes origines des eaux usées	14
II.2.3 Gestion des eaux usées	18
II.2.4 Performance de la station de traitement des eaux usées	20
II.2.5 Cadre réglementaire de la gestion des eaux usées	Erreur ! Signet non défini.
III. METHODOLOGIE GENERALE DE L’ETUDE	9
III.1 La phase préparatoire	9
III.2 La phase de terrain	9
III.2.1 Evaluation des consommations d’eau	9
III.2.2 Caractérisation des eaux usées produites	10
III.2.3 Évaluation des performances du système actuel de traitement des eaux usées	10

III.2.4 Évaluation des couts de traitement des eaux usées	11
III.3 La phase d'analyse et d'interprétation des données	11
III.4 La phase de conception et de rédaction du mémoire	11
IV. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE	13
IV.1 Optimisation de l'utilisation de la ressource au niveau des différents points de consommation	13
Définir	22
▪ QQQQCP	22
▪ SIPOC	22
▪ Mesurer	23
▪ Analyser	23
▪ Améliorer	24
▪ Contrôler	26
Conclusion partielle	26
IV.2 Améliorer le traitement des eaux usées pour un recyclage des eaux usées traitées	26
IV.2.1 Solution 1 : Amélioration du système actuel	26
IV.2.2 Solution 2 : installation d'un bioréacteur à membrane	27
IV.2.3 Solution 3 : installation d'un bassin de décantation	31
IV.3 Analyse des options proposées et choix technique	31
V. ETUDE FINANCIERE	32
V.1 Cout d'installation et d'exploitation	32
Conclusion partielle	32
VI. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	33
VI.1 Identification des impacts	33
VI.1.1 Impacts positifs	33
VI.1.2 Impacts négatifs	33
VI.2 Mesures d'atténuation	34
CONCLUSION	35
RECOMMANDATIONS	36
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	37
ANNEXES	i

Listes des tableaux

Tableau 1 : Principaux produits de la SABC	5
Tableau 2 : performance de la station actuelle	20
Tableau 3 : Normes environnementales et procédure d'inspection au Cameroun (Ministère de l'environnement et de la protection de la nature)	21
Tableau 4 : étape QQQQCP	22
Tableau 5: Méthode de 5 pourquoi de la laveuse des bouteilles	23
Tableau 6: Solutions proposées au niveau de la laveuse des bouteilles	24
Tableau 7 : Paramètres de dimensionnement des Bàm.....	28
Tableau 8 : Caractéristiques de la membrane Polymem MF 100L	29
Tableau 9 : Caractéristiques du réacteur biologique et du compartiment membranaire	30

Liste des figures

Figure 1 : Plan de masse de l'usine de Yaoundé.....	4
Figure 2 : situation géographique de la région du centre au Cameroun	6
Figure 3 : : Fuite d'eau sur les fenêtres du pasteurisateur chaîne 6 et chaîne 5	16
Figure 4 : : Fuite d'eau chaude sur la bache de stérilisation TC	17
Figure 5 : Dysfonctionnement des buses de lubrification chaîne 5.....	17
Figure 6 : fuite d'eau sur une tuyauterie au niveau du magasin à maïs	17
Figure 7 : Illustration du processus de traitement des eaux usées.....	19
Figure 8 : vue partielle de la station de traitement des eaux usées des usines de la SABC à Yaoundé	20
Figure 9 : organigramme de la méthodologie	12
Figure 10 : suivi de ratio de la semaine du 7/10-13/10	23

INTRODUCTION

L'eau est une denrée indispensable à la vie des êtres vivants. C'est un des constituants majeurs de la terre. À l'échelle mondiale, l'accès à l'eau potable reste un enjeu de taille pour de nombreux pays. Sa disponibilité et sa qualité représentent deux des principaux défis des prochaines années. Selon certaines prévisions (OCDE, 2009), d'ici 2030 près de la moitié de la population mondiale habitera dans des zones soumises à un stress hydrique important. Les projections annoncent une disponibilité limitée de l'eau pour une demande en forte progression, émanant de divers secteurs économiques, et inégalement répartie sur la surface de la planète. Parallèlement, l'occurrence d'événements climatiques extrêmes est amenée à s'intensifier avec le changement climatique, faisant peser une contrainte supplémentaire à laquelle l'activité économique devra faire face. Cette connaissance des pressions sur les ressources hydriques incite à ne plus les considérer comme gratuites et inépuisables, mais davantage comme un capital à préserver.

Les entreprises les plus conscientes à l'instar de la SABC, se mobilisent pour évaluer leurs dépendances et leurs impacts vis-à-vis de l'eau, afin d'orienter leurs stratégies et de mettre en œuvre des plans d'action pour préserver la disponibilité et la qualité de cette ressource. Il s'agit pour elles de s'adapter aux évolutions du contexte international lié à l'eau. Pour relever ce défi, les entreprises doivent d'abord se munir d'indicateurs adaptés pour mesurer et piloter leur impact sur l'eau. Les outils de mesure de l'empreinte eau dépendent cependant du contexte et du secteur d'activité de l'entreprise. Aucune méthode n'est fixe, chaque entreprise doit initier sa propre démarche de gestion de l'eau, ce qui demande un important travail en interne. C'est pour répondre à cette volonté d'assurer la durabilité de ses activités que ce travail a été initié pour une optimisation de la consommation d'eau au sein des usines de la SABC. Il s'agira plus spécifiquement de :

- Faire l'état des lieux de la gestion de l'eau au sein de la SABC (connaissance de la ressource, différentes utilisations de l'eau, acteurs impliqués et leurs rôles, équipements et ouvrages clés, performances du système de gestion, limites du système)
- Réaliser le diagnostic du système de gestion des eaux usées (caractéristiques des effluents, performances du système de traitement des eaux usées, équipements et ouvrages clés, limites du système)
- Proposer des mesures d'amélioration de la gestion des eaux : efficacité d'utilisation de l'eau : optimisation des consommations, réduction des pertes, réutilisation des eaux usées traitées

Le présent rapport sera structuré en cinq parties. Tout d'abord il débute par une présentation du sujet qui est suivie par une étude technique de la solution proposée. Une étude technique et économique de la mise en place des mesures d'amélioration de la gestion de l'eau et une étude d'impact environnemental complèteront ce travail d'ingénierie qui se terminera par une conclusion.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

I.1 Présentation de la structure d'accueil

I.1.1 La Société des Brasseries du Cameroun (SABC)

Le stage s'est déroulé au sein de la Société des Brasseries du Cameroun (SABC). Cette entreprise a été fondée le 3 février 1948 par la société française Brasseries et Glacières Internationales (BGI) et commença ses activités dès 1950 avec la fabrication et la vente de bière et de sodas au Cameroun. La SABC est inscrite au registre du commerce et du crédit mobilier sous le numéro RCCM DLA/1948/B/0538. C'est l'une des plus importantes entreprises du Cameroun avec un chiffre d'affaires d'environ 65 milliards FCFA. Les principaux actionnaires sont le Groupe Castel (75%) et Heineken (8,8%). L'effectif de ses employés est estimé à environ 3000.

L'objectif majeur de la SABC est la production des biens de consommation tels que les bières, les boissons gazeuses, l'eau minérale et satisfaire la demande sans cesse croissante de la population mais dans le souci d'une bonne gestion environnementale à travers ses 3 principes qui sont : Performance, intégrité, responsabilité.

L'usine de Yaoundé qui était notre structure d'accueil a été créée en 1972 et se situe dans la zone industrielle de la capitale politique du Cameroun. Elle est implantée entre la SOPECAM et la SCDP et couvre une superficie d'environ 11 hectares. Cette dernière est composée de 03(trois) usines : l'usine CP (10034 m²), l'usine TC (43214 m²) et l'exploitation de l'UBG (13394m²) et de quelques activités connexes qui sont celles qui résultent directement de l'activité principale de l'entreprise. La SABC de Yaoundé compte à nos jours 3 chaînes d'embouteillage : chaîne BG de capacité 36000 GM/heure, chaîne 5 de capacité 45000 GM/heure, chaîne 6 de capacité 45000 GM/heure. En 2019 l'usine de Yaoundé a produit 943 510 hectolitres de bière, 295 830 hectolitres de boissons gazeuses et alcools-mix

Les Brasseries du Cameroun ont mis en place un système de management de la sécurité des denrées alimentaires, un système de management qualité et HACCP. Elle est certifiée successivement en FSSC 22000 Version 4.1 et ISO 9001 Version 2015.

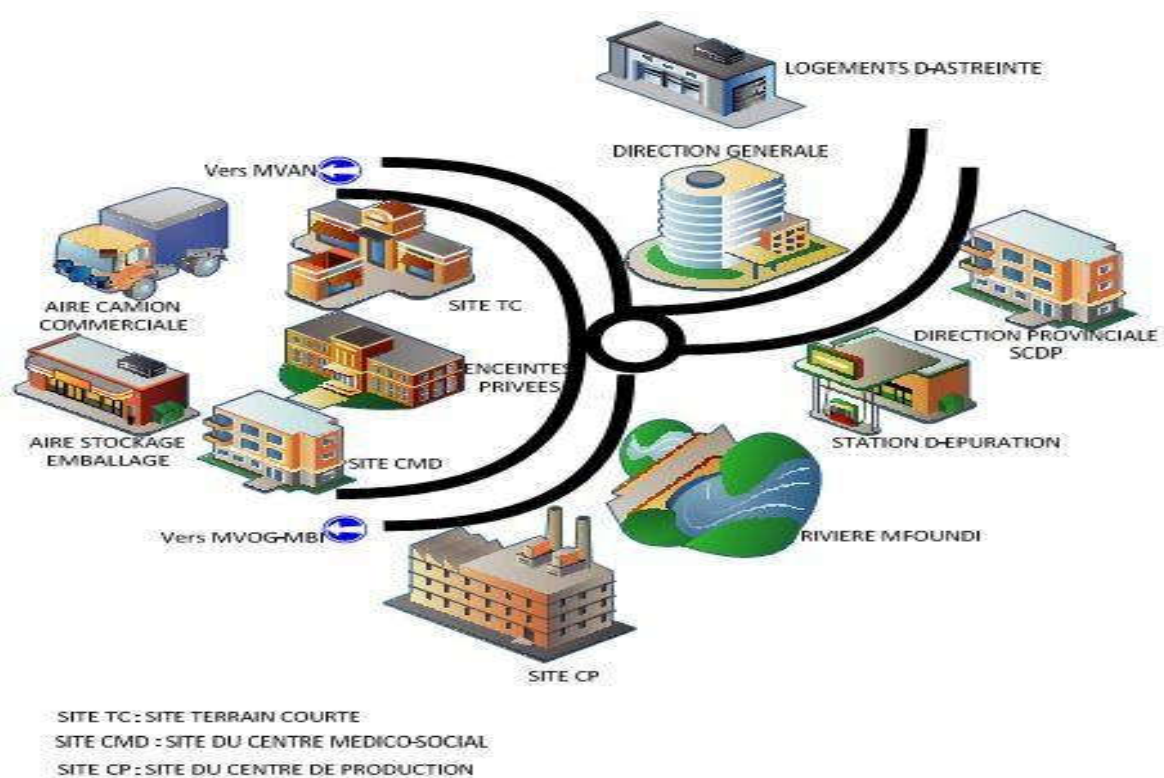


Figure 1 : Plan de masse de l'usine de Yaoundé

La direction d'exploitation des usines de Yaoundé comprend plusieurs services qui assurent le fonctionnement de l'entreprise. Le service SSSTE (la sûreté, santé, sécurité au travail, et de la protection de l'environnement), entretien, fabrication conditionnement, qualité ressource humaines entretien, support et maintenance, supply chain

I.1.2 Activités menées par l'usine de Yaoundé

La SABC est une entreprise industrielle immatriculée au Cameroun pour la production d'eau minérale, de boissons gazeuses et de bières. Elle exploite à ce titre plusieurs marques pour lesquelles elle exerce soit en tant que propriétaire ou en tant que partenaire à travers une licence d'exploitation. Le tableau 1 résume les principaux produits extraits des chaînes de production des usines de la SABC.

