



Diagnostic de la station de production d'eau de Japoma (CAMEROUN)

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : EAU ET ASSAINISSEMENT

Présenté et soutenu publiquement le 24 Juillet 2015 par :

NGADENA Désiré Félix

Travaux dirigés par :

M. FRANCK LALANNE

Jury d'évaluation du stage :

Présidente : **Dr Héla KAROUI**

Membres et correcteurs : **Mr. Seyram SOSSOU**

Mme Christine RAZANAMAHANDRY

Année académique [2014/2015]

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à :

Mon père **NGADENA Fidèle Claude**

Ma mère **NGADENA FANSI Louise Paulette**

Et à ma sœur **NGADENA Mayeva Tatiana**

REMERCIEMENTS

Ce travail que nous présentons aujourd'hui aux lecteurs découle d'un concours moral, matériel et intellectuel de tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à son heureux aboutissement.

Nos remerciements vont vers :

Tout d'abord, **L'Eternel Dieu** pour la force et la grâce qu'il m'accorde.

Monsieur **BALLA Ambroise** le Directeur de la qualité de la CDE pour m'avoir accordé ce stage ;

Monsieur **FRANCK LALANNE** mon encadreur pédagogique pour son soutien, sa bonne humeur, ses conseils et son encadrement permanent.

Monsieur **AHOULE MAXIME** mon second encadreur pédagogique pour son soutien et ses multiples conseils.

Monsieur **NKOUANDOU Soule** le chef de division d'ingénierie de traitement pour son encadrement permanent.

Madame **Elisabeth NAKIE**, le chef section produit traitement, pour toute son attention particulière.

Monsieur **ODIGUI Georges** pour sa disponibilité, sa contribution dans l'élaboration de mon travail.

Mes camarades et amis **KOUASSI KOUADJO GHISLAIN, JAMES TCHOUASSI, PIERRE ALBERT EBEDE, PIERRICK NDJOMO, DOBA PATRICE HASSANA** pour leurs multiples conseils.

Que **Dieu** trouve à travers les remerciements adressés à ceux qui nous ont aidés, notre plus profonde gratitude.

RESUME

L'objectif principal de ce travail était d'effectuer le diagnostic de la station de production d'eau de Japoma (Douala), d'énumérer les principales défaillances et d'apporter des voies d'optimisation. Après une période d'observation, un état des lieux du site a été effectué, ce qui a permis de mettre en lumière les principaux problèmes. Notamment le fait que la plupart des pompes sur la station de pompage ne soient en panne, la mauvaise répartition du coagulant et du floculant dans les flocculateurs, l'absence des pompes doseuses au niveau des bacs de préparation de réactifs en service et sur les 18 filtres présents sur le site, seulement 9 sont approximativement en bon état. La visite des lieux et les observations ont été complétées par une série d'analyses microbiologiques et physico-chimiques en entrée et en sortie de la station, le seul paramètre ne respectant pas les normes est la turbidité de l'eau traitée qui est en moyenne de 7,61 NTU contre une valeur maximale admissible de 5 NTU selon l'OMS (2011). La désinfection de l'eau ne s'effectue pas à l'aide d'une pompe doseuse, elle se fait par siphonage. Les axes d'améliorations proposés ici, sont une possible extension de la station, la séparation de l'injection du coagulant et du floculant enfin la réhabilitation des filtres cassés.

Mots clés : eau brute Dibamba et chenal, turbidité, matière organique, filtration et rendement d'élimination.

ABSTRACT

The main objective of this work was to carry out the diagnosis of Japoma drinking water treatment plant, list the main failures and provide optimization ways. After a surveillance period, a state of the site was carried out, which helped to highlight the main problems. Most of the pumps of this station are inoperative, a bad distribution of the coagulant and of the flocculant in the flocculator, absence of metering pump at the reagent preparation tanks and 9 filters are approximately in good condition on 18. Observation and the visit of the site have been completed by microbiological and physic-chemical analysis at the input and the output of the station. The only parameter, which does not respect the standards, is the turbidity of the treated water that is average of 7,61 NTU against a maximum allowable value of 5 NTU according to WHO (2011). The water disinfection is not carried out with a metering pump, it is performed by siphonation. The improvements areas proposed here are the possible extension of the drinking water treatment plant, the separation of the injection of the coagulant and the flocculant finally the rehabilitation of the broken filters.

Keywords: raw water Dibamba and channel, turbidity, organic matter, filtration and removal efficiency.

LISTE DES ABREVIATIONS

CDE :	Camerounaise Des Eaux
CTE :	Compagnie de Traitement des Eaux
SOCEA :	Société des Eaux
SP :	station de pompage
NTU :	Nephelometric Turbidity Unit
NH₄⁺ :	ammonium
NO₂⁻ :	nitrites
NO₃⁻ :	nitrates
pH :	potentiel d'hydrogène
Mn :	manganèse
Cond :	conductivité
Turb :	turbidité
Dec :	décanteurs
F:	filtres
E. Coli:	<i>Escherichia Coli</i>
CTh :	coliformes thermotolérants
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
UFC :	Unité Format Colonie
NPP :	Nombre le plus probable
CV :	Coefficient de Variabilité

Table des matières

REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
ABSTRACT	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
INTRODUCTION GENERALE	1
I GENERALITE SUR LA STRUCTURE D'ACCEUIL	2
I.1 Présentation de la structure d'accueil	2
I.2 Historique et Cadre institutionnel.....	2
I.3 Missions de la CDE.....	2
I.4 Etat actuel de la production en eau	3
II REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	4
II.1 Les ressources hydriques naturelles	4
II.2 Facteurs de pollution des eaux.....	4
II.2.1 Mesure de la qualité d'une eau.....	4
II.3 Généralités sur les procédés de traitement d'eau potable.....	9
II.3.1 Etude du processus : du captage à la distribution	9
III MATERIEL ET METHODE	15
III.1 METHODE DE SUIVI DE LA STATION DE TRAITEMENT.....	16
III.1.1 Contrôle global de la qualité de l'eau.....	16
III.1.2 Contrôle de la préparation jusqu'à l'injection des différents réactifs	16
III.1.3 Contrôle des performances des ouvrages de traitement	17
I.1 Présentation et fonctionnement du site	19
III.1.4 Présentation de la filière de traitement de Japoma.....	20
III.1.5 Mode de fonctionnement de la station	21
III.2 Echantillonnage	23
III.3 Présentation des paramètres et méthodes d'analyses.....	24
III.3.1 Matériels.....	24
III.3.2 Présentation des paramètres <i>in situ</i> et leurs méthodes d'analyses	24
III.3.3 Présentation des autres paramètres et leurs méthodes d'analyses	25
III.3.4.....	26
III.3.5 Analyse des paramètres microbiologiques	26
III.4 Traitement des données	29
IV RESULTATS ET DISCUSSIONS	30
IV.1 Etat actuel des équipements et ouvrages de l'usine.....	30

Diagnostic de la station de production d'eau potable de Japoma (CAMEROUN)

IV.1.1	Captage.....	30
IV.1.2	SOCEA	30
IV.1.3	CHABAL.....	31
IV.1.4	CTE.....	31
IV.1.5	Les postes de dosages	32
IV.1.6	Réservoirs.....	34
IV.1.7	Etat actuel du laboratoire du site	34
IV.1.8	Pompage eau traitée	34
IV.2	Caractéristiques physico-chimiques des différentes sources	35
IV.2.1	Caractéristiques globales des eaux de la station : eau brute et eau traitée	35
IV.3	Poste de préparation et d'injection des réactifs.....	3
IV.4	Contrôle des performances des ouvrages de traitement	4
IV.4.1	Couloir de distribution d'eau et bassins de floculation.....	4
IV.4.2	Les décanteurs statiques	5
IV.4.3	Les filtres à sable	12
a.	La désinfection	17
V	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	18
V.1	RECOMMANDATIONS.....	20
VI	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	21
ANNEXE	24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Récapitulatif des méthodes appliquées aux paramètres in situ.	24
Tableau 2 : Récapitulatif des méthodes appliquées aux paramètres en laboratoire.	26
Tableau 3 : Récapitulatif des méthodes appliquées aux paramètres microbiologiques.	28
Tableau 4: tableau récapitulatif de l'état actuel de l'équipement de CTE	33
Tableau 5: tableau récapitulatif de l'état actuel de l'équipement de CHABAL/SOCEA	33
Tableau 6 : récapitulatif des caractéristiques des eaux brutes et traitée	35
Tableau 7 : récapitulatif de l'état actuel de l'équipement de SOCEA/CHABAL.....	3
Tableau 8 : les valeurs moyennes de turbidité en sortie des décanteurs statiques.	6
Tableau 9 : JAR TEST 1, Essai 1	8
Tableau 10: JAR TEST 1, essai 2.	9
Tableau 11 : valeurs moyennes de turbidité à la sortie des filtres à sable.....	12
Tableau 12 : Evaluation des performances des filtres.....	13
Tableau 13 : Evaluation des performances des filtres 5 de CTE et 3 de CHABAL.	14

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : schéma d'une filière classique de traitement	9
Figure 2 : diagramme de la méthodologie d'étude.....	15
Figure 3 : station de Japoma.....	19
Figure 4 : la filière de traitement de l'eau de la station de Japoma.....	21
Figure 5: tubes munis de cloches de durham, d'échantillons et du milieu lactosé double concentration.	27
Figure 6 : rendement d'élimination des filtres	15

INTRODUCTION GENERALE

L'accès à l'eau potable est un enjeu important dans le monde. Si un homme peut passer des jours sans électricité et sans nourriture, il est par contre impossible de passer plus d'une journée sans boire. Actuellement, 25% de la population urbaine en Afrique sont mal approvisionnée en eau (Morel, 1990), pourtant les populations africaines sont en pleine expansion et l'accès à une eau de bonne qualité demeure un critère primordial. L'approvisionnement en eau dans les villes africaines va permettre de diminuer le taux de maladie hydrique qui représente un réel fléau pour les populations. Au Cameroun, en ce qui concerne les statistiques relatives aux maladies hydriques entre 2003 et 2006 plus de 10 millions de camerounais ont été touchés (Global Water Partnership, 2010) à cause d'un manque de système d'assainissement adéquat. Pour pallier à ce problème un nombre croissant d'infrastructures permettant d'assurer le traitement des eaux de surfaces a été mis en place afin de garantir une eau de qualité pour la population.

Cependant, ces dernières années la qualité de l'eau dans la ville de Douala s'est détériorée à cause de la vétusté des ouvrages. Outre cela, l'état de dégradation des installations ^par manque d'entretien régulier a été aussi constaté. D'où l'idée d'assurer un suivi de ses installations afin de maintenir la qualité de l'eau traitée. Assurer ce maintien demande une identification préalable des dysfonctionnements de la station de traitement.

L'objectif général de notre étude sera d'effectuer un diagnostic de la station de production d'eau potable de Japoma.

D'une manière spécifique il s'agira de :

- Effectuer un état des lieux du site
- Evaluer les performances des ouvrages de la station
- Enumérer les ouvrages qui sont défectueux et proposer des voies d'optimisation.

Le présent mémoire est structuré de la manière suivante :

- La revue de la bibliographie qui porte sur les paramètres de qualité d'une eau et des différents processus de traitement
- La méthodologie de l'étude pour atteindre les objectifs fixés
- Les résultats et discussions

Nous terminerons ce document par une conclusion et des recommandations.

I GENERALITE SUR LA STRUCTURE D'ACCEUIL

I.1 Présentation de la structure d'accueil

La camerounaise des eaux (CDE) est une société créée en décembre 2007 avec un 'capital social s'élevant à 6 300 000 000 FCFA par un groupement d'entreprises marocaines dans l'optique de gérer les services de production, de transport, de distribution et de commercialisation de l'eau potable au Cameroun. Cette structure voit le jour dans le cadre de la privatisation de l'ancienne Société Nationale des Eaux du Cameroun (SNEC). Elle commence officiellement à exercer le 02 mai 2008 après la mise en place d'un contrat d'affermage qui fait office de convention et de cahier de charge avec le groupe de privatisation pour une période de 10 ans.

La CDE, dont les activités couvrent l'ensemble du territoire national (110 centres urbains et périurbains) dispose de huit (08) Directions Régionales qui apportent leur support à la Direction Générale.

I.2 Historique et Cadre institutionnel

La SNEC a été admise à la procédure de privation en 1999 par le décret N° 99/210 du 22 septembre 1999. Mais la privatisation prend effet par le décret présidentiel n° 2005/494 du 31 décembre 2005 ceci dans le cadre de la réforme du secteur de l'eau potable en milieu urbain et périurbain au Cameroun. Cette réforme ayant pour principal objectif l'accroissement de la desserte en eau potable et ceci à travers un Partenariat Public Privé (PPP) sous la forme de l'affermage, avec 2 principaux acteurs : la CAMWATER (Cameroon Water Utilities) comme Société de patrimoine chargée du développement, de la réhabilitation et de la gestion des infrastructures de l'eau potable, et la CDE (Camerounaise des Eaux) comme Société Fermière.