Tableau 1 : Principaux produits de la SABC

Type de produit	Marque commerciale	Type d'exploitation
Eau minérale naturelle	Tangui	Propriétaire
	Aquabelle	Propriétaire
Sodas	Top	Propriétaire
	Coca-Cola	Sous licence
	Fanta	Sous licence
	Sprite	Sous licence
	Schweppes	Sous licence
	Vimto	Sous licence
	D'jino	Sous licence
	Orangina	Sous licence
	Malta Tonic	Sous licence
Boisson énergisante	XXL	Sous licence
Bières	Castel Beer	Propriétaire
	Heineken	Propriétaire
	33 Export	Propriétaire
	Pelforth	Propriétaire
	Amstel	Propriétaire
	Tuborg	Sous licence
	Beaufort	Sous licence
	Mutzig	Sous licence
	Dopel	Sous licence
Boissons alcoolisées	Booster Whisky cola	Propriétaire
	Booster Cider	Propriétaire
	Booster Gin Tonic	Propriétaire

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Situation géographique

La SABC se trouve dans la zone industrielle de la région du centre Cameroun dans le département du Mfoundi plus précisément à Yaoundé pour une superficie de 183 km² d'une altitude moyenne de 750 mètres. La population de la ville de Yaoundé était estimée en 2018 de 3 500 000 habitants. Les coordonnées GPS de l'usine sont 3°52' Nord et 11°31' Est.

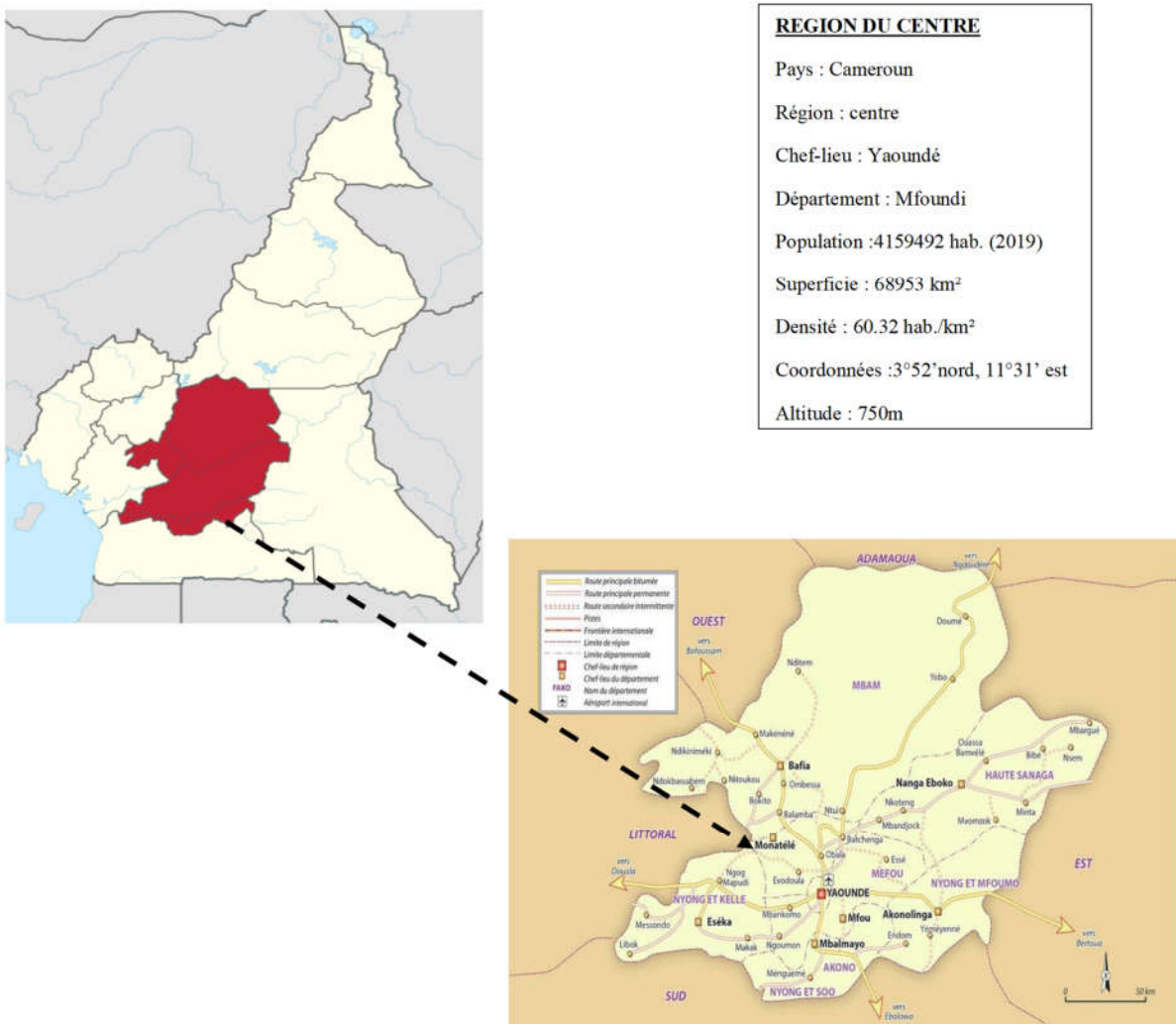


Figure 2 : situation géographique de la région du centre au Cameroun

I.2.2 Climat

La SABC se trouve dans un climat de type tropical. L'hiver à Yaoundé est caractérisé par des pluies moins importantes qu'en été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Aw.

La température moyenne annuelle est de 23,7°C. Les températures oscillent entre 18 et 28°C aux saisons humides, et 19 et 35°C aux saisons sèches (Bemmo et al., 2016). Chaque année les précipitations sont en moyenne de 1643 millimètres. Janvier est le mois le plus sec, avec seulement 22 millimètres. Une moyenne de 298 millimètres fait au mois d'octobre le mois ayant le plus haut taux de précipitations. Mars est le mois le plus chaud (24,6°) et Août celui le plus froid (22,6°).

1.2.3 Végétation et les unités pédologiques

Des études géologiques et pédologiques de la ville de Yaoundé montrent que son site repose sur un complexe géologique de base magmatique d'âge précambrien. Il s'agit d'un sol acide où le fer est essentiellement inclus dans les micas noirs et les grenats. Cela justifie le caractère acide des eaux souterraines. Magnésium (abondant), potassium (bien représenté), calcium (faiblement représenté), sodium (en très faible quantité) et phosphore (en très faible quantité) sont les principaux éléments constitutifs de ce sol. Sous les crêtes, le socle rocheux est situé en général à une profondeur de 15 à 20 mètres, sous une couche d'altérité (latérite argileuse ou argile rouge). Sous les fonds de vallées (comme la vallée de Messa), le socle rocheux est situé à une profondeur de 2 à 8 mètres sous des couches successives de vases, de sable argileux et d'argile (Bemmo et al., 2016).

1.2.4 Réseau hydrographique et hydrogéologique

La ville de Yaoundé, est située en grande partie dans le bassin du Mfoundi, qui se présente sous la forme d'une cuvette en forme ovale, légèrement inclinée vers le sud et dominée à l'ouest par une chaîne montagneuse culminant à 1200 mètres. Le cours d'eau Mfoundi draine cette ville. Pour les niveaux statiques, deux zones ont été identifiées en fonction du relief ; la première est la zone des bas-fonds et la seconde zone est localisée sur les versants de collines.

La première zone est caractérisée par des valeurs de niveaux statiques faibles, comprises entre 0,3 mètres et 4,0 mètres alors que la deuxième zone est caractérisée par des valeurs de niveau relativement élevées comprise entre 4,1 mètres et 12,0 mètres (Ekodeck et Kamgang, 2012). Les valeurs élevées des niveaux statiques sont observées pendant les périodes sèches, alors que les niveaux statiques minima sont observés en périodes humides. Cette situation traduit une plus ou moins grande sensibilité des puits aux variations météorologiques ; donc la nappe est en perpétuel battement en fonction des saisons. La hauteur moyenne de fluctuation est de 1,2 mètres. Les

hauteurs maximales et minimales de fluctuation sont respectivement 3,89 mètres et 0,2 mètres (Ekodeck et Kamgang, 2012).

I. 3 Présentation du projet

La fabrication des boissons n'a pas varié depuis le moyen âge. Il s'agit de transformer des céréales ou des arômes synthétisés en une boisson désaltérante, savoureuse et plus ou moins alcoolisée. Si le malt, le houblon et les arômes en constituent les principales matières premières, l'eau entre à 90 % dans la composition des boissons. L'eau étant la matière première la plus importante, en l'occurrence pour son rôle dans la production et la composition des boissons. C'est pourquoi il faut une eau de qualité encore appelée « eau industrielle ». Elle désigne l'eau utilisée à des fins industrielles, par opposition à l'eau domestique et à l'eau agricole. Cette eau entre aussi dans le système de refroidissement de certains dispositifs (chaudière, réfrigérant à moût). Mais aussi pour le nettoyage ce qui entraîne la production de quantités importantes d'eaux usées. D'où la présence d'un système de traitement d'eau dans chacune des usines.

Pour le fonctionnement de ses usines de fabrication de boisson et de production d'eau minérale naturelle la Société des Brasseries du Cameroun (SABC) est totalement dépendante de l'eau fournie par la CAMWATER à cause de leur situation géographique qui ne leur permet pas d'avoir d'autres sources d'approvisionnement en eau. L'eau qui leur est fournie par la CAMWATER présente des paramètres physicochimiques très variables en occurrence la turbidité qui est toujours instable et élevée. Or la filière de traitement a été mise sur pied pour traiter des turbidités d'eau inférieure à 2,5 NTU. De plus, les analyses microbiologiques régulières de l'eau effectuées par les agents qualifiés à la sortie de la station montrent un taux de germes totaux aussi instable. Ces limites ont ainsi jeté un doute quant à l'efficacité de la filière de traitement en place. Les multiples variations des paramètres de l'eau se font ressentir à travers de gros volumes d'eau régulièrement mis à l'égout affectant l'indice qualité de l'usine et engendrant d'énormes pertes financières pour la société. C'est donc pour maîtriser son empreinte eau que le SABC a décidé d'initier ce projet.

II. METHODOLOGIE GENERALE DE L'ETUDE

La méthodologie adoptée pour ces travaux s'est articulée autour des axes suivants :

- Une phase préparatoire
- Une phase de visite sur le terrain, collecte et traitement des données.
- Une phase d'analyse et d'interprétation des données,
- Une phase de conception et de rédaction du mémoire.

II.1 La phase préparatoire

Cette phase a consisté à établir un plan de travail suivant les différents objectifs à atteindre. Tout d'abord il a fallu établir les termes de références qui nous ont permis d'aboutir à un cadre logique pour une planification des activités. Il s'en est suivi une prise de contact avec les différents responsables des unités de l'usine et de toute personne susceptible de fournir des documents et des informations préliminaires. Enfin une visite sur le site nous a permis d'établir une fiche d'informations nécessaires pour le stage.