I.3 Missions de la CDE

La CDE œuvre majoritairement dans la mise en affermage de l'exploitation des installations pour assurer le service public de l'eau potable et ses principales missions sont les suivantes :

- La production, le transport et la distribution de l'eau potable sur le périmètre affermé ;
- La réalisation des travaux d'entretien et de réparation de tous les biens affectés à l'exploitation du service affermé ;
- La réalisation des travaux de renouvellement des biens d'exploitation du service affermé ;

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

- La réalisation conformément aux termes du contrat d'affermage des travaux d'extension ou de réhabilitation ;
- L'amélioration de l'accès à l'eau potable pour renforcer le taux de desserte.

I.4 Etat actuel de la production en eau

La CDE fait état d'une capacité de production installée de 498 936 m³/j contre une capacité de production opérationnelle de 426 445 m³/j. Les besoins en eau cumulés des villes de Douala et Yaoundé sont estimés à 500 000 m³/j, plusieurs équipements utilisés actuellement nécessitent un renouvellement à cause de leur caractère vétuste qui entraîne leur baisse de performance.

II REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1 Les ressources hydriques naturelles

Les réservoirs disponibles d'eaux naturelles sont constitués des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer (Degrémont tome1, 1989).

Une eau de surface est un milieu très dilué et complexe, contenant des matières minérales et organiques diverses en suspension ou en solution. Les matières dissoutes et colloïdales constituent à elles seules 60 à 80% de la charge organique d'une eau : à côté des argiles et des hydroxydes métalliques, on trouve des acides humiques, fulviques (Hama et Handa, 1983). Cette composition de l'eau que nous venons de décrire brièvement n'est pas stable mais varie qualitativement et quantitativement dans l'espace et dans le temps. La présence de toutes ces matières organiques diverses dans l'eau superficielle la rendent non potable sans intervention d'un traitement.

Les eaux souterraines sont des eaux qui ne sont ni ré-évaporées, ni retournées à la mer par ruissèlement, elles sont accumulées dans le sol et le sous-sol. Elles tiennent leurs origines des différentes nappes existantes qui permettent leur circulation et leur emmagasinement. On distingue alors, des nappes libres qui sont alimentées par l'infiltration des eaux de ruissèlement et des nappes captives plus profondes que les autres et séparées de la surface par une couche imperméable (Cardot, 1999), l'approvisionnement de ce type de nappes se fait par infiltration sur les côtés. Pour ce type d'eau, la nature du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique (de la retenue d'eau).

II.2 Facteurs de pollution des eaux

L'eau peut être polluée par les activités humaines comme la défécation en plein air, un traitement incorrect des eaux usées, les décharges sauvages, de mauvaises pratiques agricoles, et les déversements de produits chimiques dans les sites industriels

II.2.1 Mesure de la qualité d'une eau

Les eaux de surfaces subissent d'énormes pollutions dues aux activités anthropiques et naturelles, elles ne sont donc pas potables et promptes à la consommation. La potabilisation de ces eaux consistera en la modification de leurs paramètres physico-chimiques et bactériologiques jusqu'à ce que ceux-ci soient conformes aux normes en vigueur.

Au cours cette partie, les différents paramètres physiques, chimiques et microbiologiques permettant la mesure de la qualité d'une eau de consommation seront détaillés.

II.2.1.1 Les paramètres physiques

Ce sont en général des critères que l'on peut mesurer de manière sensorielle, dans le cas des paramètres organoleptiques et avec des appareils pour la turbidité, et la température.

Une eau de bonne qualité physique se traduit par sa clarté, son bon goût, son manque d'odeur et sa fraîcheur. Ils n'ont pas d'effet direct sur la santé Cependant, les caractéristiques physiques de l'eau de boisson peuvent indiquer un risque plus élevé de contamination microbiologique et chimique, pouvant présenter un danger pour la santé humaine.

La turbidité

La turbidité est provoquée par des solides en suspension, comme le sable, le limon et l'argile, qui flottent dans l'eau. La lumière se réfléchit sur ces particules, ce qui donne à l'eau un aspect trouble ou sale (Cawst, 2006). Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. La mesure de la turbidité s'effectue soit en unité de turbidité néphélométrique (NTU), soit en unité de turbidité formazine (FTU), tout ceci dépend du matériel dont on dispose. La FTU est considérée comme comparable en valeur à la NTU et est l'unité de mesure lors de l'utilisation de méthodes absorptiométriques qui sont plus couramment utilisées en laboratoire (Wilde, 2005). Plus une eau est turbide, plus il est difficile de voir à travers, ce qui fournit donc à l'eau un aspect moins esthétique pour le consommateur.

Comme le soutient l'auteur Franck Rejsek. (2002), la turbidité doit être éliminée pour effectuer une désinfection efficace et pour éviter les dépôts dans l'usine ou dans les canalisations. En effet, les MES peuvent servir de support aux microorganismes qui seront ainsi partiellement protégés de l'action des désinfectants et qui pourront ensuite se développer dans les réseaux et entraîner des problèmes sanitaires.

Selon l'OMS, la turbidité ne devrait pas excéder 1 NTU afin d'obtenir une bonne désinfection. Pour les grandes communautés, la recommandation est fixée à 0,5 NTU avant désinfection. Mais pour les cas les plus extrêmes une valeur maximale de 5 NTU reste acceptable.

La couleur

La couleur d'un échantillon d'eau est généralement évaluée par simple observation visuelle. Sa mesure se fait par comparaison visuelle à des solutions standards. Plusieurs raisons peuvent

expliquer la couleur d'une eau, tout d'abord la présence des métaux qui sont naturellement colorés, des déchets solides ou encore de la matière organique naturelle.

La présence d'une couleur dans l'eau peut avoir un effet sur la mesure de la turbidité. De même, une couleur modérée dans certains types d'eau peut avoir un effet indésirable sur l'élimination de la turbidité par les méthodes de traitement par coagulation et sédimentation (Health Canada 1995). L'eau colorée par de la matière organique peut aussi diminuer l'efficacité de la désinfection au chlore et rendre difficile la production de chlore libre résiduel. L'OMS recommande une valeur de couleur < 15 unité de Hazen qui correspond à 15 mg/l de platine (Rodier, 2009).

Gout et odeur

Bien que le goût et l'odeur eux-mêmes ne présentent pas de risque direct pour la santé, ils peuvent indiquer une contamination chimique ou biologique, notamment lorsqu'un changement se produit rapidement. Un mauvais goût ou une mauvaise odeur peut rendre l'eau potable inconsommable.

II.2.1.2 Les paramètres chimiques

Contrairement à la contamination microbiologique, certains des produits chimiques dans l'eau de boisson ne représentent un danger pour la santé qu'après des années d'exposition. La contamination chimique n'est souvent remarquée qu'au moment où une maladie apparaît à la suite d'une longue exposition. La gravité des effets sur la santé dépend de la molécule et de sa concentration, ainsi que de la durée d'exposition. Il n'existe que quelques produits chimiques pouvant causer des problèmes de santé à la suite d'une exposition à court terme (OMS, 2011).

➤ Le pH

La mesure du pH dans le domaine de l'eau est extrêmement primordiale, car elle intervient dans tout type d'analyse : les analyses physico-chimiques et aussi les analyses bactériologiques. En plus de cela, elle intervient aussi dans le traitement de l'eau essentiellement dans l'étape de coagulation-floculation et de la chloration. La détermination du pH est donc la mesure qu'à effectuer le plus fréquemment, elle peut se faire à l'aide d'un pH mètre ou bien avec des comparateurs standards à plaquettes de pH (Philippo et al, 1981 ; Rodier, 1996).

➤ L'alcalinité

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. L'unité utilisée est le degré français ($1^{\circ}f = 10 \text{ mg. L}^{-1} \text{ de CaCO}_3 = 0,2 \text{ milliéquivalent}^{-1}$).

➤ La dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium (Rodier, 2009). La mesure la plus souvent effectuée c'est celle de la dureté totale, qui est spécifique aux concentrations de Calcium et de Magnésium. Elle permet généralement de caractériser si une eau est douce ou dure. Les eaux douces sont favorables à la lessive contrairement aux eaux dures qui empêchent le savon de mousser. La dureté s'exprime généralement en degré Français :

✓ $1^{\circ}F = 4\text{mg/l de Ca ou } 2,43\text{mg/l de Mg ou } 10\text{mg/l de CaCO}_3$.

➤ La conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm . Elle s'exprime en micro siemens/cm.

La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration des sels dissous dans l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée (Rejsek, 2002).

➤ L'azote

L'atome d'azote est retrouvé sous forme ionique : nitrites, nitrates et ammonium. Il est possible de retrouver l'ammonium dans les eaux superficielles polluées, après nitrification et nitrification, les deux formes ioniques restantes sont obtenues. Ces formes sont vraiment néfastes pour la santé publique. Les nitrates, précurseur des nitrites qui entraînent la méthémoglobine chez les nourrissons.

➤ Certains métaux

Le fer et le manganèse peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux. Des corrosions peuvent en résulter. Par ailleurs, ils affectent les qualités organoleptiques de l'eau, comme d'autres métaux : le cuivre, l'aluminium et le zinc (Degrémont Suez, 2005).

Les matières organiques

L'oxydabilité au permanganate de potassium et le carbone organique total (COT) rendent compte de la concentration globale en matières organiques. Il est souhaitable que le COT et la concentration en matière organique soient réduits autant que possible par un traitement approprié, surtout leur fraction biodégradable responsable du développement des micro-organismes dans le réseau.

II.2.1.3 Paramètres microbiologiques

Les eaux naturelles contiennent des pathogènes responsables de maladies graves mais difficile à détecter, car présent en faible quantité dans une population mélangée. Au vue de cette difficulté, et compte tenu du fait que la plupart des contaminations sont d'origines fécales, la recherche des microorganismes indicateurs de pollution fécale est donc la méthode réglementaire pour évaluer la qualité bactériologique d'une eau. Les principaux paramètres indicateurs de contamination fécale sont les bactéries coliformes thermotolérants et les streptocoques fécaux (entérocoques D).

Le principal organisme indicateur permettant de prouver l'absence de contamination fécale de l'eau est *Escherichia Coli*, elle représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés (Barthe *et al.*, 1998 ; Edberg *et al.*, 2000). Cependant l'analyse des bactéries coliformes thermorésistantes peut être une alternative significative dans de nombreuses circonstances (OMS, 2011).

La méthode de détermination la plus fréquemment utilisée est la filtration sur membrane, sur milieu gélosé, elle comprend un test présomptif et dénombrement puis une étape confirmative sur la base d'un contrôle qualité.

La directive de l'OMS pour la contamination fécale de l'eau de boisson est de 0 UFC pour un échantillon de 100 ml.

II.3 Généralités sur les procédés de traitement d'eau potable

II.3.1 Etude du processus : du captage à la distribution

L'objectif de ce chapitre, consiste à expliquer les filières de traitement couramment utilisées dans le cadre de la production d'une eau potable allant du prétraitement jusqu'à la désinfection comme le présente la figure 1.

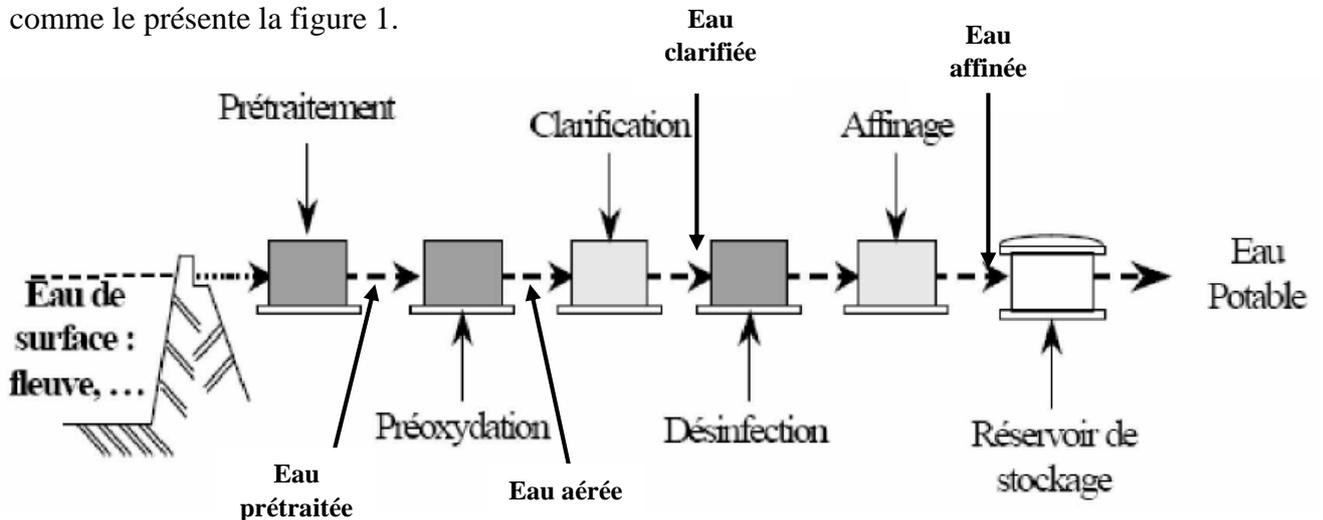


Figure 1 : schéma d'une filière classique de traitement

II.3.1.1 Conception de la prise d'eau

La mise en œuvre d'un bon traitement commence par l'implantation de la prise d'eau. Elle peut être définie dans sa version la plus simple, comme étant un parallélépipède dont les faces tournées vers le courant, le fond du lac et de la rivière sont nécessairement pleines pour éviter l'entrée de débris et de matières diverses ; l'eau peut donc pénétrer par toutes les autres faces. Il existe diverses techniques d'aménagement des prises d'eaux, telles que :

- Prise d'eau dans la berge de la rivière (c'est le processus le plus couramment utilisé, on distingue la prise d'eau protégée et la non protégée).
- La prise d'eau dans le lit de la rivière
- La prise d'eau en milieu d'une rivière

II.3.1.2 Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface (CIDF-L des eaux, 2000). Les procédés principaux de prétraitement sont les suivant :

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

✓ Le dégrillage

Il permet de protéger les ouvrages en aval de l'arrivée de gros objets qui sont susceptibles de constituer une gêne pour leur fonctionnement. En fonction de la taille des mailles le dégrilleur fait obstruction à des particules de tailles variables facilitant l'efficacité des prochains traitements mis en place. Ces différents termes tels que pré dégrillage, dégrillage moyen et dégrillage fin correspondent à des écartements de barreaux bien précis de l'ordre de 0.3 cm à des valeurs inférieures à 10 cm (Degrémont, 2005).

✓ Le dessablage

Il favorise l'élimination des particules grenues par un processus de sédimentation, s'applique aux eaux de surfaces caractérisées par des écoulements très turbulents (Degrémont, 2005). Cela permettra d'empêcher les dépôts des sables et des silts dans le décanteur donc on évitera l'abrasion des pompes.

Le dessableur est un ouvrage rectangulaire qui suit le même principe qu'un décanteur ; la vitesse de sédimentation doit être supérieure à la vitesse de passage horizontale.

✓ Le débouage

C'est une étape de séparation solide-liquide qui précède la clarification des eaux de surface très chargées en matières en suspension (MES) lorsque la décantation en un seul étage n'est plus possible (Degrémont, 1989). Le but de cette pré-décantation est de :

- ✓ éliminer la majorité de MES de l'eau brute,
- ✓ en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées
- ✓ fournir à l'étape de décantation principale une eau de qualité acceptable.

II.3.1.3 Préoxydation

Elle est considérée comme un processus permettant de rendre plus efficace la coagulation car facilitant l'oxydation des particules indésirables présentes dans l'eau. Elle peut se faire selon deux types d'oxydation, l'une physique et l'autre chimique.

Comme exemple d'aération, l'on peut penser à l'agrégation par cascade qui est un procédé de préoxydation naturelle qui vise à :

- ✓ transformer la matière organique contenue dans l'eau en composés minéraux
- ✓ Éliminer la couleur de l'eau
- ✓ précipiter les éléments indésirables à l'état soluble comme le fer et le manganèse
- ✓ enrichir l'eau en oxygène et provoquer la nitrification ultérieure de l'azote.

Une oxydation par voie chimique consiste à utiliser des réactifs en vue de favoriser l'oxydation de certains composés. Elle peut se faire par ajout des réactifs suivants :

- Chlore (préchloration)
- dioxyde de chlore
- ozone (préozonation)

II.3.1.4 La clarification

La clarification est l'élimination des matières en suspension, des matières colloïdales et des macromolécules susceptibles de communiquer à l'eau une turbidité ou une couleur indésirable. Il s'agit de matières organiques aussi bien que minérales, et les organismes vivants du phytoplancton (algues) et du zooplancton entrent également dans cette définition (Techniques de l'Ingénieur, traité Environnement, 2008). Elle fait donc intervenir, les procédés de prétraitement précédemment expliqués ainsi que la coagulation, la floculation, la décantation.

II.3.1.4.1 La coagulation-floculation

La coagulation provenant du latin *coagulare* qui signifie « agglomérer » (Masschelein, 1999), permet d'assembler de fines particules dispersées afin de former des particules plus lourdes pouvant être décantées.

La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes. La coagulation consiste à les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre. La floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation et/ou filtration (Cardot, 1999).

II.3.1.4.1.1 La coagulation

Généralement, les sels minéraux disposent tous des propriétés favorables à la coagulation par contre le pouvoir coagulant n'est meilleur que pour les sels disposant de cation d'une grande valence. L'efficacité de ces cations se traduit par une diminution remarquable du potentiel zêta. En pratique, l'on utilise habituellement des cations trivalents tels que Al^{3+} et Fe^{3+} .

Le choix du coagulant pour le traitement de l'eau de consommation doit tenir compte de l'efficacité et de son cout. Le type de coagulant et la dose ont une influence sur :

- ✓ La bonne ou la mauvaise qualité de l'eau clarifiée,
- ✓ Le bon ou le mauvais fonctionnement de la floculation et de la filtration,
- ✓ Le coût d'exploitation Les principaux coagulants retrouvés actuellement sont à base de sel d'aluminium et de fer :

Sels de fer :

- ✓ le chlorure ferrique $FeCl_3$;
- ✓ le chlorosulfate de fer $FeSO_4Cl$;
- ✓ le sulfate ferrique $Fe(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$;
- ✓ le sulfate ferreux $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

Sels d'aluminium :

- ✓ le sulfate d'alumine, $Al(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$;
- ✓ le chlorure d'aluminium, $AlCl_3 \cdot 6H_2O$;

Le pH de coagulation des sels de fer et d'aluminium peut être ajusté mais par défaut, le Ph optimal de coagulation pour les cations Al^{3+} et Fe^{3+} est respectivement de 6,0 à 7,4 et de 5 à 9.

II.3.1.4.1.2 La floculation

La floculation est le phénomène de formation de floes de taille plus importante (agglomération des colloïdes déchargés dans un réseau tridimensionnel). On utilise, pour ce faire, des coagulants ou adjuvants de floculation. Contrairement à l'étape de coagulation, la floculation nécessite une agitation lente. Les floeulants ou adjuvants de floculation sont, dans leur grande majorité, des polymères de poids moléculaire très élevé. Ils peuvent être de nature minérale, organique naturelle ou organique de synthèse. Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé. Le mélange doit être suffisamment lent afin d'assurer le contact entre les floes engendrés par la coagulation. En effet, si l'intensité du mélange dépasse une certaine limite, les floes risquent de se briser. Il faut également un temps de séjour minimal pour que la floculation ait lieu. La durée du mélange se situe entre 10 et 60 minutes. Les temps d'injection du coagulant et du floeulant sont en général espacés de 1 à 3 minutes, cette durée étant fonction de la température de l'eau (Cardot, 1999).

Recirculation des boues

C'est une floculation qui se fait par contact entre l'eau brute précoagulée, de flocculant et d'un apport de boue par circulation externe. Cette zone de floculation lente permet d'obtenir les floccs de taille importante (plusieurs millimètres) présentant une grande homogénéité.

Cette densité de floc permet d'aborder la zone de décantation avec des vitesses apparentes bien supérieures à celles des appareils classiques.

II.3.1.4.2 La décantation

La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente de MES et des colloïdes (rassemblés sous forme de floc après une étape de coagulation floculation). Il est bien connu que les particules en suspension sédimentent en fonction de leur taille, donc pour obtenir une bonne décantation, il est nécessaire d'augmenter le diamètre des particules d'où l'utilité impérieuse du phénomène de coagulation- floculation. Il existe plusieurs types de décanteurs :

Décanteurs statiques

Il est constitué d'un bassin rectangulaire ou circulaire où les boues se déposent. Les petits décanteurs sont munis de fonds inclinés de 45° à 60° pour permettre l'évacuation continue ou intermittente des boues au point le plus bas.

Décanteurs à contact de boues

Ce sont des décanteurs modernes qui possèdent une zone de réaction où l'on met en contact l'eau brute et ses réactifs avec les boues déjà existantes : on trouve là les appareils à circulation des boues et les appareils à lit de boues.

II.3.1.5 La filtration

La filtration est un procédé de séparation solide/ liquide qui utilise le passage à travers un milieu poreux (le plus courant est le sable) qui retient les particules en suspension dans l'eau brute ou l'eau prétraitée (floculée et décantée) A mesure que les particules solides atteignent la couche filtrante, elles se déposent et absorbent les matières minérales ou organiques qui arrivent ultérieurement. Ceci peut conduire à la formation d'un film biologique. Avec le temps, il y a diminution du diamètre des pores du filtre, on dit qu'il y a colmatage.

D'une façon générale, on distingue deux types de filtration La filtration lente qui a l'avantage d'être une opération facile mais présentant plusieurs inconvénients tels que la nécessité d'une grande surface et l'exigence d'une eau dont la turbidité est faible. La filtration rapide, qui en

revanche est une opération relativement complexe mais palliant aux inconvénients de la première (Kemmer, 1984).

La filtration rapide permet essentiellement le pré-lavage extensif des eaux brutes à forte turbidité ou à teneur particulaire élevée. L'abattement particulaire atteint alors 80 - 90 % et concerne les particules organiques et inorganiques, les microorganismes et les polluants liés aux particules (OFSP, 2010).

II.3.1.6 La désinfection

Le but de la désinfection est d'éliminer tous micro-organismes pathogènes présents dans l'eau et maintenir un taux de chlore résiduel dans les conduites afin d'empêcher le développement de maladies hydriques. Divers agents désinfectants peuvent être utilisés tels que le chlore et ses dérivées, l'ozone, les rayons ultra-violet. Mais le chlore est l'agent le plus utilisé comme désinfectant final, avant refoulement de l'eau dans le réseau ; il permet d'achever la désinfection de l'eau et de protéger le réseau contre les développements bactériens, vu son effet rémanent.

III MATERIEL ET METHODE

Dans le cadre de la réalisation de cette étude, la démarche méthodologique présentée sur l'organigramme ci-dessous a été appliquée.

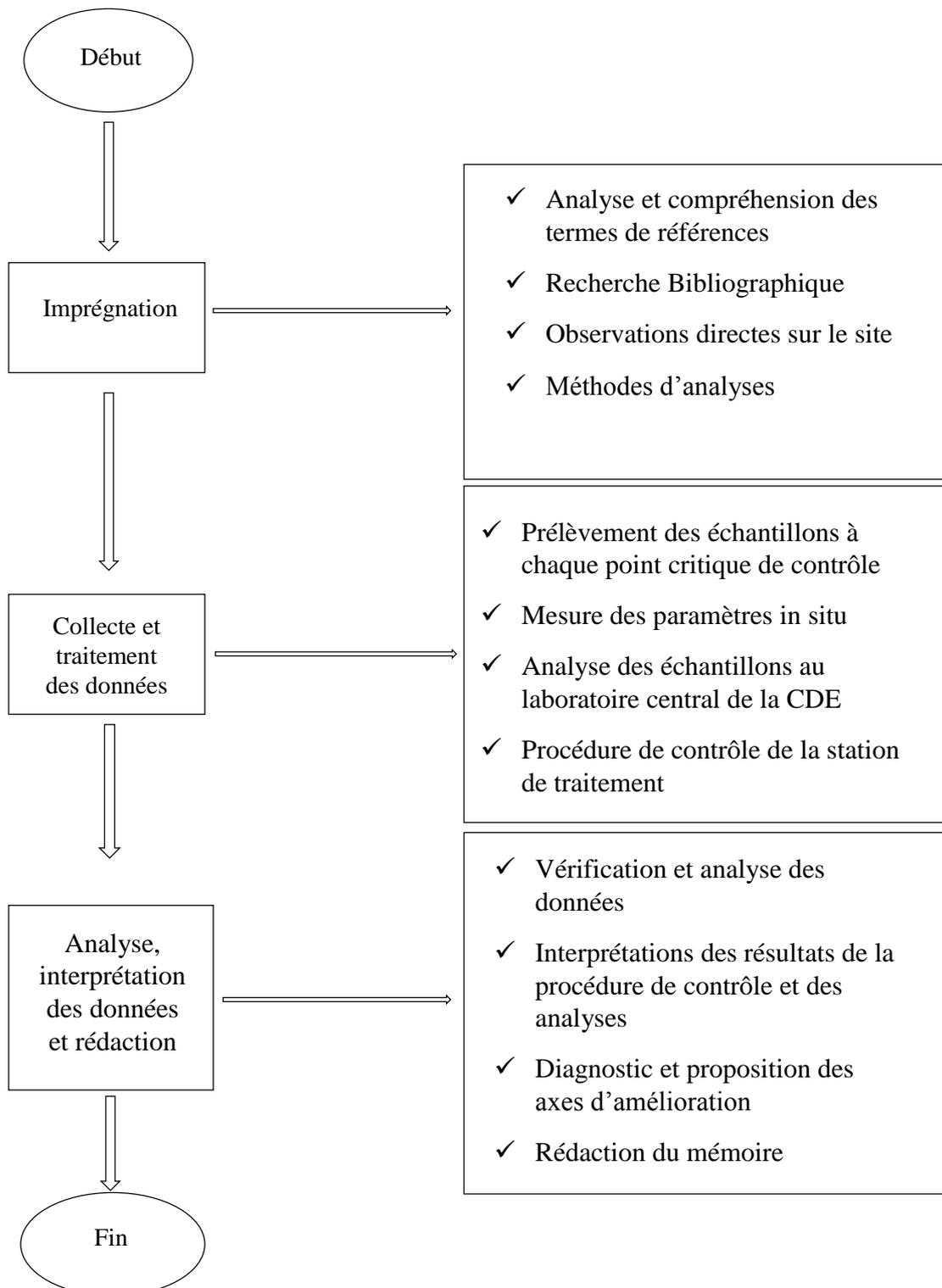


Figure 2 : diagramme de la méthodologie d'étude

III.1 METHODE DE SUIVI DE LA STATION DE TRAITEMENT

La mise en place de la méthode de suivi a pour rôle d'évaluer le fonctionnement de la station de traitement. L'optimisation de ce système n'est possible qu'en assurant déjà le bon fonctionnement de celui-ci et en essayant de palier aux défaillances retrouvées sur le site. Notre diagnostic consistera à vérifier d'une manière globale tout d'abord, le contrôle de la qualité de l'eau à l'amont et en aval de station, vérifier si l'eau produite est conforme aux normes fixées par l'OMS. Ensuite, évaluer les capacités et les performances des différents ouvrages, en effectuant des analyses à l'entrée et à la sortie de ces ouvrages pour déterminer leurs différents rendements d'élimination. De plus vérifier si les valeurs en sortie d'ouvrages sont conformes aux normes recommandées sinon réaliser des essais en vue de les corriger.