II.2 La phase de terrain

La phase de terrain était la plus importante de toute car c'est au cours de celle-ci que la collecte des données a été faite. Plusieurs étapes ont jalonné cette partie, à savoir :

- Diagnostic du cycle de vie de l'eau au sein de l'usine
- Origines, destination et quantification des rejets liquides de la brasserie
- Établissement d'un plan de comptage des eaux, suivi d'un bilan hydrique de l'eau

II.2.1 Evaluation des consommations d'eau

L'évaluation des consommations d'eau s'est faite en plusieurs étapes.

- Nous avons établi un plan de comptage de l'eau qui nous a permis de retracer le cycle de vie de l'eau depuis la production jusqu'à la consommation en relevant régulièrement les index des différents compteurs d'eau des usines
- Ensuite nous avons établi un plan hydrique de l'eau afin de suivre les différents types d'eau produits jusqu'à leur utilisation finale pour comparer à l'eau totale reçue de la CAMWATER pour relever le pourcentage d'eau perdue ou non comptabiliser.

- Connaissant les différents compteurs présents et leur localisation nous avons effectués des relevés de compteur journalier pour le suivi de ratio d'eau en fonction des actions correctives mises sur pied.

II.2.2 Optimisation de l'utilisation de la ressource au niveau des différents points de consommation

L'optimisation de la ressource reviendrait à réduire le ratio d'eau grâce à des activités correctives. Nous nous servons de la méthode DMAIC (définir, mesurer, analyser, améliorer, contrôler) qui est une méthode qui vise à améliorer les processus existants et réduire leurs aspects aléatoires vers un qui est standardisé ; c'est une démarche d'amélioration continue utilisée pour le pilotage des projets d'une manière structurée en cinq étapes, et permet donc de résoudre les problèmes dont les causes racines sont encore inconnues. La méthode DMAIC repose sur quatre principes de mise en œuvre :

- Une méthodologie rigoureuse qui propose une imbrication logique de plusieurs outils pour résoudre les problèmes,
- Une prise de décision portant sur les faits réels et mesurés et non sur les opinions, feelings ou ressentis,
- Une implication d'une équipe dirigée par des experts du domaine LEAN
- Centré le processus de résolution de problèmes et la satisfaction client

II.2.3 Caractérisation des eaux usées produites et évaluation des performances du système actuel de traitement des eaux usées

Les eaux usées de l'usine sont collectées et drainées vers la station de traitement. Elles sont ensuite caractérisées. Tous les deux jours des échantillons d'eau sont prélevés et envoyés au laboratoire pour des analyses telles que : pH, la température, DCO, Acides Gras Volatils, MES, Matières décantables, DBO₅, azote, phosphore total, sulfate, sulfite.

Les résultats des analyses sont utilisés pour évaluer les performances de la station de traitement. Les eaux usées étant soumises à un prétraitement avant l'entrée dans le système UASB, une évaluation des quantités d'acide ou de soude utilisées pour l'ajustement du pH est faite de façon journalière. Les performances du système actuel ont été déterminées en comparant les valeurs des différents paramètres obtenus à celles exigées par le ministère de l'environnement.

II.2.4 Évaluation des coûts de traitement des eaux usées

La réduction de la consommation d'eau au sein d'une usine peut aussi provenir de la réutilisation des eaux usées traitées. Parmi les technologies offrant cette possibilité, des études antérieures sur l'utilisation du bioréacteur à membrane dans un contexte climatique soudano sahélien ont été menées avec succès sur des eaux usées de brasserie (Sawadogo, 2018). L'estimation des coûts de traitement des eaux usées est indispensable à une évaluation des performances de production. L'eau étant un intrant, la réduction des consommations d'eau induit de facto une réduction des charges liées à la prise en charge des eaux usées et donc des coûts de production. Pour l'évaluation le coût du traitement les éléments suivants ont été considérés :

- Charges de personnel (C_P)
- Charges de fonctionnement (C_F)
- Charge de suivi et de maintenance (C_{SM})
- Charges d'amortissement des équipements (C_A)

L'évaluation de la charge totale de la station est donc résumée par l'expression :

$$C_T = C_P + C_F + C_{SM} + C_A$$

III.3 La phase d'analyse et d'interprétation des données

Elle a consisté au traitement des données issues des différentes études en vue de leur exploitation pour apporter des propositions de solutions en vue d'une maîtrise des consommations d'eau dans le process, d'un recyclage, d'une réutilisation et d'une optimisation de la ressource. Les interprétations se sont faites sur la base des documents existants dans le même contexte pour une meilleure argumentation et un meilleur soutien des hypothèses et conclusions émises. L'expérience des personnes ressources a aussi aidé dans le choix des stratégies d'amélioration, des choix techniques et dans la formulation des recommandations.

III.4 La phase de conception et de rédaction du mémoire

La conception et la rédaction du rapport consistait à rassembler l'ensemble des données obtenues pendant le stage et de suivre le plan de travail établi au départ. Nous les avons structurées par chapitre afin de suivre une chronologie de travail. Ainsi nous avons analysé les données, interprétés et conclu tout en y précisant les impacts du projet sur l'environnement, le coût estimatif de chaque

volet du projet et une notice d'impact environnemental pour atténuer les impacts négatifs du projet et mettre en évidence les impacts positifs.

La figure 3 résume les différentes étapes de la méthodologie adoptée au cours de l'étude.

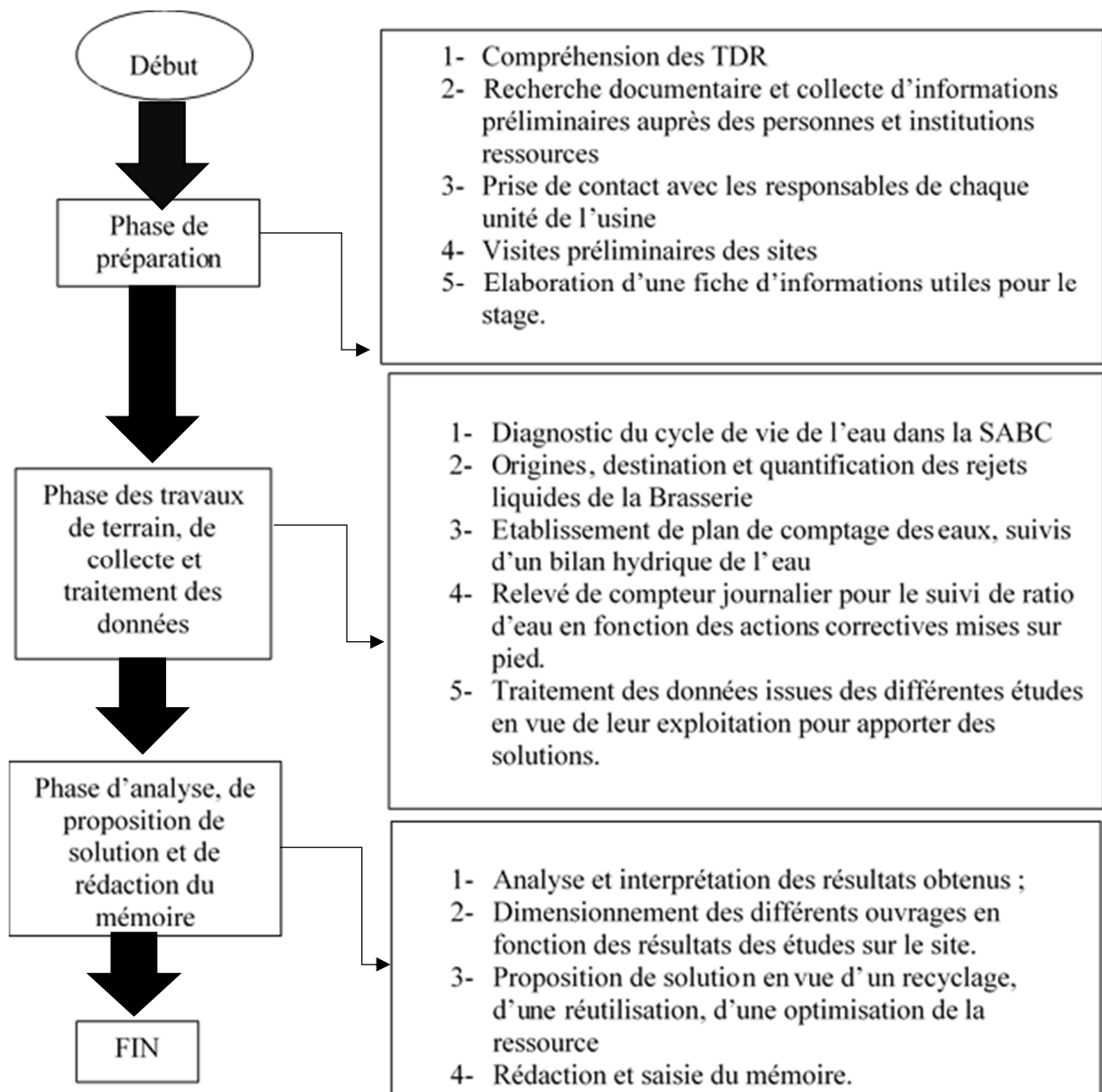


Figure 3 : organigramme de la méthodologie

III. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

III.1 Etat des lieux et diagnostic du système de gestion des eaux au sein des usines de la SABC

Pour une réduction de son empreinte écologique, la SABC a entrepris l'optimisation de la consommation en eau de ses usines. Pour atteindre cet objectif une bonne connaissance des pratiques actuelles et des opérations de gestion de cette ressource par activité est indispensable. Il sera donc question de passer en revue dans un premier temps le système d'alimentation en eau des usines de la SABC. Il s'agira ensuite d'analyser la gestion de l'eau au sein des usines de la SABC (les postes d'utilisation et de consommation d'eau au sein des usines, les volumes d'eau consommées au niveau des différents postes, le personnel chargé des activités de gestion de l'eau (contrôle de la qualité, mesure des volumes, utilisation de l'eau dans les activités, management des équipes).

III.2.1 Postes de consommation d'eau au sein des usines

Pour le fonctionnement de ses usines la SABC utilise de l'eau provenant du réseau d'eau de la CAMWATER. Un compteur installé à l'entrée permet de quantifier le volume des prélèvements et d'éditer les factures correspondantes.

La production de boissons est une activité industrielle associant plusieurs opérations unitaires mettant en chaîne plusieurs équipements. L'eau est utilisée pour la production, le lavage et pour les besoins de consommation domestiques des personnels du complexe industriel. De façon générale les postes consommateurs d'eau sont :

- le traitement des eaux potables brutes,
- le processus de fabrication de la bière,
- le processus de fabrication des boissons gazeuses,
- le processus d'embouteillage
- les opérations de lavage et de désinfection des cuves.

Les relevés obtenus au sein des usines permettent de noter un volume d'eau brute utilisé autour de **2 116 038**.mètre cube par an.

Au sein de l'usine les eaux de process après avoir subis différents traitements en fonction de leur utilisation future sont conservées dans des citernes connectées aux points de consommation par des tuyauteries de diamètre fonction du besoin.

Quant aux eaux de lavage celles-ci sont pour la plupart déversées dans les caniveaux en direction du fleuve Mfoundi donc elles ne subissent aucun traitement. C'est l'exemple des eaux de lavage des filtres et d'entretiens des sites. Mais les eaux de lavage contaminées par des produits chimiques comme celles du lavage des bouteilles sont acheminées vers la STEP ou elles subiront un traitement avant déversement dans la nature.

III.2.2 Identification des différentes origines des eaux usées

Les rejets sont donc constitués d'eaux et de résidus de production. Les eaux issues du lavage des cuves et des tuyauteries sont constituées d'eaux sodées, de divers additifs comme des antiseptiques, des matières organiques, du sucre et de l'alcool, des acides (acide phosphorique, phosphate trisodique) et de l'hypochlorite de calcium. Celles de l'embouteillage contiennent aussi des résidus de soude et sont peu chargées en matière organique. Des levures utilisées pour la fermentation, de la bière et un mélange de filtre minéral (poudre de diatomée dénommée Kieselguhr) sont également présents dans les rejets. Les quantités d'eaux usées produites varient d'une opération à une autre, et également d'un produit à un autre (Sawadogo, 2018).

Il ressort de notre étude que les ateliers produisant des eaux usées sont :

- **L'atelier brassage**

C'est dans cet atelier qu'est préparé, chauffé et filtré le mout qui sera plus tard fermenté pour l'obtention de la bière. Les eaux usées de cet atelier proviennent du lavage des chaudières à mout. Les eaux usées sont constituées d'eaux sodées et de résidus de mout.

- **Les caves (TOD)**

Il s'agit du site de fermentation de la bière dans de grandes cuves appelées Tank Out Door (TOD). A la suite de cette fermentation, la bière est envoyée en filtration avant d'être embouteillée au conditionnement. Les eaux usées ici proviennent du nettoyage de la cave. Cette opération a lieu systématiquement tous les jours, et aussi du lavage des TOD qui se fait à la soude et au Septacide BN.

- **L'atelier Filtration**

Ici la bière est filtrée une dernière fois avant d'être envoyée en chaînes pour l'embouteillage. La filtration de la bière se fait avec un produit appelé le Kieselguhr. Le Kieselguhr est un additif de

filtration ayant pour rôle de retenir les dernières particules en suspension contenues dans la bière, de la rendre plus claire et « brillante ». Les eaux usées de la filtration proviennent du lavage des filtres et du nettoyage du sol.

▪ **Les différentes chaînes conditionnement**

C'est à ce niveau qu'est réalisé le conditionnement des produits, c'est-à-dire le lavage, l'embouteillage, la conservation avant distribution. Il se fait en différentes étapes grâce à des engins spécifiques dont les actions dans la chaîne de production sont ainsi décrites :

- Le dépalettiseur : qui est sensé démonter les palettes¹ afin de disposer les différents casiers sur la chaîne.
- La décaisseuse : qui retire les bouteilles des casiers et les dispose sur la chaîne. Les bouteilles vont à la laveuse de bouteilles et les casiers à la laveuse de casiers.
- Les laveuses (bouteilles et casiers) : qui stérilisent et nettoient respectivement les bouteilles et casiers.
- La mireuse : qui retient les bouteilles mal lavées, cassées ou qui ne correspondent pas à la boisson produite.
- La soutireuse : qui remplit les bouteilles et les ferme avec les bouchons correspondants.
- Le pasteurisateur : caractéristique du conditionnement de la bière, il permet d'éliminer les dernières levures présentes dans la bière, et de stériliser la bouteille une dernière fois.
- L'étiqueteuse : elle permet de coller les étiquettes sur les bouteilles.
- L'encaisseuse : qui reforme les casiers.
- Le palettiseur : qui reforme les palettes.

Les sources d'eaux usées au conditionnement sont le nettoyage du sol, les laveuses, la soutireuse et le pasteurisateur.

▪ **Les siroperies chaudes et froide**

Sièges respectifs de la fabrication du sirop neutre et de l'aromatisation de ce dernier selon la boisson gazeuse désirée. Les eaux usées proviennent du nettoyage du sol et du lavage des cuves de siroperie.

▪ **La chaîne de l'unité boissons gazeuses (UBG)**

¹ Les palettes renvoient à des casiers empilés de façon à former un bloc.

En plus de ces points de productions d'eau usées s'ajoute les points de pertes en eau. En prenant ici comme perte en eau toute eau non utilisée pour des raisons de process, nous avons donc noté des :

- Pertes au niveau des bâches de stockage car celle-ci n'étaient pas dotées d'une sonde en cas de remplissage
- Pertes au niveau des canalisations qui n'étaient pas étanches ou vieilles
- Pertes due à la non prise de conscience des employés
- Perte en eau sur les bouteilles ayant un défaut de conception qui étaient immédiatement déversées après détection.

Les pertes d'eau au niveau des opérations sont illustrées sur les figures 4, 5, 6 et 7

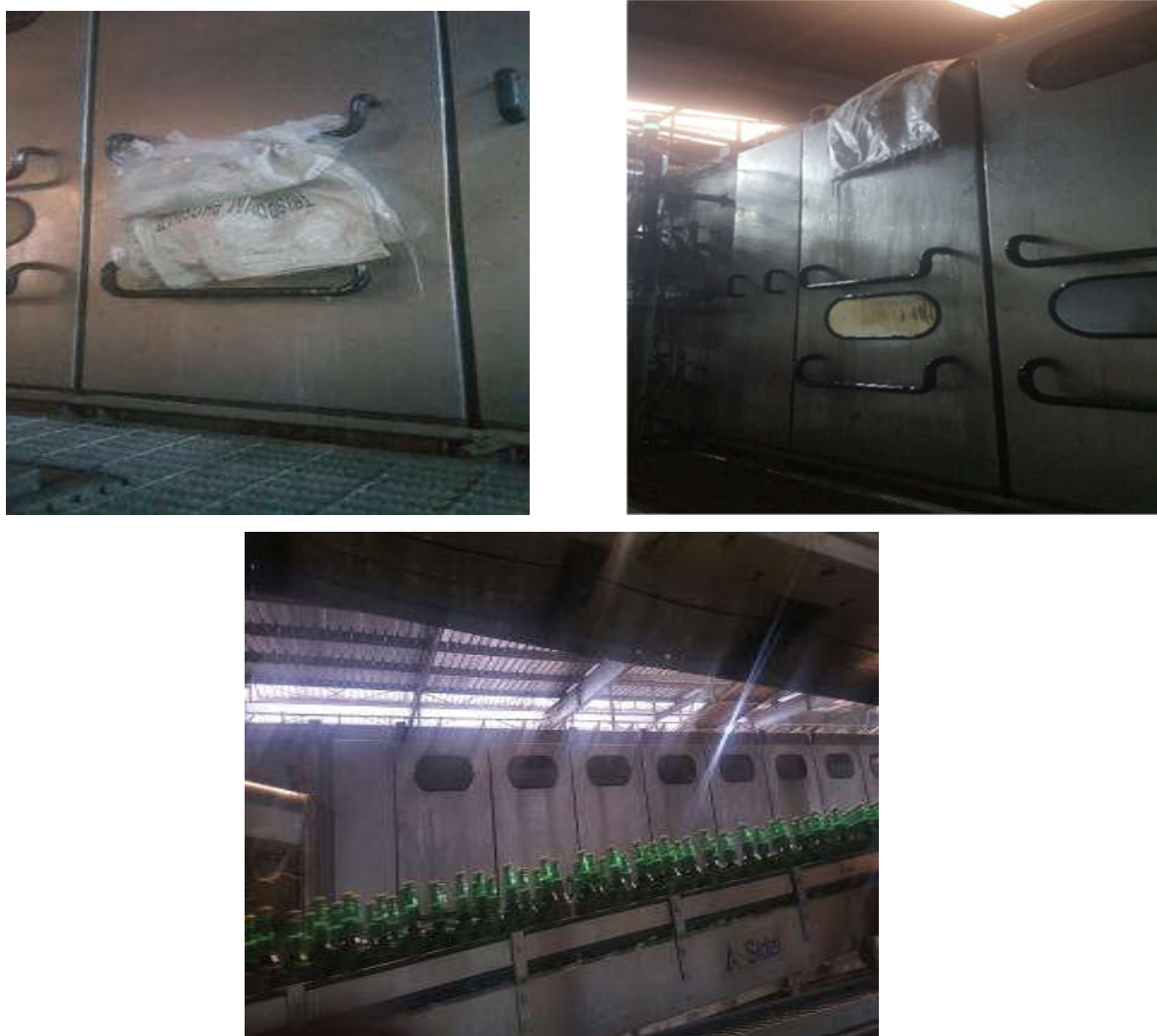


Figure 4 : Fuites d'eau sur les fenêtres du pasteurisateur chaines 5 et 6



Figure 5 : Dysfonctionnement des buses de lubrification chaine 5



Figure 6 : Fuite d'eau chaude sur la bache de stérilisation TC



Figure 7 : fuite d'eau sur une tuyauterie au niveau du magasin à maïs

III.2.3 Gestion des eaux usées

Au sein de la SABC existe un système de gestion des eaux usées. La STEP est chargée de traiter les eaux souillées en provenance des différentes usines, en vue d'y réduire la charge polluante avant de les déverser dans la nature. La construction de la STEP s'est faite suite aux opérations suivantes :

- Dimensionnement du local suite à l'étude des volumes d'eaux journaliers utilisés.
- Étude de la charge polluante présente dans les eaux.
- Séparation des réseaux eaux de pluies et eaux usées.

La STEP de la SABC du centre est une station de traitement des effluents provenant des différentes étapes du processus de fabrication de bière, des boissons gazeuses et des alcools mixtes. Cette station est une station de traitement par les boues activées. Elle est constituée d'un ensemble d'ouvrages et équipements : un bassin d'égalisation, un bassin de correction du pH, un réacteur UASB, un bassin de ré aération, un biofiltre destiné au traitement des effluents gazeux, une torchère destinée à brûler la totalité du biogaz qui est produit tout au long du traitement des effluents.

La station d'épuration traite les effluents provenant de l'UBG, du CP et du TC afin de réduire la charge polluante rejetée dans la nature. Les effluents traités à la STEP sont pompés depuis une fosse de relevage.

Une fois à la STEP, l'eau passe par un **dégrilleur** qui est une sorte de tamis. À la suite du dégrilleur, les eaux provenant des différentes usines sont mélangées dans un **bassin d'égalisation** car chaque eau usée a son origine, donc sa nature et son pH qui lui sont propres, il faut donc homogénéiser ces eaux. Cette eau est acheminée vers un **bassin de correction de pH** où elle est dosée à l'acide et/ou la base, proportionnellement à la valeur de pH attendue (valeur de pH biologique, c'est-à-dire comprise entre 6,5 et 7,5). L'eau est alors ramenée à un pH propice à l'action du réacteur UASB (entre 6,5 et 8). Le paramètre contrôlé à ce niveau est la Demande Chimique en Oxygène (DCO), c'est la teneur de l'eau en Oxygène nécessaire à l'oxydation des matières organiques. C'est un facteur crucial à la suite du traitement car c'est cette matière organique qui doit être éliminée afin d'obtenir une eau non polluante au sortir de la STEP.

Après ce bassin, l'eau arrive au niveau du **réacteur Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)**. Il s'agit d'un réacteur constitué de boues ayant pour rôle de digérer la matière organique contenue

dans l'eau. L'eau arrive de façon ascendante et les boues agissent en absence d'air. C'est l'étape la plus importante de l'opération de traitement des eaux usées, car les étapes précédentes ne servent qu'à mettre l'eau dans les conditions nécessaires pour pouvoir être traitées par les boues du réacteur.