III.1.1 Contrôle global de la qualité de l'eau

Ce contrôle consiste à vérifier la qualité de l'eau en entrée et en sortie d'usine, les différentes analyses mentionnées précédemment serviront à faire un suivi sur les paramètres de l'eau brute et de l'eau traitée. Vérifier si celle-ci sort dans les normes recommandées.

III.1.2 Contrôle de la préparation jusqu'à l'injection des différents réactifs

Le rôle de cette étape est de vérifier si tous les réactifs permettant un bon traitement de l'eau sont préparés et injectés de manière conforme. Injecter les réactifs en toute conformité dépend tout d'abord de leur préparation. Celle-ci est faite à l'intérieur des bacs prévus à cet effet. Une bonne préparation implique différents contrôles qui sont : la vérification régulière du nombre de bacs de préparation en service, leur état et fréquence d'entretien, l'état des crépines d'aspiration amenant l'eau jusqu'au poste d'injection, l'état des agitateurs permettant d'homogénéiser la solution, l'état des doseuses et les doses à injecter.

Les réactifs utilisés ici pour favoriser le traitement sont :

- ✓ Le sulfate d'alumine (SA) comme coagulant ;
- ✓ Le Purifloc (PN17) comme adjuvant de floculation ;
- ✓ Le chlore (HTH) pour la désinfection ;
- ✓ Le sulfate de cuivre (SC) pour lutter contre la prolifération algale.

Mesurer la dose de SA préparée et injectée, consiste à vérifier si la dose à injecter réellement correspond à la dose calculée par le JAR TEST. Cette vérification consiste à évaluer dans un

premier temps la concentration du bac de préparation à l'aide d'un densimètre si disponible, ensuite d'essayer tant bien que mal d'évaluer le débit de la doseuse d'injection.

III.1.3 Contrôle des performances des ouvrages de traitement

Ce contrôle consiste à effectuer si les ouvrages sont en bon état et si ceux-ci jouent toujours leurs rôles respectifs.

➤ Le flocculateur

Cet appareil a pour rôle d'assurer la floculation des eaux pré coagulées au niveau du couloir de distribution d'eau qui joue le rôle de mélangeur rapide dans notre cas spécifique. Sa performance n'est évaluée que par l'aspect des floccs à sa sortie.

➤ Le Décanteur statique

Son rôle principal est la rétention du maximum de floccs formés dans le bassin de floculation. Sa performance n'est évaluée que par rapport à la valeur de turbidité à sa sortie qui doit normalement être de 5 NTU ou bien inférieur. Si cette valeur est dépassée, il serait important d'envisager les actions suivantes :

- ✚ La vérification de la répartition du débit dans le décanteur
- ✚ La vérification de la répartition du produit
- ✚ La vérification de la fréquence de vidange et de lavage
- ✚ Si les trois premières actions n'apportent pas de solution concrète, procéder à la réalisation d'un essai de floculation ou JAR TEST dans le but de déterminer le taux de traitement adéquat pour rendre meilleur la décantation.

La réalisation d'un JAR TEST se fait selon le protocole suivant :

Protocole du JAR TEST

Le Jar-test est un appareil qui permet de déterminer la concentration optimale du coagulant pour le processus de coagulation floculation. Le mode opératoire suivi ici est conforme au jar-test applicable sur un flocculateur muni de 6 bécchers d'un (01) litre chacun.

- ✚ Remplir les bécchers de floculation avec l'eau à tester en prenant soin d'effectuer des prélèvements homogènes. Placer les bécchers sur le flocculateur et abaisser les hélices dans l'eau, mettre en route le moteur et régler à la vitesse d'agitation maximale ;

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

- ✚ Ajout des doses de coagulant avec une pipette graduée de manière croissante de façon à évaluer ou trouver la dose optimale correspondante. L'écart considéré entre deux doses est de 5 mg/l de coagulant ;
- ✚ Après un temps d'action laissé au coagulant, ajouté le Purifloc (adjuvant de floculation) ;
- ✚ Laisser agiter pendant 3 min à une vitesse de 120 tours/min, ensuite procéder à une agitation lente pendant 20 minutes à 40 tours/min ;
- ✚ Après, relever les hélices et laisser décanter pendant 30 minutes.
- ✚ Procéder aux analyses.

Les éléments analysés ici sont le Fer, le Mn, la couleur, l'oxydabilité et la turbidité.

➤ Filtration

La filtration est l'étape finale du processus de traitement, elle permet d'évaluer effectivement si la station fonctionne bien. Il est recommandé d'obtenir une valeur maximale de 0,5 NTU à la sortie de la filtration. Cette valeur de turbidité peut être influencée par les paramètres suivants :

✚ La vitesse de filtration

Le dimensionnement, la mise en place d'un filtre et de ses matériaux filtrant sont conformes à une vitesse de filtration fixée. On ne peut qu'aller au-delà de la vitesse de filtration lors de la procédure de lavage d'un filtre. Par contre même cette procédure doit se faire dans un intervalle de vitesse bien défini sinon elle peut être responsable de la baisse du lit de filtration.

✚ Le matériau filtrant

A la base le matériau filtrant a une hauteur bien définie par le concepteur ; c'est cette même valeur qui permet de fixer une vitesse de filtration. Si le matériau filtrant n'est plus en bon état, une influence directe se fera ressentir sur la valeur de turbidité en sortie de station.

✚ Colmatage des filtres

Si les filtres ne sont pas entretenus à fréquence régulière, ils peuvent subir un colmatage qui entrainera tout d'abord un encrassement du filtre, ensuite une diminution du débit de passage. Ces deux facteurs aussi peuvent être responsables de mauvais résultats en sortie des filtres.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

I.1 Présentation et fonctionnement du site

Le site de l'étude est situé au CAMEROUN (figure 3) principalement dans la ville de Douala qui est la capitale économique.



Figure 3 : station de Japoma, source Google earth

La distribution de l'eau potable dans la ville de Douala – CAMEROUN se fait à partir de quatre (04) unités de production qui sont :

- ✓ La station de traitement de JAPOMA, alimentée par le fleuve Dibamba et le chenal pourvu par trois rivières : Mikenwen, Papass et Bikibo ;
- ✓ La station de traitement de YATO, alimentée par le fleuve Mungo ;
- ✓ La station de captage de MASSOUMBOU, alimentée par des forages.

L'usine de JAPOMA est constituée de trois unités de traitement qui ont respectivement été montées en 1954, en 1969 et en 1975 par les sociétés SOCEA, CHABAL et CTE, dans le but de satisfaire la demande progressive en eau, de la ville de Douala. Elle assure aujourd'hui un débit maximum de 65 000 m³/j contre une capacité nominale de production de 55 000 m³/j.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

L'unité construite par SOCEA peut accueillir un volume de 625 m³/h provenant du fleuve Dibamba située à 14 Km à l'Est du pont qui enjambe le fleuve Wouri. Vers les années 1980, l'océan situé non loin du fleuve générant des remontées d'eaux salines dans la Dibamba à la saison sèche. Dans l'optique de pallier à ce problème, la mise en place d'un chenal a été envisagée et appliquée en 1984 pour recueillir les eaux des ruisseaux environnant avant qu'ils ne se déversent dans le fleuve. La deuxième tranche de l'usine, construite en 1969 par CHABAL dispose d'une capacité de production horaire de 625 m³ aussi, elle est alimentée par les deux sources d'eaux (le chenal et la Dibamba). La troisième et dernière unité de traitement, construite en 1975 avec une capacité de production horaire de 1041 m³ est alimentée aussi par ces deux sources.

Au nord de l'usine de JAPOMA se trouve le champ captant de MASSOUMBOU comptant 13 forages, dont 12 construits en 1983 et le treizième en 2010. Actuellement deux forages (F7 et F8) sont fonctionnels. L'eau produite par la station est transférée de façon gravitaire par une conduite immergée DN 800 de 7km vers les réservoirs de l'usine de JAPOMA et refoulée vers Douala. Les débitmètres en entrée et en sortie de la station de MASSOUMBOU sont en panne donc nous n'avons pas pu évaluer le débit de production de ces deux forages.

III.1.4 Présentation de la filière de traitement de Japoma

L'eau brute qui arrive à l'usine vient de deux stations de pompes (SP1 et SP5) ; chacune d'entre elle transporte une source d'eau, le chenal pour la station de pompage 5 et la Dibamba pour la station de pompage 1. Ces eaux sont refoulées vers les différentes unités de traitement dont dispose la station. Le schéma récapitulatif du chemin parcouru par l'eau brute est présenté en figure 4.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

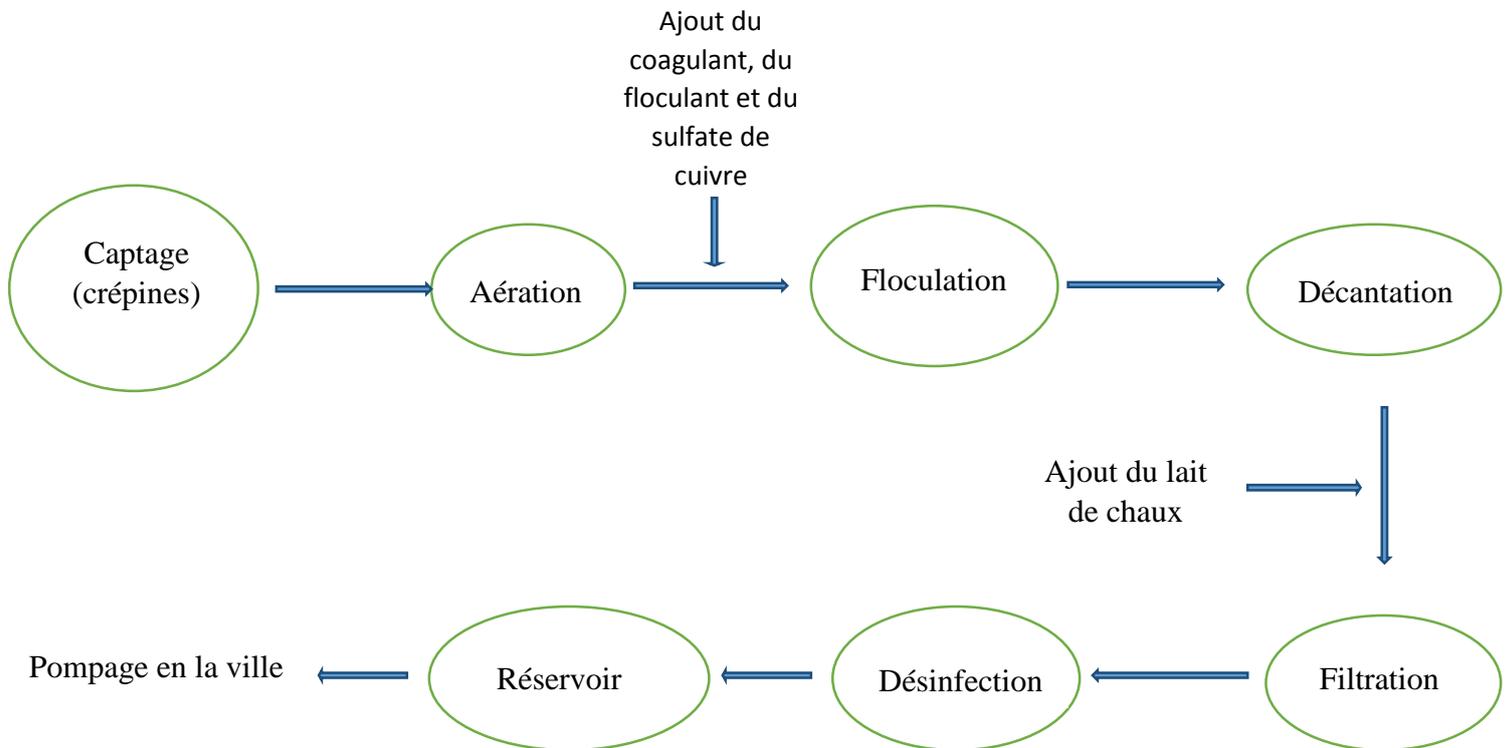


Figure 4 : la filière de traitement de l'eau de la station de Japoma

III.1.5 Mode de fonctionnement de la station

Le schéma hydraulique de l'usine de Japoma (annexe 1)

➤ LE CAPTAGE

Au niveau du chenal, le dispositif de prise d'eau est constitué de :

- ✚ Une bache d'exhaure en Béton armé (B.A)
- ✚ Des grilles disposées verticalement pour protéger le pompage contre de gros débris.
- ✚ 4 vannes murales permettant d'assurer en toute sécurité l'isolation de la bache.
- ✚ Des groupes électropompes (501, 502, 503 et 504) d'une capacité de 1600 m³/h.