Après le **réacteur UASB**, ces effluents arrivent au niveau du **bassin de ré aération**. A ce niveau est installé un système d'aspiration de l'air ambiant qui permet l'oxygénation de l'effluent. A la fin du processus les eaux traitées sont déversées au niveau du fleuve Mfoundi

A chaque étape du processus de traitement il y a production du biogaz et du sulfure d'hydrogène. Le biogaz produit est brûlé à l'aide d'une **torchère** et le sulfure d'hydrogène produit passe à travers le **biofiltre** (filtre biologique constitué de « kopos ») qui l'épure avant d'être rejeté dans l'environnement. La chaîne de traitement est représentée de façon schématique à la figure 8. La figure 9 représente une partie du système de traitement des eaux usées des usines de la SABC à Yaoundé.

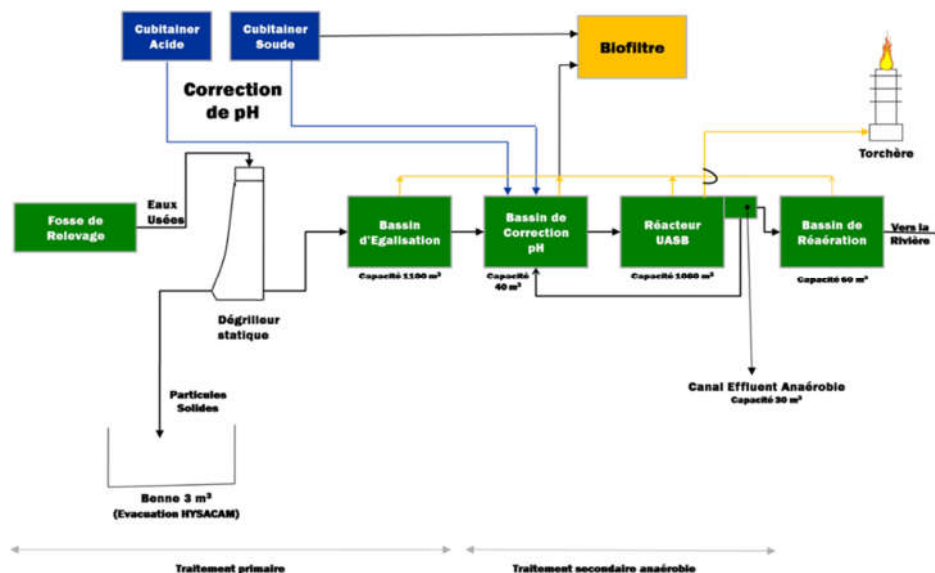


Figure 8 : Illustration du processus de traitement des eaux usées



Figure 9 : vue partielle de la station de traitement des eaux usées des usines de la SABC à Yaoundé

III.2.4 Performance de la station de traitement des eaux usées

Un suivi régulier des performances de la STEP de l'usine de Yaoundé est réalisé de façon régulière à travers le monitoring de paramètres clés. Quelques valeurs des paramètres suivis sont données dans le tableau 2.

Les eaux usées rejetées dans un environnement donné doivent respecter les normes de rejet d'eau prescrit dans le cadre du respect et la protection de l'environnement, afin de limiter les risques de pollution et contribuer au processus de développement durable. Ces normes de rejet au Cameroun sont définies par le Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et Développement Durable (MINEPDED), avec les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques bien précises, suivant des lois qui régissent le bon état écologique, économique et sanitaire de l'utilisation de l'eau sur l'environnement. Le tableau 3 présente quelques exigences des normes de rejet des eaux usées industrielles dans l'environnement au Cameroun pour le cas des brasseries.

Les valeurs de suivi montrent que certaines caractéristiques d'eau traitée sont supérieures aux normes de rejet dans l'environnement. Les performances du dispositif d'épuration ne garantissent donc pas une réutilisation des eaux usées traitées au sein du complexe industriel.

Tableau 2 : performance de la station actuelle

Années	2016	2017	2018
Volume moyen journalier d'eaux usées produites (m ³ /j)	679,54	865,29	589,68
Volume moyen journalier d'eaux usées traitées (m ³ /j)	530,04	588,39	70,76
Pourcentage d'eaux usées traitée à la STEP	78%	68%	12%
Moyenne DCO effluent entrée STEP (mg O ₂ /L)	1665	1535	1445
Moyenne DCO eau traitée sortie STEP (mg O ₂ /L)	...366.3.	...168.85.	476.85...
Taux d'abattement DCO effluent entrée STEP (mgO ₂ /L)	88%	89%	67%
Consommation d'acide STEP (L)	92175	39690	23660
Ratio consommation acide (L/m ³ d'eau traitée)	0,38	0,19	0,16
Volume annuel de de biogaz produit (Nm ³)	207011	148739	91842
Rendement moyen mensuel de production du biogaz (Nm ³ /kg DCO abattu)	0,59	0,52	0,63

Il est à noter qu'en 2018 la STEP était en chantier d'où le pourcentage d'eaux usées traitées cette année est très faible.

Tableau 3 : Normes environnementales et procédure d'inspection au Cameroun (Ministère de l'environnement et de la protection de la nature)

Types d'industrie	Paramètre	Concentration maximale acceptable (mg/L)	Effluent final de la SABC à Yaoundé
	pH	6-9	6-9
	DBO ₅	50 mg O ₂ /L	<100
	DCO	250 mg O ₂ /L	<500 ou efficacité d'abattement DCO≥80%
Brasserie	Matière en suspension	50 mg/L	<300
	Huile et graisse	10 mg/L	<15
	Azote total (NH ₄ -N)	10 mg/L	<50
	Phosphore total	5 mg/L	<20
	Elévation max de la température	≤ 3°C	

III.3 Optimisation de l'utilisation de la ressource au niveau des différents points de consommation

Définir

Cette partie vise à présenter les alternatives envisageables pour une meilleure gestion de l'eau dans l'usine.

Les clients, leurs besoins de produits et de services, et leurs attentes, leur critère de la qualité (VOC (voix du client)) et le processus en question. Définir les limites du projet, la cartographie processus et les flux. Cette première étape se décompose essentiellement en quatre parties :

- **QOOQCP**

Elle permet de mieux cadrer le projet par la situation en répondant aux questions indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Principales étapes QOOQCP

Quoi ?	Optimisation de la consommation de l'eau
Qui ?	Responsable de la zone production
Où ?	SABC
Quand ?	A partir du 3 novembre 2020
Comment ?	En poursuivant la démarche DMAIC
Pourquoi ?	Réduire le ratio d'eau Minimiser les pertes

Après avoir cadré le projet et bien définir les objectifs et les acteurs du projet, il est nécessaire d'établir les différentes étapes de réalisation du dit projet grâce à la partie SIPOC

- **SIPOC**

Pour mieux visualiser le processus avec ses différentes parties prenantes, nous avons élaboré le diagramme SIPOC représenté en annexe 7. Cet outil nous a permis d'identifier les étapes par lesquelles passent les produits en spécifiant les entrées et sorties de chacune d'elles en plus des fournisseurs et des clients.

Après établissement du plan de travail, il est tout aussi nécessaire de collecter des données.

▪ Mesurer

Cette phase est très importante dans la démarche DMAIC, car elle se focalise sur la mesure des paramètres qui reflètent la problématique du projet. En premier lieu, on va construire un plan de collecte de données fiable, la capacité du processus. Le plan de collecte de données est illustré en annexe 8

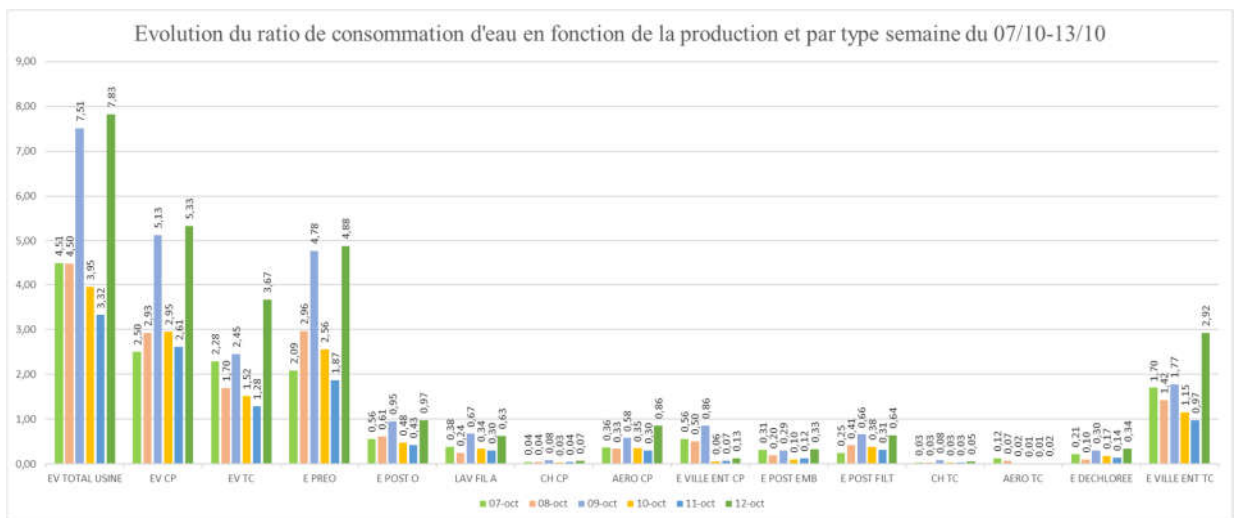


Figure 3 : suivi de ratio de la semaine du 7/10-13/10

Après une collecte de données vient éventuellement une étape d'analyse de ces données en vue d'une recherche de solution

▪ Analyser

Les données recueillies et cartographie des processus pour déterminer les causes racines des défauts.

En général, le but de la phase « analyser » est de traiter les données collectées dans la phase « mesurer » pour tirer les causes génératrices de la problématique étudiée. D'après donc notre analyse, la laveuse des bouteilles a été la cause principale de la grande consommation d'eau. Lavage des bouteilles a pour but l'élimination des microorganismes et des impuretés. Il consiste donc à la préparation de bouteilles saines et stériles avant le remplissage.

Tableau 5: Méthode de 5 pourquoi de la laveuse des bouteilles

Problème	Causes racines				
	Pourquoi1 ?	Pourquoi2 ?	Pourquoi3 ?	Pourquoi4 ?	Pourquoi5 ?
Pertes de l'eau au niveau de la laveuse des bouteilles	Arrêt prolongé	Éliminer les bouteilles qui sont à l'intérieur	Vidanger plus que la moitié du bain	Panne dans une pompe de l'un des bains de la soude	
	Ajout de l'eau	Débordement des bains	Formation de la mousse		
	Perte de 7%	Blocage dans le passage des bouteilles	Machine tourne à vide		
	Rejet de l'eau	Manque de circuit de récupération			
	Manque d'entretien				

Après la phase de recherche de causes potentielles il est nécessaire de voir comment les améliorer pour un meilleur rendement.

▪ Améliorer

Le processus cible en concevant des solutions créatives pour résoudre et prévenir les problèmes.

- Créer des solutions innovatrices qui en utilisant la technologie et de la discipline.
- Développer et déployer un plan de mise en œuvre

▪ Solutions proposées

Après le Brainstorming destiné à la recherche des solutions, on a récolté un nombre d'idées assez important, dont chacune correspond à une cause potentielle. Le tableau 6 illustre les différentes solutions trouvées :

Tableau 6: Solutions proposées au niveau de la laveuse des bouteilles

Causes racines	Solutions
Fuite d'eau sur les tuyauteries	Contrôle périodique des tuyaux et colmatage des trous
Machine tourne à vide	Amélioration de l'état des convoyeurs des bouteilles en vue d'une meilleure synchronisation entre le démarrage de la machine et le suivi par les employés
Pertes d'eau de sanitation (manque de circuit de retour)	Installer des circuits retour et de récupération afin de récupérer les différentes eaux de lavage en vue d'un traitement approprié pour une réintroduction dans le circuit d'utilisation
Panne dans une pompe des bains de la soude	Contrôle périodique de l'état des bains. (visite périodique permettant de suivre l'état de la machine)
Pertes d'eau au niveau des rinceuses (absence de récupération)	Récupérer l'eau de rinçage vers la cuve d'eau de ville pour une réintroduction dans le cycle de traitement et d'utilisation d'eau
Manque d'entretien	Contrôle visuel de la présence des défauts Entretien correctif
Débordement d'eau de la cuve du pasteurisateur (dysfonctionnement de la vanne régulatrice)	Réparer la vanne
Manque de récupération	Recycler une quantité élevée d'eau en ajoutant d'autre circuit de récupération

▪ **Contrôler**

Cette phase va nous permettre de s'assurer que les innovations et les améliorations proposées sont implantées correctement.

- Empêcher un revenir en arrière à la "ancienne ».
- Exiger le développement, la documentation et la mise en œuvre d'un plan de surveillance continue.
- Institutionnaliser les améliorations grâce à la modification des systèmes et des structures (Personnel, formation, incitations...)

Conclusion partielle

Durant cette partie « Application du DMAIC au processus d'utilisation d'eau », nous avons défini notre objectif : Atteindre un ratio d'eau ≤ 4 litres d'eau consommé par litre de boisson produit. Nous avons déterminé que la capacité du processus est non maîtrisée et la distribution des réponses suit une loi normale. Ensuite, nous avons conclu que la laveuse des bouteilles consomme une grande quantité d'eau. D'après la méthode des 5 pourquoi nous avons tiré les causes génératrices de cette grande consommation d'eau. La machine qui tourne à vide, une panne dans une pompe des baignoires de la soude se sont des problèmes issus de la machine. Un manque de récupération d'eau pour la méthode du lavage. Ensuite un manque d'entretien par la main d'œuvre. Après un Brainstorming durant la phase « innover » nous avons proposé des actions correctives pour chacune des causes racines.

III.4 Améliorer le traitement des eaux usées pour un recyclage des eaux usées traitées

III.4.1 Amélioration du système actuel pour une l'amélioration des performances épuratoires

Les stations d'épuration utilisant les procédés biologiques sont parfois sujettes à des défaillances qui limitent la fiabilité des performances épuratoire. Certaines sont liées à la composition de l'eau usée, d'autres à la conception et au mode d'exploitation du système biologique. Nous retiendrons ici comme défaillance la perte de boues au niveau du réacteur UASB et la destruction du béton dans le bassin de correction.

En effet nous avons eu à constater que pas seulement les eaux usées arrivaient à la STEP mais aussi certains éléments tels que la drêche, levures, les huiles qui une fois dans le réacteur jouent un rôle d'inhibiteur et de destruction des boues ce qui perturbait le procédé d'épuration et provoquait ainsi une perte de boues au niveau du réacteur du fait de leur mauvaise qualité.

Pour remédier à ce problème on a comme solution l'installation de dégrilleur de taille fine pour bloquer le passage de la drêche et garantir ainsi la qualité de l'eau usée qui arrivera à la station.

Nous avons aussi la destruction du béton par l'acide dans le bassin de correction qui modifie la composition de l'eau dans le dit bassin. Pour y remédier, il a été proposé l'installation d'une couche de PEHD (polyéthylène haute densité) sur les différentes parois du bassin. L'installation du PEHD se fera par un recouvrement du béton par un vernis intact ou le bitume ; et le dépôt du PEHD sur le vernis qui collera.

Toutefois, les données de la littérature rapportent que le système UASB conduit à des performances épuratoires intéressantes pour l'abattement de la charge polluante organique, mais nécessite quelque fois une association à un système de posttraitement pour des eaux usées traitées de meilleure qualité (Hampanavar & Shivayogimath, 2010 ; Atashi et al., 2010). L'utilisation de ce système ne garantit donc pas une réutilisation des eaux traitées. C'est pourquoi, il est envisagé l'association à d'un système membranaire pouvant garantir un effluent de bonne qualité.

III.4.2 Installation d'un bioréacteur à membrane

La solution 2 consistera à une combinaison du système existant avec un bioréacteur à membrane. Du fait du manque d'espace dans la structure la membrane sera immergée.

Le BRM est une technologie hybride qui couple un système biologique et une étape de séparation sur membrane poreuse. Cette technologie est une amélioration du système biologique à boues activées, qui se caractérise par le remplacement du traditionnel décanteur secondaire par une unité de filtration membranaire qui représente une barrière infranchissable par les espèces épuratoires, quel que soit leur état de floculation. Le processus de métabolisation avec ses deux aspects (anabolisme et catabolisme) observés dans un système de boues activées est similaire à celui mis en jeu dans un BRM. Notre système sera constitué d'un bioréacteur à membrane immergée ou interne. Cette configuration repose sur l'immersion des membranes ou des modules (ces modules sont généralement des membranes planes ou en fibres creuses) directement dans les boues. La filtration pseudo frontale est accomplie par l'application d'une pression négative du côté du perméat et par injection d'air directement sous et à l'intérieur du module membranaire, afin de maintenir les particules en suspension et nettoyer la surface externe de la membrane.

Un des enjeux majeurs de la mise en œuvre industrielle d'un BRM est de maintenir, en cours d'opération, la perméabilité membranaire à des valeurs économiquement acceptables, et donc de minimiser le colmatage. En général, les paramètres suivis en cours d'opération sont la pression transmembranaire (PTM), la vitesse d'écoulement du flux d'eau (vT), les concentrations de MES dans l'eau à traiter et dans le bioréacteur, le temps de rétention hydraulique (TRH), la concentration d'oxygène dissous, la consommation spécifique d'oxygène, etc.

Tableau 7 : Paramètres de dimensionnement des Bàm

Paramètre	unité	Valeur
Débit à l'entrée du réacteur (Q)	m ³ /j	600
Concentration de DCO à l'entrée (Se)	g DCO/L	1,4
Concentration de DCO dans le perméat (S)	g DCO/L	0,47
Concentration de biomasse dans le réacteur (X)	g MES/L	10
Temps de séjour des boues (Tb)	j	30
Taux de décès de la biomasse (Kd)	j ⁻¹	0,08
Taux de conversion apparent de la biomasse (Y _H)	gMVS/gDCO	0,44
Rapport MVS/MES		0,63

Les caractéristiques de la biomasse sont déterminées à partir des équations 2, 3, 4 et 5 :

- Rendement de production de boues observé (Y_{obs})

$$Y_{obs} = \frac{Y_H}{1 + k_d \cdot T_b} = 0.1294 \text{ gMVS/gDCO}$$

La charge massique dans le réacteur (C_m)

$$C_m = \frac{k_d + T_b^{-1}}{Y_H} = 0.2575 \text{ gMVS/gDCO /j}$$

- La masse de biomasse nécessaire dans le bioréacteur (M et M')

$$M = \frac{Q*(S_e - S)}{C_m} = 2\,166\,990 \text{ gMVS}$$

$$M' = VX = \frac{M}{0,63} = 3\,439\,667 \text{ gMES}$$

Les caractéristiques du BâM sont données par les équations suivantes :

- Le volume du réacteur (V)

$$V = \frac{M'}{X} = 344 \text{ m}^3$$

Le temps de séjour hydraulique (T_H)

$$T_H = \frac{V}{Q} = 13.76 \text{ h}$$

- Le volume de purge journalière (Q_w)

$$Q_w = \frac{V}{T_b} = 11.46 \text{ m}^3/\text{j}$$

- La quantité d'oxygène nécessaire ($Q(O_2)$)

$$Q(O_2) = Q * (S_e - S) - Q_w * X * 0,8 * 1,44 = 557.868 \text{ kg/j}$$

$$Q(\text{air}) = \frac{Q(O_2)}{0,21} * \frac{29}{32} = 2407.46 \text{ kg/j}$$

Pour la suite du dimensionnement, l'exemple de membrane de microfiltration Polymem MF 100L sera utilisé pour la détermination des caractéristiques du compartiment membranaire à installer. Les principales caractéristiques de cette membrane sont résumées dans le tableau.

Tableau 8 : Caractéristiques de la membrane Polymem MF 100L

Paramètre	unité	Valeur
Flux (J_w) maximal admissible (L/h/m ²)	LMH	30
Perméabilité de la membrane (L_p)	L/h/m ² /bar	800
Surface utile par module (S)	m ²	4,5
Diamètre moyen des pores (d_p)	µm	0,20

Diamètre du module (dm)	mm	75
Longueur du module (Lm)	mm	550

Le temps de filtration (Tf) a été fixé à 1 heure avec une pression de filtration (Pf) de 0,3 bar et le temps de retrolavage (Trl) à 30 secondes à une pression de retrolavage (Prl) de 2 bars.

- Le Flux brut de filtration (Jbrut)

$$J_{m,brut} = 30 \text{ L/h}$$

- Le Flux net de filtration (Jm,net)

$$J_{m,net} = \frac{J_{m,brut} * T_f - J * P_{rl} * T_{rl}}{T_f + T_{rl}} = 29.34 \text{ L/h/m}^2 = 704160 \text{ m}^3/\text{j/m}^2$$

- Le nombre de modules membranaires nécessaire (Nm)

$$N_m = \frac{Q}{Q_{net}} = \frac{Q}{J_{net} S_{Module}} = 189 \text{ modules}$$

$$\text{Surface membranaire} = 189 * 4.5 = 850.5 \text{ m}^2$$

Tableau 9 : Caractéristiques du réacteur biologique et du compartiment membranaire

Paramètres	unité	valeur
La charge massique dans le réacteur (Cm)	gMVS/gDCOj	0,2575
La masse de MVS dans le bioréacteur (M)	gMVS	2 166 990
La masse de MES dans le bioréacteur (M')	gMES	3 439 667
Le volume du réacteur (V)	m ³	344
Le temps de séjour hydraulique (TH)	h	13.76
Le volume de purge journalière (Qw)	m ³ /j	11.46
La quantité d'oxygène nécessaire (Q(O ₂))	kg/j	557.868
La quantité d'air nécessaire (Q(air))	kg/j	2407.46
Le Flux brut de filtration	LMH	30
Le Flux net de filtration	LMH	29.34
Le nombre de modules membranaires nécessaire (Nm)	-	189
La surface membranaire	m ²	850.5

IV.2.3 Installation d'un bassin de décantation

La solution 3 consistera à l'implantation d'un bassin de décantation fonctionnant avec le principe de coagulation floculation. Cette option permettra une réduction de la charge avant l'arrivée au niveau de l'UASB.

Le procédé de coagulation-floculation est un traitement physicochimique, qui permet d'éliminer les matières colloïdales et les matières en suspension. La coagulation a pour but principal de déstabiliser les fines particules en suspension ou colloïdes pour ainsi faciliter leur agglomération.