Au niveau de la Dibamba, la prise d'eau s'effectue à partir des équipements suivants :

- ✚ 2 Conduites d'aspiration en fonte DN 500 et une en fonte DN 600 équipées de crépines et de clapet au pied qui permettent à l'effluent d'atteindre la station de pompage.
- ✚ Des stations de pompage nommées comme suit :

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

- ✓ SP1 A constituée de 2 groupes électropompes d'une capacité de 850 m³/h par pompe ;
- ✓ SP1 B constituée de 3 groupes électropompes d'une capacité de 450 m³/h par pompe ;
- ✓ SP1 C constituée de 3 groupes électropompes d'une capacité de 750 m³/h par pompe (annexe 2).

➤ L'AERATION

L'eau du chenal captée par la station SP5, est refoulée à l'amont de chaque unité de traitement par une conduite en acier DN 600. Deux unités de la station sont munies d'une cascade dont le rôle est d'aérer l'eau en vue de précipiter certains métaux lourds comme le Fer et le Manganèse et enrichir l'eau en oxygène (annexe 3).

➤ Bassin de Flocculation

Après la cascade, l'eau rejoint les différents bassins de flocculation après avoir subi une injection de sulfate d'alumine et de Purifloc (adjuvant de flocculation). Il est à noter que, chaque bassin de flocculation dispose de deux agitateurs à pales en série. Dans ces bassins les eaux sont agitées à partir de manière à améliorer la formation des floccs en assurant l'homogénéisation de l'eau dans les bassins. Le rendement du flocculateur est décrit par la qualité des floccs formés à la sortie. On retrouve les flocculateurs uniquement sur CTE et CHABAL (Annexe 4).

➤ Décanteurs statiques de CHABAL et CTE

L'eau arrive par le bas dans les trois décanteurs statiques de forme rectangulaire mis en parallèle. La circulation se fait de manière horizontale. Ces décanteurs possèdent une inclinaison facilitant leurs vidanges, le raclage se fait manuellement.

A la sortie des décanteurs, l'eau rejoint par le haut des goulottes dont le rôle est de retenir les particules ayant échappées à la décantation. A CTE comme à CHABAL, deux rangées de goulottes sont traversées avant que les eaux n'aient accès aux filtres.

➤ Décanteurs statiques de SOCEA

Dans le cas de SOCEA, après l'ouvrage d'arrivée d'eau brute, l'effluent rejoint les deux décanteurs statiques où il séjournera quelques temps avant de rejoindre les filtres à sable.

➤ Filtre à sable

Les 3 unités de l'usine de JAPOMA, disposent de 18 filtres à sable, huit (08) à SOCEA à dalles perforées, quatre (04) à CHABAL et six (06) à CTE à dalles poreuses. Le principe reste le même pour les 3 unités, l'eau provenant du décanteur rejoint les filtres avec une vitesse nominale de passage de 7 m/h.

Le lavage des filtres se fait à l'aide de deux surpresseurs d'air (respectivement pour CTE et CHABAL) et d'une pompe de lavage (annexe 5).

Après son passage, l'eau se dirige vers les réservoirs de 5000 m³ où elle est mélangée avec l'eau traitée provenant de l'usine de MASSOUMBOU qui dispose de deux forages fonctionnels. Avant d'être refoulée en ville via les 3 stations de pompage qui sont SP2, SP3 et SP4.

III.2 Echantillonnage

Les prélèvements ont été effectués de façon instantanée et il a été prévu une fréquence d'échantillonnage une fois tous les 15 jours à raison donc une fois toutes les deux semaines. Les échantillons sont récupérés aux différents points critiques de contrôle de la station de traitement :

- ✓ L'entrée de l'usine au niveau de la cascade pour l'eau brute ;
- ✓ Au niveau des bassins de floculations pour l'eau floculée ;
- ✓ A la sortie des décanteurs pour l'eau décantée ;
- ✓ A la sortie des filtres pour l'eau filtrée ;
- ✓ En sortie de station pour l'eau traitée.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

Comme le préconise l'OMS, les prélèvements des échantillons pour analyse physico-chimique sont collectés dans des flacons d'un litre en polyéthylène mais pas stérilisé par contre ceux destinés aux analyses bactériologiques sont en verre borosilicaté d'une contenance de 500 ml et stérilisés. La conservation de ces échantillons se fait à une température de 04°C à l'aide d'une glacière pour préserver la qualité de l'eau. Pendant le transport jusqu'au laboratoire central pour analyse.

III.3 Présentation des paramètres et méthodes d'analyses

Dans le cadre des analyses physicochimiques, certains paramètres doivent être analysés *in situ* et d'autres en laboratoire.

III.3.1 Matériels

La mesure de ces paramètres s'est faite à l'aide des comparateurs et plaquettes, des turbidimètres Lovibond TB 210 IR ou Lovibond Turbi check dans le cas des paramètres *in situ* et d'un Spectrophotomètre JENWAY 6305 pour certains paramètres en laboratoire.

III.3.2 Présentation des paramètres *in situ* et leurs méthodes d'analyses

Les différents paramètres *in situ* qui ont été mesurés sont le pH, la turbidité, la couleur et le chlore résiduel. Les méthodes et le matériel utilisé sont énumérés dans le **Tableau 1** ci-dessous.

Tableau 1: Récapitulatif des méthodes appliquées aux paramètres *in situ*.

Paramètres <i>in situ</i>	Méthodes d'analyses
pH	Comparateur à plaquette / pH mètre Hanna Instrumental HI 2271
chlore résiduel (mg/l)	Comparateur à plaquette
couleur (mg/l)	Méthode au Platine-Cobalt, comparaison à une solution standard
turbidité (NTU)	Turbidimètre Lovibond TB 210 IR

III.3.3 Présentation des autres paramètres et leurs méthodes d'analyses

Les autres paramètres sont dosés au laboratoire central. Dans notre cas spécifique, il s'agit ici de l'alcalinité, l'oxydabilité, la dureté, les éléments chimiques azotés tels que : le nitrate, le nitrite et l'ammonium. En plus de ceux-là, deux métaux lourds qui sont le Fer et le Manganèse. Le matériel et la méthode de pour doser tous ces paramètres sont récapitulés dans le **Tableau 2** :

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Tableau 2 : Récapitulatif des méthodes appliquées aux paramètres en laboratoire.

Paramètres	Méthodes d'analyses
Alcalinité (°F)	Méthode titrimétrique à la liqueur alcalimétrique
La conductivité	Conductimètre Lovibond SensoDirect con110
Dureté (°F)	Méthode titrimétrique à l'EDTA
Oxydabilité (mg O ₂ /l)	Méthode titrimétrique (titrage en retour au permanganate de potassium)
Fer (mg/l)	Compareur standard et plaquette de Fer En milieu ammoniacal coloration rose induit par le diméthylgloxyme
Manganèse (mg/l)	Compareur standard En milieu acétique, coloration bleue induit par la présence de périodate de Sodium et de tétra méthyl diamino diphenylméthane (TDD)
Nitrates (mg/l)	Spectrophotomètre JENWAY 6305, lecture à une longueur d'onde de 415 nm
Nitrites (mg/l)	Spectrophotomètre JENWAY 6305, lecture à une longueur d'onde de 500 nm
Ammonium (mg/l)	Spectrophotomètre JENWAY 6305, lecture à une longueur d'onde de 435 nm

III.3.5 Analyse des paramètres microbiologiques

Ces analyses se font de deux manières différentes ; dans le cas des eaux brutes, elles sont faites par dénombrement indirect, qui consiste à utilisation des tubes munis de cloche de durham et contenant le milieu de culture pour évaluer la présence des bactéries et à l'aide de la table de Mac GRADY on peut déterminer le nombre le plus probable de bactéries. Par contre dans le

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

cas des eaux traitées on procède par dénombrement direct de bactéries indicatrices de contamination fécale telle que les coliformes fécaux (*Escherichia coli*).

✓ Méthode d'analyse d'eau brute

La recherche des germes dans ce cas est axée sur les coliformes thermotolérants et sur les Streptocoques groupe D. Neuf tubes munis de cloche de durham contenant un milieu de culture préalablement préparé sont utilisés. Dans ces tubes, l'échantillon d'eau brute sera ajouté. Dans le cas des coliformes thermotolérants, les trois premiers tubes contiennent comme milieu de culture le bouillon lactosé double concentration et les six autres le bouillon lactosé simple concentration. Une injection de 10 ml d'échantillon se fait dans les trois premiers, 1 ml dans les trois autres et 0,1 ml dans les derniers. Après les tubes sont incubés à $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24 à 48 heures. Cependant tout ceci constitue un test présomptif, si les premiers résultats sont positifs, on fera alors le test final en suivant la même procédure après ensemencement avec une anse bouclée dans le milieu lactosé vert brillant.

Les résultats positifs sont caractérisés par l'apparition dans les tubes après incubation d'un trouble avec production de gaz dans les cloches de durham.

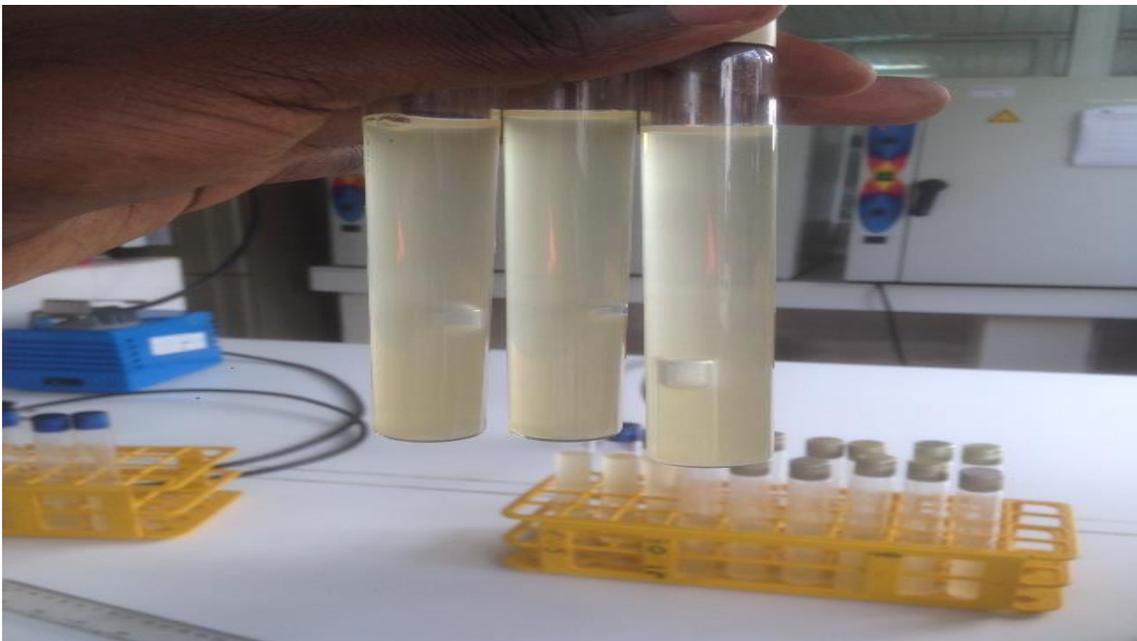


Figure 5: tubes munis de cloches de durham, d'échantillons et du milieu lactosé double concentration.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

Sur la figure 5, il est à remarquer une production de gaz au fond et en surface l'apparition de trouble. Lorsque ces deux critères sont présents ils comptent pour 1 et de même pour les autres tubes. Après on se réfère à la table de Mac GRADY (annexe 6) pour la lecture finale.

Méthode de Mac GRADY : expressions des résultats

La précision de l'analyse dépend du nombre de tubesensemencés, l'on considère des échantillons de 10-1-0,1 (ml).