Pour un débit de 25 m³/h un diamètre minimal de particules à décanter de 20μm et une vitesse horizontale dans le bassin de 0.05cm/s nous prendrons les extrêmes pour dimensionner

$D=20\mu\text{m}$ Vitesse de sédimentation= 0.028cm/s

$V_h \text{ (cm/s)} = 0.05$ $h = (1/4 * q/v_h)^2 = 1.3\text{m}$

$L = (v_h/v_s) * h = 2.3\text{m}$

$l \text{ (m)} = 4h = 5.2$

$V = 150\text{m}^3$

$S = 50\text{m}^2$

L'implantation de cette solution nécessiterait une surface de 50 m². Un autre site doit être recherché si le maître d'ouvrage souhaite retenir cette solution.

IV.3 Analyse des options proposées et choix technique

La réutilisation des eaux usées traitées pourrait conduire à une réduction de la consommation d'eau au sein des usines de Yaoundé de la SABC. Ainsi trois solutions ont été proposées pour une amélioration des performances du système de traitement des eaux usées générées par les activités de production et d'assainissement. Au vue des différentes solutions proposées nous pouvons conclure que la solution 2 est la mieux adaptée pour résoudre notre problème d'optimisation d'eau dans l'usine dans la mesure où elle permet de traiter un gros volume d'eau et l'effluent traité peut-être directement réutilisé. La suite de notre travail consistera donc à faire une étude financière de la mise en place du bioréacteur à membrane.

V. ETUDE FINANCIERE

V.1 Cout d'installation et d'exploitation

La mise en place d'un BRM pour le traitement et la réutilisation des eaux usées traitées peut nécessiter des investissements importants. C'est un système compact donc avec une empreinte au sol faible. Les couts d'investissement du BaM sont déterminés à partir des équations suivantes proposées par Iglesias et al. (2018) :

$$Y1 = 82147 * x^{-0,495}$$

Où :

Y1 est le coût de l'installation en euro/m³/j

X est le débit journalier d'eaux usées en m³/j

$$Y2 = 4,4499 * x^{-0,34}$$

Où :

Y2 est le coût d'exploitation du système en euro/m³/j

X est le débit journalier d'eaux usées traitées en m³/j

En utilisant un débit de 600 m³/j on obtient un investissement de 2 077 581.6 euros soit 1

362 893 530 FCFA. Ce cout d'investissement tient compte d'une prise en main de la station pour une période de 3 à 6 mois. S'agissant du cout d'exploitation, le résultat obtenu est 331.28 FCFA/m³ d'eau traitée (0.505 euro/m³/j)

Conclusion partielle

La construction de cette station nécessitera un cout global de 1 362 893 861 Francs CFA. En plus, le coût d'un (01) m³ d'eau traitée s'élève à 331.28 FCFA

IV. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

L'évaluation environnementale est un Ensemble de processus qui visent la prise en compte de l'environnement dans la planification des opérations ou du développement de projets, de plans, de programmes ou de politiques, tant en ce qui concerne l'État que l'entreprise. Elle permet d'assurer la durabilité du projet et de ses objectifs ; cette EIES consistera donc à relever les impacts de ce projet sur l'environnement et ses occupants afin de les atténuer.

VI.1 Identification des impacts

VI.1.1 Impacts positifs

Les rejets directs d'eaux usées de la SABC dans l'environnement risquent de contaminer le fleuve ou elles sont déversées. La réalisation du projet de traitement et de valorisation des effluents issus de l'usine est une mesure de protection et d'amélioration de l'environnement.

Nous pouvons donc citer comme impacts positifs :

- Protection de la nappe et du fleuve contre la pollution par les eaux usées
- La réutilisation de l'eau traitée en interne diminuera les factures d'eau et réduira ainsi le gaspillage de la ressource
- La réalisation du projet ne demandera pas d'espace supplémentaire que celui déjà mis sur pied
- Absence de dégradation de sol du a l'absence de la phase de pré réalisation

VI.1.2 Impacts négatifs

Comme tout projet, l'installation de ce système aura des interactions avec les composantes environnementales et humaines environnantes et causera ainsi des effets négatifs parmi lesquels nous pouvons cite :

- Pollution organique qui est liée à la charge en matières organiques qui ont un effet fertilisant immédiat sur les phytoplanctons.
- Risques de chutes ou glissades : ces risques comptent parmi les accidents les plus fréquents. Le risque de glissade aux abords d'un bassin ou d'une fosse peut s'accompagner d'un risque de noyade.

- Risques sanitaires liés à la contamination de l'air par l'ammoniac, sulfures (hydrogène sulfuré, etc.) ; ce risque serait lié à leur concentration dans l'air et au temps d'exposition des personnes.
- Risques d'électriques ; l'environnement spécifique de ces usines (présence d'eau, humidité ambiante, produits corrosifs...) peut entraîner un vieillissement rapide des installations et être à l'origine de risques électriques
- Risques d'humidité du site, bruit, odeurs, nuisances sonores et olfactives pour les riverains

VI.2 Mesures d'atténuation

Dans le but de limiter les impacts négatifs du projet sur l'environnement et sur l'homme, nous avons établi des actions à mener pour le bon déroulement des activités à savoir :

- Assurer une surveillance environnementale et qualitative du projet de construction du début à la fin ;
- Former les employés au respect des mesures d'hygiène, sécurité et environnement ;
- Appliquer une politique qualité-sécurité ;
- Sensibiliser les riverains et les travailleurs aux pratiques saines ;
- Réhabilitation des zones sensibles.

CONCLUSION

Les activités de la SABC génèrent des eaux usées dont les quantités sont estimées à 600 m³/jours. Quantités accrues par différents problèmes au niveau de la manipulation et de la consommation d'eau au sein de l'usine ; parmi ces problèmes nous pouvons citer les fuites d'eau au niveau des équipements, de même que la non prise de conscience par certains usagers sur l'enjeux qu'est l'économie d'eau etc. Il ressort donc de notre travail que le scénario qui consiste en la mise en place d'un système de bioréacteur à membrane immergée est la solution optimale en considérant l'espace d'emplacement pressenti pour la mise en place du projet et les différents avantages de celui-ci. La désinfection de l'eau épurée est assurée par l'étape intégrée de filtration sur membranaire ;qui garantit ainsi une élimination efficace des pollutions carbonées et azotées ainsi que la quasi-totalité des MES, répondant ainsi aux exigences environnementales.la réalisation de ce projet d'un cout global d'environ 1 362 893 861FCFA vient pour réduire les charges polluantes des eaux usées de la SABC et permettre une réutilisation pour l'irrigation, l'arrosage des espaces verts et pour les installations de production d'air conditionné. Aussi, Cette solution proposée permettra une rentabilité sur investissement non seulement à travers la réutilisation des eaux traitées mais aussi la vulgarisation agricole des boues des réacteurs biologiques et traitées par les ouvrages d'épaississement et de déshydratation. Ainsi, ce projet de type écologique et respectueux de l'environnement vient également offrir aux populations riveraines de la zone, l'opportunité d'utiliser des eaux du fleuve Mfoundi exempts de pollution pour leurs activités.

RECOMMANDATIONS

Au terme de cette étude qui a porté sur les eaux usées de l'unité industriel de la SABC, nous proposons les recommandations suivantes dans l'optique de contribuer à une meilleure gestion des eaux usées de l'usine pour une diminution des volumes et des charges polluantes des rejets. Il s'agit entre autres de :

- ❖ Faire une étude de faisabilité pour un recyclage des eaux usées : eaux de chasse en arrosage et des eaux grises pour la chasse ; eau de lavage des filtres pour le ménage
- ❖ Déshydrations des boues et utilisation dans les champs
- ❖ Utilisation des eaux traitées pour l'arrosage des espaces verts
- ❖ Récupération de l'eau de refroidissement des pasteurisateurs
- ❖ Analyse des paramètres physico-chimique d'eau en continu
- ❖ Sensibilisation des usagers sur l'économie d'eau et sur les risques en couru en cas de non-respect des directives données
- ❖ Réintroduire l'eau de ville utilisée pour la mesure de turbidité dans le circuit
- ❖ Vérifier l'état des canalisations et des bâches par semaine afin de colmater celles perforées et ainsi limiter les pertes d'énergie enregistrées
- ❖ Installation de compteur électrique lisible sur un ordinateur par chaine pour une meilleure analyse
- ❖ Privilégier le nettoyage/déblayage à sec
- ❖ Pistolets automatiques moyenne pression. Jets stoppeurs sur tous les tuyaux d'entretien
- ❖ Récupération d'eau de pluie

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

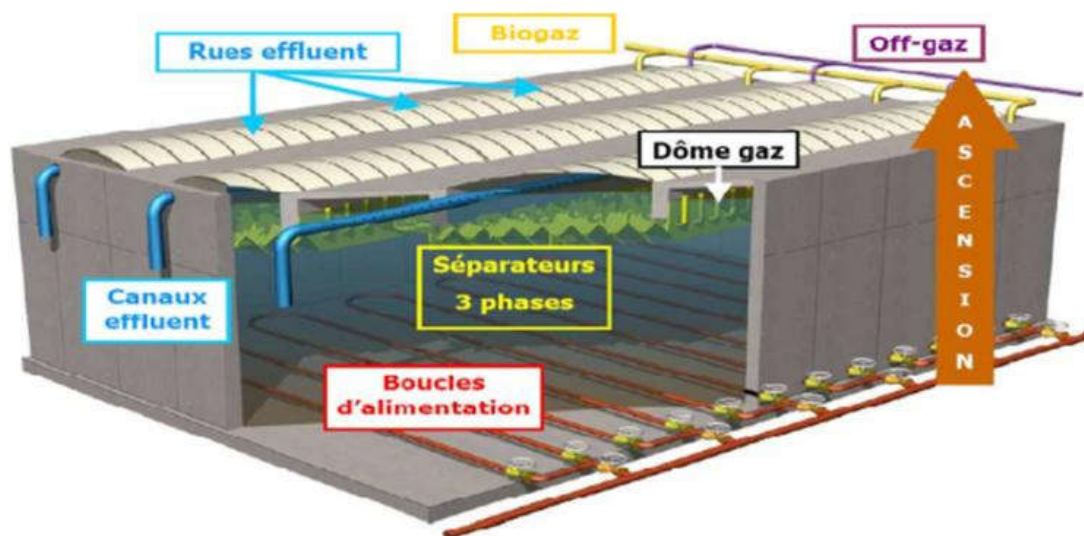
- Beyala, B.V., Ntuala, R.F.D., Onana, V.L., Effoudou-Priso, E., Ekodeck, G.E., 2012. Supergene weathering of chlorite schists from Ayos (Cameroon) and their geotechnical applications. *RevCAMES Sér. A* 13, 263–269.
- Braeken, L., Van der Bruggen, B., Vandecasteele, C., 2004. Regeneration of brewery waste water using nanofiltration. *Water Res.* 38, 3075–3082. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.03.028>
- Brito, A.G., Peixoto, J., Oliveira, J.M., Oliveira, J.A., Costa, C., Nogueira, R., Rodrigues, A., 2007. Brewery and winery wastewater treatment: some focal points of design and operation, in: *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*. Springer, pp. 109–131.
- Defo, C., Yerima, B., Kaur, R., Bemmo, N., 2016. Spatial distribution of heavy metals in groundwaters and health risks associated in the Ntem watershed, Yaoundé Cameroon. *Water Sci. Technol. Water Supply* 17, 780–791. <https://doi.org/10.2166/ws.2016.178>
- Delgado Zambrano, L.F., 2009. Bioréacteur à membrane externe pour le traitement d’effluents contenant des médicaments anticancéreux: élimination et influence du cyclophosphamide et de ses principaux métabolites sur le procédé (PhD Thesis). Toulouse, INPT.
- Driessen, W., Vereijken, T., 2003. Recent developments in biological treatment of brewery effluent, in: *The Institute and Guild of Brewing Convention*, Livingstone, Zambia, March. pp. 2–7.
- Fillaudeau, L., Blanpain-Avet, P., Daufin, G., 2006. Water, wastewater and waste management in brewing industries. *J. Clean. Prod.* 14, 463–471. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.01.002>
- FILLAUDEAU Luc, BLANPAIN-AVET Pascal, 1999. Secteur brassicole Caractéristiques technico-économiques. Tech. Ing. Filière Prod. Prod. Orig. Végétale base documentaire : TIB433DUO.
- Gil, J.A., Túa, L., Rueda, A., Montaña, B., Rodríguez, M., Prats, D., 2010. Monitoring and analysis of the energy cost of an MBR. *Desalination* 250, 997–1001. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.089>
- Haroon, H., Waseem, A., Mahmood, Q., 2013. Treatment and reuse of wastewater from beverage industry. *J Chem Soc Pak* 35, 5–10.