Donc la lecture du NPP confirme la valeur probable de micro-organismes dans l'échantillon. Donc dans 3 tubes de 10, il n'est que possible d'obtenir 3 résultats positifs au maximum et de même pour les autres. A la fin, le résultat définitif est du type 3-1-1 qui sera lu sur la table de Mac GRADY pour trouver la correspondance de cette combinaison en nombre le plus probable de bactéries dans 100 ml.

✓ Méthode d'analyse d'eau traitée

La détermination de ces germes (les coliformes thermotolérants) se fait ici par dénombrement de bactéries. La recherche se fait sur un milieu de culture spécifique qui est la gélose Tergitol TTC coulée en boîte de pétri de diamètre de 55 mm. Après la filtration d'un échantillon s'effectue sur une membrane cellulosique stérile de porosité 0,45 micro mètre déposée dans la boîte de pétri contenant le milieu de culture. La boîte de pétri est donc incubé à $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 24 à 48 heures. De même que dans la procédure précédente, tout ceci n'est qu'un test présomptif ; s'il est positif (dénombrement des colonies typiques jaunes), le test de confirmation est obtenu, en recommençant la procédure mais cette fois-ci en ensemençant sur une eau peptonnée exempte d'indole. Le résultat positif final est traduit par l'apparition d'une coloration rouge traduisant la présence d'Escherichia Coli.

Le tableau 3 récapitule les méthodes d'analyses microbiologiques.

Tableau 3 : Récapitulatif des méthodes appliquées aux paramètres microbiologiques.

Paramètres microbiologiques	Méthodes d'analyses
Coliformes thermotolérants et Escherichia coli (ufc/100ml)	Dénombrement direct, ensemencement sur gélose spécifique (Tergitol-7-TTC)
Streptocoques groupe D (NPP par 100 ml)	Dénombrement direct, Méthode du NPP

III.4 Traitement des données

Le traitement des données collectées se fait à partir d'Excel 2013, on évaluera la moyenne, l'écart type et le coefficient de variabilité de tous les paramètres.

Evaluation des rendements d'élimination

Ensuite dans le cas de l'évaluation des performances des ouvrages, la formule ci-dessous sera utilisée :

$$R \text{ (en \%)} = \frac{C_e - C_s}{C_e} \times 100$$

Avec C_e : Concentration de l'eau brute

C_s : Concentration de l'eau traitée

R : Rendement d'élimination en %

- ✓ Détermination de l'abattement (A) de bactéries indicatrices de contamination fécales :

$$A \text{ (u log)} = -\log_{10}\left(1 - \frac{R}{100}\right)$$

IV RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1 Etat actuel des équipements et ouvrages de l'usine

IV.1.1 Captage

Les eaux de la station de Japoma sont captées par deux stations de pompage, qui sont SP1 et SP5.

- ✓ L'entretien des crépines au niveau du captage ne se fait pas à fréquence régulière, Il n'est envisagé que lorsque la crépine est colmatée ;
- ✓ Les conduites de SP5 et SP1 disposent de clapets au pied en bon état. Le débit de l'eau à l'entrée de la station est plus ou moins constant et les variations ou les oscillations au niveau de l'ampèremètre traduisent généralement la présence d'air et d'eau dans le circuit ;
- ✓ Actuellement au niveau de la première station de pompage, il n'y a que SP1A et SP1 B qui sont en service à ce jour sous couvert de la pompe 102. SP1 C est en panne. En d'autres termes SP1AB ne peut alimenter que CHABAL.
- ✓ La vanne reliant SP1 à l'unité de traitement SOCEA est défectueuse et difficile à accéder car encastrée dans du béton ;
- ✓ Au niveau de la station de pompage SP5 les quatre (04) groupes électropompes fonctionnent normalement et alimentent en permanence les unités de traitement de l'usine ;
- ✓ Les compteurs électriques des pompes ne fonctionnent pas dans les différentes stations, il est évident d'estimer la consommation électrique de la station ;
- ✓ les armoires électriques sont en mauvaise état dans les différentes stations.

IV.1.2 SOCEA

Cette unité de l'usine dispose d'un ouvrage d'arrivée d'eau brute où sont injectés les produits de traitement, de deux décanteurs statiques, de huit filtres à dalles perforées. Actuellement l'unité de traitement ne produit que 150 à 200 m³ par heure maximum contrairement à sa capacité nominale qui est de 625 m³ par heure (annexe 6).

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

➤ Décanteurs statiques

L'unité de traitement est certes vieille, mais il arrive parfois que le traitement soit acceptable. Outre cela, on a aussi remarqué que les décanteurs statiques de l'unité de traitement sont très rarement vidangés et que la chicane du décanteur numéro 2 est cassée.

➤ Filtres à sable

Seuls six filtres sur huit sont opérationnels. De plus la plupart d'entre eux manquent de sable du fait des lavages hors normes et des planchers cassés. Il est compliqué d'évaluer leur rendement d'élimination de la turbidité compte tenu de l'injection de la chaux aux sorties des décanteurs qui augmente considérablement la turbidité. Toutefois, le filtre numéro 4 est isolé, mais l'idée prédominante ici, c'est d'optimiser le processus de coagulation-floculation afin d'avoir une eau déjà de bonne qualité avant le processus de filtration.

IV.1.3 CHABAL

Cette unité compte un ouvrage d'aération, 3 bassins de floculation, trois décanteurs statiques, et quatre filtres à dalles poreuses. Cette unité est appelée à recevoir un débit nominal de 700 m³/h, ce qui correspond à sa capacité de production actuelle.

➤ Floculateurs et Décanteurs statiques

Les bassins de floculation et les différents floculateurs en série sont en bon état, ils assurent une bonne floculation quand l'on dispose de la bonne dose de coagulant et d'un bon débit d'injection.

Les décanteurs aussi sont en bon état, ils fournissent de bons résultats uniquement quand la floculation au niveau des bassins est bonne.

➤ Filtres à sable

Quant aux filtres, seulement deux sur quatre sont en bon état mais tous fonctionnent. Le lavage des filtres n'est pas fait dans les bonnes conditions du fait que le surpresseur d'air est hors service. Le lavage ne se fait actuellement qu'à l'eau et à un débit hors norme, ce qui entraîne des pertes en sable et la rupture du plancher des filtres.

IV.1.4 CTE

Cette unité compte un ouvrage d'aération, trois bassins de floculation, trois décanteurs statiques et six filtres. L'unité reçoit actuellement 1700 à 1800 m³/h pour un débit nominal d'entrée de 1041 m³/h.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

➤ Flocculateurs et Décanteurs statiques

Ils sont en bon état, et produisent de bons résultats. Mais Le problème persistant est le fait qu'on perd de l'eau à l'entrée des flocculateurs à cause de la surcharge. Outre cela, la fréquence d'extraction n'est programmée que lorsqu'on constate que les bassins sont pleins de boues et donc rendent difficile la décantation.

➤ Filtres à sable

L'unité compte six filtres à sable dont un seul est en bon état sur six, par contre tous les six sont en service. Le constat au niveau de l'entretien reste inchangé, ces filtres sont lavés certes mais pas dans de bonnes conditions (absence de surpresseur d'air) ce qui entraîne de perte énorme en sable et la casse des planchers.

IV.1.5 Les postes de dosages

L'usine de Japoma possède deux salles de préparation des réactifs, la première salle alimente SOCEA/CHABAL et la deuxième salle alimente CTE.

- ✓ La salle de préparation de SOCEA/CHABAL possède huit (08) bacs en béton armé de chaux, de Purifloc et de sulfate d'alumine + sulfate de cuivre. Chacun de ces bacs fonctionnent sans doseuse et l'injection des produits se fait par siphonage.

La quantité de réactifs utilisés est variable en fonction de la qualité de l'eau. La quantité de réactif utilisée par jour par les agents de l'usine est comprise entre 400 et 1200 kg de Sulfate d'alumine (SA), 6 à 12 kg de Purifloc et de 600 à 800 kg de lait de chaux.

- ✓ La salle des réactifs de CTE possède 8 bacs, deux bacs en béton armé par réactifs qui sont : la chaux, le chlore, le sulfate d'alumine et le Purifloc. La quantité de chlore utilisée pour la désinfection de toute l'usine est de l'ordre de 270 Kg par jour. L'injection dans ce cas se fait à partir de doseuses, spécifiquement pour le SA et le Purifloc. De la même façon qu'à SOCEA les quantités sont ajustées en fonction de la qualité visuelle de l'eau. Plusieurs équipements de la salle sont hors service.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Tableau 4: tableau récapitulatif de l'état actuel de l'équipement de CTE

Produit	N° Bac	Agitateur	Pompe Doseuse
Chaux	1	Aucun	Aucune
	2	Bon état mais pas utilisé	Aucune
Chlore	1	En fonction	Aucune
	2	En fonction	Aucune
SA+SC	1	En fonction	En fonction
	2	En panne	En place
Purifloc	1	Bon état mais pas utilisé	Aucune
	2	En fonction	En fonction

Tableau 5: tableau récapitulatif de l'état actuel de l'équipement de CHABAL/SOCEA

Produit	N° Bac	Agitateur	Pompe Doseuse
SA+SC	1	Aucun	Aucune
	2	En fonction	En panne
Purifloc	1	Aucun	Aucune
	2	En fonction	En fonction
Chaux	1	En fonction	Aucune
	2	Aucun	Aucune
Chlore	1	Aucun	Aucune
	2	Aucun	Aucune

La salle de préparation possède donc deux doseuses en service, celle du coagulant et du floculant. Par contre aucune pompe n'est affecté à la désinfection elle se fait donc par siphonage. Les bacs d'injection du lait de chaux sont inexploités à cause du manque de doseuse dans un premier temps et de l'absence du circuit de rinçage qui l'accompagne pour éviter au maximum le colmatage des conduites en PVC.

IV.1.6 Réservoirs

La station de Japoma compte quatre réservoirs, deux de 500 m³ et deux de 5000 m³. Les deux réservoirs de petit volume représentent le lien permettant le passage de l'eau de SOCEA à CHABAL vers l'amont du réservoir R1 qui communique avec R2, réservoir qui reçoit l'eau traitée venant de Massoumbou. Tous ces réservoirs sont encore en service aujourd'hui et fonctionnent normalement, mais ils doivent être entretenus car compte tenu de l'état des filtres actuellement, beaucoup de sable et boues s'y trouvent.

IV.1.7 Etat actuel du laboratoire du site

Le laboratoire de l'usine dont le rôle est de déterminer les quantités à injecter dans l'eau et assurer le contrôle et la qualité des eaux est inexistant. Donc aucune analyse de base n'est effectuée à ce jour. Par contre, le point positif mis en avant ici est que, chaque unité de l'usine possède au moins des comparateurs standards et des plaquettes pour pouvoir évaluer des paramètres de contrôle importants tels que le pH, le chlore résiduel et la couleur. Mais l'évaluation de la turbidité est omise à cause de l'absence d'un turbidimètre sur le site.

IV.1.8 Pompage eau traitée

Le site de Japoma dispose de quatre stations de pompage, dont deux pour le captage et deux pour refouler l'eau traitée vers la ville. Comme nous l'avons énuméré précédemment quelques pompes ne sont pas en service sur SP1 et SP5. Sur les deux autres stations, SP3 et SP4 refoulent l'eau vers la ville. Les points hauts pour SP3 et les points bas pour l'autre.

- ✚ SP3 dispose de trois (03) groupes électropompes débitant chacun 950 m³/h ;
- ✚ SP4 dispose de quatre (04) groupes électropompes débitant chacun 1700 m³/h.

Les deux conduites en fonte DN 800 provenant de ces deux stations de pompages sont reliées entre elles par une vanne de communication.

IV.2 Caractéristiques physico-chimiques des différentes sources

Les divers résultats obtenus pendant 3 mois de prélèvement et de suivi de l'usine seront exposés et commentés dans ce chapitre. Des analyses microbiologiques et physico-chimiques (pH, couleur, turbidité, conductivité, TAC, M.O, NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , streptocoques fécaux, coliformes thermotolérants et Escherichia Coli) ont été réalisées après échantillonnage en amont et en aval du site en vue d'évaluer la performance globale du système de traitement de l'usine. Ensuite, un suivi de la station a été effectué dans l'optique de dévoiler les performances et les défaillances des ouvrages sur le site, en vue d'apporter des solutions permettant d'améliorer le système actuel.

IV.2.1 Caractéristiques globales des eaux de la station : eau brute et eau traitée

L'usine produit environ de 63 000 m³ à 65 000 m³ par jour pour une capacité nominale de 55 000 m³. Elle traite les eaux provenant de deux sources qui sont le chenal et le fleuve Dibamba. Nous avons prélevé un total de 34 échantillons pendant notre période de contrôle et de suivi pour analyses bactériologiques et physico-chimiques. Les caractéristiques de l'eau en amont et en aval de la station seront exposées dans **le tableau 6**.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Tableau 6 : récapitulatif des caractéristiques des eaux brutes et traitée

Paramètres	eau brute chenal					eau brute Dibamba					eau traitée				
	Min	Max	Moyenne	écart type	CV	Min	Max	Moyenne	écart type	CV	Min	Max	Moyenne	écart type	CV
pH	6,5	6,7	6,6	0,1	1,52	6,7	6,8	6,75	0,05	0,74074074	6,6	7,3	6,95	0,35	5,04
turbidité (NTU)	26	150	88,05	70	74,76	10	34,2	22,1	12,1	54,75	4,92	10,3	7,61	2,69	35,35
couleur (mg/l)	70	200	135	65	48,15	60	80	70	10	14,29	10	10	10	0	0,00
Conductivité (micro siemens/cm)	54	76	65	11	16,92	52	62	57	5	8,77	47	76	61,5	14,5	23,58
Oxydabilité (mg/l)	6,3	4,5	5,4	0,9	16,67	3,5	5,2	4,35	0,85	19,54	0,8	2,9	1,85	1,05	56,76
fer (mg/l)	2,5	1,25	1,875	0,625	33,33	0,8	0,9	0,85	0,05	5,88	0,03	0,3	0,165	0,135	81,82
manganèse (mg/l)	0,05	0,05	0,05	0	0,00	0,05	0,05	0,05	0	0,00	0	0	0	0	0,00
dureté (°f)	0,6	0,8	0,7	0,1	14,29	0,8	0,9	0,85	0,05	5,88	1,15	2,1	1,625	0,475	29,23
TAC (°f)	1,4	1,5	1,45	0,05	3,45	1	1,3	1,15	0,15	13,04	0,4	2,7	1,55	1,15	74,19
nitrites (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00
nitrates (mg/l)	0	0,1	0,05	0,05	100	0	0	0	0	0,00	0	0,3	0,15	0,15	0,00
ammonium (mg/l)	0	1	0,5	0,5	100	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00
CTh (NPP/100ml)	120	150	135	15	11,11	75	93	84	09	10,71	0	0	0	0	0,00
SP (NPP/100)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

NB : l'eau traitée sortant de l'usine de Japoma provenant de trois différentes sources, il n'est donc pas évident d'évaluer les rendements d'élimination des paramètres physico-chimiques et microbiologiques sur **le tableau 6**. (Annexe 1)

Ce tableau permet d'avoir une idée globale sur la variation de ces caractéristiques et de mettre en avant celles pouvant poser problème à la base en les comparant aux valeurs guides de l'OMS.

La turbidité, la couleur, le Fer et l'ammonium ont des valeurs maximales et minimales disparates dans le cas des eaux brutes. Ce qui se traduit par des valeurs des coefficients de variabilité qui sont respectivement de 74,76 %, 48,15%, 33,33% et 100 %. On peut donc dire que ces eaux brutes disposent d'une forte fluctuation en termes de qualité. Les valeurs minimales et maximales des matières organiques dans les deux sources d'eau brute sont respectivement de 3,5 à 6,5 mg O₂ /l. Les sources sont donc très peu chargées en matière organique étant donné que la valeur maximale admissible dans une eau traitée est de 5 mg O₂ /l selon l'OMS (2011).

Les différentes formes ioniques de l'azote à savoir, ammonium, nitrates et nitrites possèdent des concentrations maximales et minimales pratiquement nulles dans le cas des eaux traitées et des eaux brutes, à l'exception de l'ammonium qui a une concentration maximale de 1 mg/l dans les eaux brutes. Elles sont donc très peu présentes dans nos eaux de surfaces ; une forte concentration de ces composés serait synonyme d'une certaine activité anthropique.

Les valeurs maximales et minimales des coliformes thermotolérants dans l'eau brute sont de 75 à 120 ufc/100 ml mais en sortie ces valeurs sont toutes nulles ce qui traduit donc une bonne désinfection de l'eau brute. Outre cela, les streptocoques fécaux sont totalement inexistantes dans les deux sources.

Dans le cas spécifique de la turbidité de l'eau traitée, les valeurs maximales et minimales sont respectivement 10,3 et 4,92 NTU. Avec pour valeur moyenne 7,6 NTU, on dispose en général d'une eau non conforme en sortie de station. Car la valeur limite selon l'OMS (2011) est de 5 NTU. Ce qui nous permet donc de dire que le processus de traitement de l'eau ne s'effectue pas correctement. Dans la suite de notre étude, nous effectuerons une analyse détaillée pour mettre en lumière le facteur qui fait défaut dans la filière de traitement.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

IV.3 Poste de préparation et d'injection des réactifs

Pour une bonne injection d'un réactif, ne peut se faire qu'en maîtrisant l'homogénéité de sa préparation et sa solubilité. Précédemment mentionné dans l'état des lieux, nous avons mis en avant les principaux dysfonctionnements retrouvés dans les postes de dosages de la station de Japoma. Le tableau 7 récapitule les équipements en fonction sur le poste de dosage de SOCEA/CHABAL.

Tableau 7 : récapitulatif de l'état actuel de l'équipement de SOCEA/CHABAL

Produit	N° Bac	Agitateur	Pompe Doseuse
SA+SC	1	Aucun	Aucune
	2	En fonction	En panne
Purifloc (adjuvant de floculation)	1	Aucun	Aucune
	2	En fonction	En fonction
Chaux	1	En fonction	Aucune
	2	Aucun	Aucune
Chlore	1	Aucun	Aucune
	2	Aucun	Aucune

La salle de préparation des réactifs est non conforme selon l'ONEP (2010), car elle ne dispose que de trois (03) bacs en service sur les huit (08) prévus à cet effet. De plus, les bacs en service, ne font pas l'objet d'un entretien régulier, la présence des dépôts est très souvent remarquée au fond de ceux-ci. Outre cela, d'autres non conformités sont énumérées telles que l'absence des crépines dans les conduites d'aspiration (accélérant le colmatage des conduites d'injection), la mauvaise estimation de la dose de coagulant car absence d'un densimètre. Et enfin le manque de pompes doseuses pour pouvoir évaluer et modifier la quantité de produit injectée en fonction des caractéristiques de l'eau qui sont évolutives au fil du temps.

Recommandation :

Afin d'optimiser le poste de dosage, il serait important de réhabiliter les huit bacs en béton armés prévus initialement, Chacun des bacs en service devrait avoir un bac de secours comme prévu à l'état initial du site. En plus, mettre en place un revêtement anti acide pour éviter la détérioration rapide des bacs en béton. Installer des pompes doseuses qui pourront assurer l'injection des produits de manière constante et de réguler le débit en fonction de la qualité de l'eau.

Ces bacs seront équipés de tuyauteries de vidange, de trop plein, d'un collecteur qui reliera les pompes doseuses aux bacs. Outre cela, réhabiliter le dispositif de sécurité pour protéger les pompes en cas de niveau bas, mettre en place aussi des crépines à l'entrée des conduites d'aspiration. Cela permettra d'éviter que les pompes puissent être rapidement hors service à cause des problèmes d'amorçage.

IV.4 Contrôle des performances des ouvrages de traitement

IV.4.1 Couloir de distribution d'eau et bassins de floculation

A la sortie de la cascade, l'injection du coagulant et du floculant se fait simultanément à l'entrée du couloir de distribution qui joue le rôle de mélangeur rapide, le brassage est assurée par agitation hydraulique. Le problème persistant ici est la mauvaise répartition du produit dans les différents bassins de floculation. Après des mesures successives de pH dans chacun des bassins, il est a remarqué au niveau de CTE que le bassin de floculation du décanteur 1 reçoit généralement plus de produits que les deux autres. De plus, comme mentionné plus haut, l'injection des produits se fait simultanément ce qui n'est pas conforme au processus d'ajout d'adjuvant de floculation selon Degrémont (2005). Le temps à respecter entre les ajouts du coagulant et du floculant est primordial.

En effet, un floculant n'est efficace que lorsque la phase de micro floculation est achevée. Des études antérieures de Brejchova (1992) et Cardot (1999) ont confirmé cette théorie et ont préconisé un espacement d'une à trois minutes entre les deux injections (annexe 9).

Recommandation

Dans l'optique de pallier au problème d'équi-répartition du produit dans les bassins de floculation, il est recommandé de modifier le point d'injection des deux réactifs (coagulant et adjuvant) car l'injection se fait de manière simultanée et proche de l'entrée du premier bassin de floculation.

L'injection du sulfate d'alumine se fera à l'entrée du mélangeur rapide et l'adjuvant de floculation sera injecté à l'entrée de chaque bassin de floculation afin de laisser le temps au coagulant d'agir avant la phase d'agglomération.

IV.4.2 Les décanteurs statiques

L'efficacité de cet ouvrage est caractérisée par la rétention maximale de floes formés dans les floculateurs qui se traduit par la réduction considérable de la turbidité de l'eau décantée. Des mesures de turbidité ont été effectuées tout au long de notre étude dans chacune des unités de traitement, dans le décanteur 1 les valeurs moyennes de turbidité en sortie de l'ouvrage, pour CTE, CHABAL et SOCEA sont respectivement de 8,94 NTU, 12,9 NTU et 13,24 NTU. Dans le cas du décanteur 2 nous avons 9,55 NTU, 12,55 NTU et 10,3 NTU. Le décanteur 3 quant à lui possède des valeurs de 9,02 NTU et 13,45 NTU. Toutes ces valeurs recensées à la sortie des décanteurs statistiques sont non conformes, car selon l'OMS (2011) et l'ONEP (2010) les valeurs de turbidité à la sortie d'un décanteur doivent être inférieures à 5 NTU pour pouvoir satisfaire une bonne filtration. Le tableau 8 récapitule les valeurs moyennes de turbidité en sortie des décanteurs (annexe 8).

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Tableau 8 : les valeurs moyennes de turbidité en sortie des décanteurs statiques.

Ouvrages	décanteur 1			décanteur 2			décanteur 3		
	Turbidité en NTU			Turbidité en NTU			Turbidité en NTU		
Unités de traitement	Min	Max	moyenne	Min	Max	moyenne	Min	Max	Moyenne
CTE	4,79	13,1	8,94	5,71	13,4	9,55	5,04	13,0	9,02
CHABAL	4,2	21,6	12,9	5,0	20,1	12,55	4,8	22,1	13,45
SOCEA	4,18	22,3	13,24	4,4	16,2	10,3	-	-	-

La valeur de turbidité étant supérieure à la norme, les vérifications suivantes doivent être effectuées en vue de pallier à ce problème :

 **Exploitation du décanteur**

La station de traitement de Japoma est conçue avec une capacité nominale de 55 000 m³ et actuellement la production journalière de celle-ci est de 63 000 m³. La station est donc en surexploitation ce qui pourrait être l'une des raisons pour lesquelles le processus de décantation ne s'effectue pas dans les normes. Comme exemple, l'unité de traitement de CTE à une capacité nominale journalière de 25 000 m³ ce qui correspond approximativement à 1041 m³/h paradoxalement au débit d'arrivée d'eau brute actuel qui tourne au tour de 1700 m³/h. La vitesse horizontale du fluide dans ce cas est donc supérieure à la vitesse verticale de chute donnée par la loi de Stokes.

Nous avons $Q(\text{débit}) = 1041 \text{ m}^3/\text{h}$ et $V(\text{volume}) = 659 \text{ m}^3$ or $Q = \frac{V}{t} \Rightarrow t = \frac{V}{Q}$

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

On obtient un temps de séjour $t = 1h\ 54\ min$, qui correspond à une vitesse verticale de chute $V_0 = 1,95\ m/h$. La particule est retenue si $\frac{H}{V_0} < 1h\ 54\ min$ avec H (hauteur) = 3,70 m.

Dans le cas où le débit d'arrivée d'eau brute est de $1700\ m^3/h$, on obtient un temps de séjour de $t = 1h\ 10\ min$ et la condition n'est plus vérifiée.

✚ La répartition du débit d'eau

Nous ne disposons pas de moyen pour vérifier la répartition des débits d'eau dans les décanteurs car aucun dispositif n'a été prévu à cet effet. Donc on supposera qu'il y a une équipartition du débit d'arrivée d'eau.

✚ L'extraction de boues

La vidange et l'extraction de boues s'effectuent manuellement, mais pas à des fréquences régulières. Donc la faible fréquence des vidanges des décanteurs peut bien être une cause de la mauvaise qualité du traitement de ceux-ci.

✚ Essai de floculation

Afin de résoudre ce problème des essais de floculation ont été réalisés en vue de déterminer le taux de traitement adéquat à appliquer à l'eau brute pour une bonne coagulation-floculation.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

JAR TEST

L'échantillon d'eau du chenal (CTE ; SP5) a été prélevé le 16 mars 2015 à un pH de 6,6.

Tableau 9 : JAR TEST 1, Essai 1

Coagulant sulfate d'alumine (mg/l)	Turbidité	Couleur (mg/l)	Oxydabilité	Fer (mg/l)	pH	Mn (mg/l)	Rendement d'élimination de la matière organique	Rendement d'élimination de la turbidité
	NTU		(mg O ₂ /l)					
0	42	200	4,8	2,5	6,7	0,05	0	0
5	44,1	80	4,6	2,5	6,7	0,05	4,17	-5
10	36,1	80	4,4	2	6,6	0,03	8,33	14,05
15	3,26	15	2,4	0,08	6,6	0,02	50	92,24
20	2,7	15	1,8	0,06	6,5	0	62,5	93,57
25	3,95	22,5	2,2	0,1	6,4	0,001	54,17	90,59
30	8,59	22,5	2,4	0,3	6,3	0,002	50	79,55

Les résultats présentés dans ce tableau ci-dessus après injections successives de doses croissantes du coagulant, permet de constater que le taux d'élimination de la turbidité augmente jusqu'à la concentration optimale de **Sulfate d'alumine (20 mg/l)**, il est de 93,57 % avec un taux d'élimination de la matière organique de 62,5 %. **La concentration de 15 mg/l** de coagulant est tout aussi bonne que la précédente avec un taux d'élimination de 92,23 % de turbidité mais comme inconvénient un faible rendement d'élimination de la matière organique (50%).