- Hebabaze, S., Christoph, B., Riechelmann, C., Nahli, A., Kraume, M., Chlaida, M., 2016. Application d'un réacteur biologique membranaire "MBR" pour l'amélioration de la qualité des eaux épurées d'une unité d'industrie agroalimentaire au Maroc. Rev. « Nat. Technol. » 15, 26–36.
- Jacquin, C., 2017. Caractérisation de la Matière Organique Dissoute (DOM) et de ses interactions avec une séparation par membrane pour l'amélioration du contrôle des BioRéacteurs à Membranes (BàM).
- Ouarda, Y., 2014. Le bioréacteur à membrane pour le traitement des eaux usées contaminées par le bisphénol A. (PhD Thesis). Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique.
- Sawadogo, B., 2018. Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien : cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso.
- Seyhi, B., Droguil, P., Buelna, G., Blais, J.-F., Heran, M., 2011. État actuel des connaissances des procédés de bioréacteur à membrane pour le traitement et la réutilisation des eaux usées industrielles et urbaines. Rev. Sci. Eau 24, 283. <https://doi.org/10.7202/1006478ar>
- Skouteris, G., Hermosilla, D., López, P., Negro, C., Blanco, Á., 2012. Anaerobic membrane bioreactors for wastewater treatment: A review. Chem. Eng. J. 198–199, 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.05.070>
- Sutton, P.M., 2006. Membrane bioreactors for industrial wastewater treatment: Applicability and selection of optimal system configuration. Proc. Water Environ. Fed. 2006, 3233–3248.

ANNEXES

Annexe 1 : vue d'ensemble réacteur UASB et équipements internes	ii
Annexe 2 : vue de la torchère servant à incinérer le biogaz (CH ₄) produit	ii
Annexe 3 : plan de comptage de l'eau.....	ii
Annexe 4 : bilan hydrique de l'eau.....	iv
Annexe 5 : tableaux de consommation et de ratios d'eau par jours	iv
Annexe 6 : Outil SIPOC d'eau traitée et adoucie	v
Annexe 7 : Plan de collecte des données.....	vii
Annexe 8 : organigramme de l'usine.....	vii

Annexe 1 : vue d'ensemble réacteur UASB et équipements internes

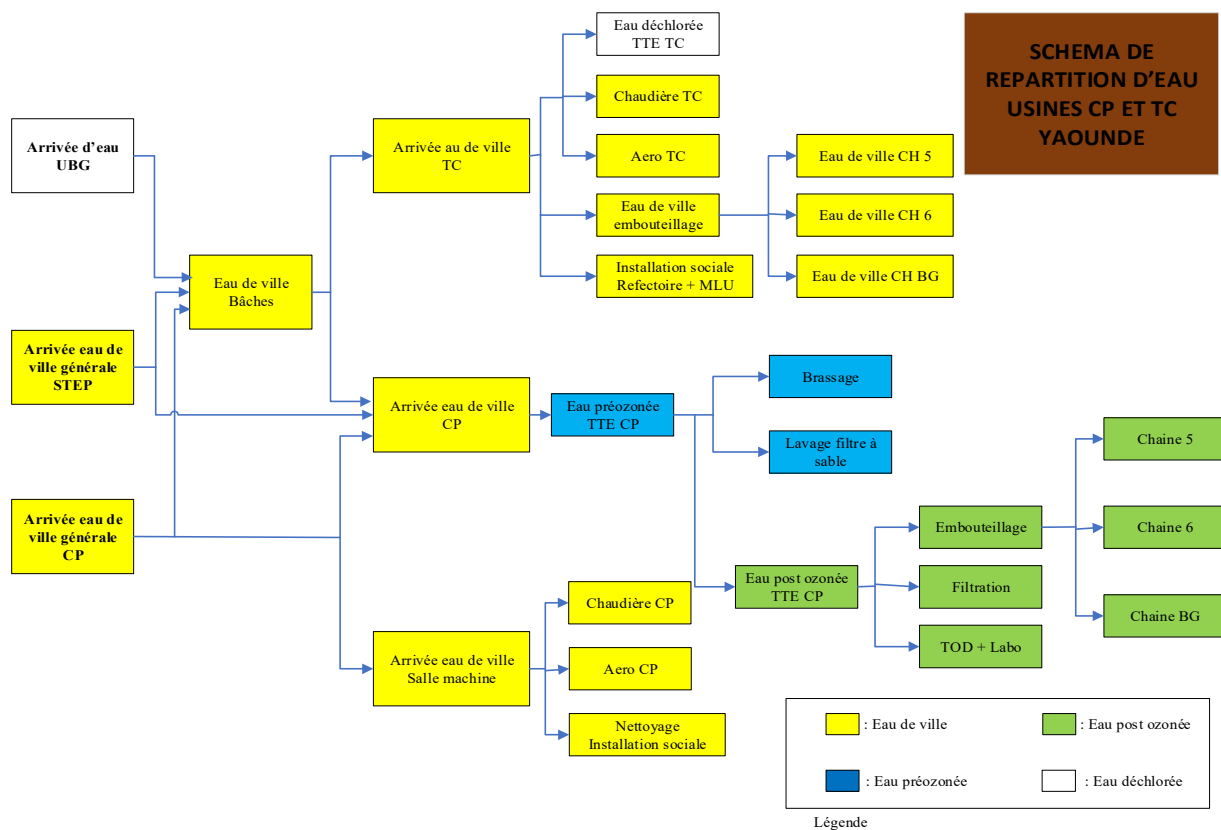


Annexe 2 : vue de la torchère servant à incinérer le biogaz (CH_4) produit



Annexe 3 : plan de comptage de l'eau

Annexe 4 : bilan hydrique de l'eau



Annexe 5 : tableaux de consommation et de ratios d'eau par jours

is-e-papiers

Police

Alignement

Nombre

Styles

Cellules

Édit

385

=CONSUMMATION!D79

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
DATE	PRODUCTION															
	8413	EV TOTAL USINE	EV CP	EV TC	EP PREO	E POST O	LAV FILA	CH CP	AERO CP	E VILLE ENT	E POST EMB	E POST FILT	CH TC	AERO TC	E DECHLOF	E VILLE ENT TC
04-nov	CONSO (M³)	3251	1912	1658	1947,9	467,5	58	100	228	39	101	366,5	7	0	114	1395
	RATIO	5,07	2,38	2,59	3,04	0,73	0,09	0,16	0,36	0,06	0,16	0,57	0,01	0,00	0,18	2,18
DATE	PRODUCTION															
	8726	EV TOTAL USINE	EV CP	EV TC	EP PREO	E POST O	LAV FILA	CH CP	AERO CP	E VILLE ENT	E POST EMB	E POST FILT	CH TC	AERO TC	E DECHLOF	E VILLE ENT TC
05-nov	CONSO (M³)	4206	3041	1574	2759,3	432,3	415	71	321	27	109	323,3	2	0	101	1370
	RATIO	4,82	3,48	1,80	3,16	0,50	0,48	0,08	0,37	0,03	0,12	0,37	0,00	0,00	0,12	1,57
DATE	PRODUCTION															
	7919	EV TOTAL USINE	EV CP	EV TC	EP PREO	E POST O	LAV FILA	CH CP	AERO CP	E VILLE ENT	E POST EMB	E POST FILT	CH TC	AERO TC	E DECHLOF	E VILLE ENT TC
06-nov	CONSO (M³)	4333	2854	1869	3002,1	500	509	45	341	10	61	439	7	0	166	1515
	RATIO	5,47	3,60	2,36	3,79	0,63	0,64	0,06	0,43	0,01	0,08	0,55	0,01	0,00	0,21	1,91
DATE	PRODUCTION															
	8977	EV TOTAL USINE	EV CP	EV TC	EP PREO	E POST O	LAV FILA	CH CP	AERO CP	E VILLE ENT	E POST EMB	E POST FILT	CH TC	AERO TC	E DECHLOF	E VILLE ENT TC
07-nov	CONSO (M³)	4082	3119	1779	3172,9	453,7	296	3	343	30	98	355,7	105	0	148	1365
	RATIO	4,55	3,47	1,98	3,53	0,51	0,33	0,00	0,38	0,03	0,11	0,40	0,12	0,00	0,16	1,52
DATE	PRODUCTION															
	10251	EV TOTAL USINE	EV CP	EV TC	EP PREO	E POST O	LAV FILA	CH CP	AERO CP	E VILLE ENT	E POST EMB	E POST FILT	CH TC	AERO TC	E DECHLOF	E VILLE ENT TC
08-nov	CONSO (M³)	4211	3142	1988	3222,6	425,3	155	20	325	15	59	366,3	41	11	186	1552
	RATIO	4,11	3,07	1,94	3,14	0,41	0,15	0,02	0,32	0,01	0,06	0,36	0,04	0,01	0,18	1,51
DATE	PRODUCTION															
	8719	EV TOTAL USINE	EV CP	EV TC	EP PREO	E POST O	LAV FILA	CH CP	AERO CP	E VILLE ENT	E POST EMB	E POST FILT	CH TC	AERO TC	E DECHLOF	E VILLE ENT TC
09-nov	CONSO (M³)	3652	2829	1451	2488,1	505,6	269	44	330	56	91	414,6	17	0	85	1257
	RATIO	4,19	3,24	1,66	2,85	0,58	0,31	0,05	0,38	0,06	0,10	0,48	0,02	0,00	0,10	1,44

V

KAM DOMKAM Laurentine : eau et assainissement/promotion : 2019-2020

Suppliers	Input	Process	Output	Custmor
Fournisseur	Entrées	Processus	Sorties	Client
CAMWATER	Eau de ville	Stockage d'E.V ↓ Chloration de 1 à 3 ppm ↓ Coagulation et floculation ↓ Filtre à sable F. ↓ décarbonateur ↓ Stockage et Chloration ↓ F. Charbon ↓ F.polisseur	Eau Traitée	Siroperie
				Lignes
CAMWATER	Eau de ville	Stockage d'E.V ↓ Adoucisseur ↓	Eau Adoucie	Chaudière Laveuse

		Stockage Chloration	et		
--	--	--------------------------------	-----------	--	--

Annexe 7 : Plan de collecte des données

Quoi ?	Type ?	Où ?	Comment seront collectés ?	Qui ?	Quand ?	Pourquoi ?
Consommation d'eau en (l)	Continu	SABC	Compteur	KAM Laurentine	Journalier	Pour contrôler le volume d'eau consommé
Quantité totale de boisson en (l)	Continu	SABC	Suivie journalier	Chef production	Journalier	Pour contrôler la quantité totale des boissons

Annexe 8 : organigramme de l'usine