Dans le cadre du comportement des métaux lourds contenus dans **le Tableau 10**, il est à remarquer aussi que le taux d'élimination du Fer est de 96,8 % pour 15 mg/l et de 97,6 % pour 20 mg/l tous ces deux rendements d'élimination sont bons conformément à la norme qui est de 0,5 mg/l. Comme le confirme les études de Liew et al., (2006); Zogo et al., (2010, 2011) qui mentionnent le fait que le sulfate d'alumine élimine bien le fer et le manganèse. Outre le Manganèse qui est déjà sous forme de trace (0,05 mg/l) même dans l'eau brute donc n'influe pas tellement la coagulation dans notre cas spécifique.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Essai 2 : conservation des concentrations de 15,20 mg/l pour le coagulant et prélèvements de doses successives dans un échantillon du Purifloc (poly acrylamide) de concentration 1 g/l.

Tableau 10: JAR TEST 1, essai 2.

Coagulant sulfate d'alumine (mg/l)	Purifloc (mg/l)	Couleur (mg/l)	Oxydabilité	Fer	pH	Turbidité	Rendement d'élimination de la matière organique (%)	Rendement d'élimination de la turbidité (%)
			(mg O ₂ /l)	(mg/l)		NTU		
0	0	200	4,8	2,5	6,7	42		
15	0,2	15	-	0,2	6,5	6,84		83,7142857
15	0,4	15	-	0,2	6,5	4,04		90,3809524
15	0,6	15	-	0,2	6,5	4,05		90,3571429
20	0,2	15	2,6	0,06	6,4	2,78	45,83	93,38
20	0,4	15	2,9	0,06	6,4	2,55	39,58	93,9285714
20	0,6	15	2,8	0,06	6,4	2,5	41,67	94,047619

Les meilleurs rendements sont obtenus pour **une dose de Purifloc de 0,2 mg/l**, pendant le processus il était facile de remarquer que la décantation était plus rapide. Par contre l'ajout du Purifloc n'améliore pas le taux d'élimination de la turbidité qui dans ce cas est de 93,38 % et le taux d'élimination de la matière organique est de 45,83 %. Outre cela, la floculation se fait pour une valeur de pH un peu plus faible que lors du premier essai.

En somme, le taux d'élimination est sensiblement pareil au niveau de la turbidité mais une plus faible élimination au niveau de la matière organique est ressentie pourtant facteur primordial. De plus, le taux de fer reste inchangé, donc l'utilisation du Purifloc dans ce cas n'est pas indispensable.

La demande en chlore des différentes sources a été déterminée, elle est moyennement de 5 mg/l (En annexe 9).

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

✚ Hypothèse de transposition de nos résultats

En considérant 20 mg/l de SA pour l'eau du chenal (SP5 ; CTE) comme la valeur optimale destinée au processus de coagulation floculation, il est alors demandé de déterminer la correspondance applicable à l'échelle industrielle.

CTE fonctionne à 1800 m³/h, il s'agit pour nous ici de trouver à quoi correspondrait 20 mg/l.

20 mg/l → 20 g/m³ alors 20 g → 1 m³

$$x \rightarrow 1800 \text{ m}^3 \text{ d'où } x = 36\,000 \text{ g/h}$$

Pour une journée on aura donc 864 kg de sulfate d'alumine à raison de 50 kg pour un sac, on obtient alors approximativement un nombre de 17 sacs de SA.

L'un des problèmes majeurs que l'on n'a pas pu résoudre, consiste à l'évaluation des concentrations dans les bacs due à l'absence de densimètre. De ce fait alors, nous avons pensé à approximer la concentration massique du liquide dans le bac en appliquant la simple formule.

$$c_m = \frac{m}{v} \text{ sachant que } m = 864 \text{ kg et } v = 2 * 1317 \text{ litres}$$

L'on obtient donc une concentration massique de 0,33 kg/l. de cette valeur, nous allons déterminer le débit approximatif que devrait avoir la pompe doseuse de débit nominal 400l/h.

$$q = (Q * T) / C$$

Avec

q : le débit de la pompe doseuse (l/h)

Q : le débit d'arrivée d'eau brute (m³/h)

T : le taux de traitement de sulfate d'alumine (mg/l)

C : la concentration dans le bac (g/l)

$$\underline{\text{A.N}} \quad q = \frac{1800 * 20}{330}$$

D'où $q = 109,09 \text{ l/h}$.

En somme pour un taux de traitement de 20 mg/l, on devrait avoir une pompe doseuse à un débit approximatif d'e 109,09 l/h pendant toute la journée.

Recommandation

Afin d'optimiser la phase de décantation, deux (02) hypothèses sont possibles :

Hypothèse 1

Ramener dans un premier temps la production de la station à sa capacité nominale, ensuite vérifier la réhabilitation de la salle de préparation des réactifs, effectuer le changement des points d'injection du coagulant et du floculant. Enfin, assurer le contrôle du taux de traitement en effectuant au moins une fois par mois des JAR TEST pour obtenir des valeurs dans les normes en sortie d'ouvrage

Hypothèse 2

Dans le cas où la demande en eau de la population est devenue de plus en plus importante, il serait utile de redimensionner l'ouvrage en considérant 65 000 m³ comme débit nominal avec une marge de fonctionnement jusqu'à 70 000 m³ comme capacité maximale limite.

Les paramètres influençant la vitesse de Hazen ne sont pas fonction de la profondeur, il serait donc judicieux d'ajuster seulement la surface horizontale de l'ouvrage.

Dans le cas de CTE nous optons pour 2000 m³/h, avec une hauteur H = 2 m de l'ouvrage, il nous reste juste à dimensionner la surface horizontale du décanteur.

Avec $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$ on aura dans chaque décanteur $Q_1 = 666,67 \text{ m}^3/\text{h}$. En fixant un temps de séjour de 2 heures on obtient : $Q = \frac{V}{t} \Rightarrow V = (Q * t)$ on aura alors

D'où $V = 1333,34 \text{ m}^3$. Pour un écoulement laminaire, la condition suivante doit être vérifiée

L (longueurs) $\leq 15 H$, on trouve donc $L=55,5\text{m}$ et $l = 6,48 \text{ m}$.

Les dimensions de notre nouveau décanteur sont donc de $L=55,5\text{m}$; $l=6,48 \text{ m}$ et de hauteur $H=2,0 \text{ m}$ avec une vitesse de chute $V_0 = 1,0 \text{ m/h}$ et $V_h = 0,85 \text{ m/h}$ d'où $V_0 > V_h$

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

IV.4.3 Les filtres à sable

Dans le but de recenser les filtres en bon état sur le site, des mesures successives de turbidité ont été prises tout au long de notre étude. Les valeurs moyennes de turbidité en sortie des filtres 1 à 6 de CTE sont respectivement de 7,46 NTU à 29,65 NTU. Pour l'unité de CHABAL les filtres 1 à 4 ont des valeurs respectives en sortie de 4,05 NTU, 2,45 NTU, 10,7 NTU et 8,4 NTU. Enfin la sortie commune des filtres à sable de SOCEA à une valeur de 16,1 NTU. Toutes ces valeurs de turbidité sont non conformes selon la norme technique de fonctionnement de l'OMS d'un filtre à sable qui préconise une valeur en sortie des filtres de 0,5 NTU. Ces résultats étaient assez prévisibles à cause des mauvais résultats obtenus en sortie des décanteurs dont la moyenne était largement supérieure à 5 NTU. Comme le confirme l'ONEP (2010), un bon rendement d'élimination de la turbidité ne peut que favoriser l'efficacité de la filtration. Le **Tableau 11** récapitule les valeurs moyennes de turbidité en sortie de chaque filtre.

Tableau 11 : valeurs moyennes de turbidité à la sortie des filtres à sable

Ouvrages	turbidité moyenne à la sortie des différents ouvrages en NTU					
Unités de traitement	Filtre 1	filtre 2	filtre 3	filtre 4	filtre 5	filtre 6
CTE	7,46	17,04	19,84	19,05	29,65	28,75
CHABAL	4,05	2,45	10,7	8,4	-	-
SOCEA	16,1	-	-	-	-	-

Les valeurs de turbidité des filtres 1, 2 de CHABAL et CTE sont appréciables, ce qui confirme le fait que ces filtres sont encore en bon état malgré le fait que leurs valeurs en sortie sont non conformes. La deuxième remarque importante faite est que, les filtres 3, 4,5 et 6 de CTE de valeurs respectives de 19,84 NTU, 19,05 NTU, 29,65 NTU et 28,75 NTU ont des valeurs plus grandes qu'en sortie des décanteurs (Tableau 8) et de même pour CHABAL. Donc, il est fort possible que, en plus d'être cassés ces filtres augmentent plutôt la concentration en matière en suspension. Ainsi, l'eau avant ces ouvrages est donc de meilleures qualités par rapport à la sortie. Dans l'optique de confirmer cette hypothèse, nous allons évaluer les rendements d'élimination de certains paramètres physico-chimique du filtre 1 de CTE et du filtre 2 de

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

CHABAL car ils disposent de meilleures valeurs de turbidité en sortie, leur performances seront donc évaluées.

➤ Performances du filtre 1 de CTE et du filtre 2 de CHABAL

Les paramètres de l'eau filtrée sont les principaux indicateurs de la qualité du traitement de la station car étant le dernier processus de traitement avant la désinfection. Les rendements d'élimination en matière organique, fer et turbidité sont reportés dans le **Tableau 12**.

Tableau 12 : Evaluation des performances des filtres.

Paramètres	Chenal (moyenne)	filtre 1 CTE (moyenne)	Rendement d'élimination (%)	Mélange (les deux sources)	filtre 2 CHABAL (moyenne)	Rendement d'élimination (%)
pH	6,6	6,7	-	6,75	-	-
Couleur (mg/l)	135	15	88,89	70	15	78,57
Turbidité (NTU)	88,05	7,46	91,53	27,1	2,45	90,96
Matière organique (mg O₂/l)	5,4	1,95	63,89	4,35	1,7	60,92
Ammonium (mg/l)	0,5	0	100	0	0	0
Fer (mg/l)	1,87	0,43	77,01	0,85	0,06	92,94

Le filtre 1 de l'unité CTE montre une élimination conséquente de 88,89 % de turbidité et de 63,89 % de la matière organique. Ces résultats traduisent une performance moyenne du filtre à sable de CTE qui devrait avoir un rendement d'élimination de 80 %. Comme le confirme l'OFSP (2010) en mentionnant que la filtration rapide sur sable atteint un abattement particulaire de 80 à 90 % qui concerne les particules organiques, anorganiques, les microorganismes et les polluants liés aux particules.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Dans le filtre 2 de CHABAL, on assiste à une réduction en moyenne de 90,96 % de turbidité, 78,57 % de la couleur et 60,92 % de la matière organique. Ces rendements sont très proches Evaluation de performances des filtres considérés cassés

Les valeurs moyennes de turbidité des filtres 3, 4, 5, 6 de CTE et 3, 4 de CHABAL laissent croire que ceux-ci ne sont plus opérationnels. Dans le but d'éclaircir ces suppositions nous allons évaluer les performances de deux d'entre eux (filtre 5 de CTE et le filtre 3 de CHABAL) qui sont considérés comme ceux ayant les plus mauvaises valeurs en sortie.

Le filtre 5 de CTE montre une très faible réduction de matière organique de 38,88 %, de même pour la turbidité qui a une réduction de 66,32 %. Dans le cas du filtre 3 de CHABAL, il montre une élimination de 60,52 % de turbidité et de 33,33 % de matière organique. Ci-dessous le **Tableau 13** d'évaluation des performances des filtres 3 et 5.

Tableau 13 : Evaluation des performances des filtres 5 de CTE et 3 de CHABAL.

Paramètres	Chenal (moyenne)	filtre 5 CTE	Rendement d'élimination (%)	Mélange (les deux sources)	filtre 3 CHABAL	Rendement d'élimination (%)
pH	6,6	-	-	6,75	-	-
Couleur (mg/l)	135	22,5	83,33	70	22,5	67,86
Turbidité (NTU)	88,05	29,65	66,33	27,1	10,7	60,52
Matière organique (mg O₂/l)	5,4	3,3	38,89	4,35	2,9	33,33
Ammonium (mg/l)	0,5	0	100	0	0	0
Fer (mg/l)	1,87	0,8	57,22	0,85	0,43	49,42

En rappelle, les rendements d'élimination du filtres 1 de CTE et du filtre 2 de CHABAL était au-dessus de 80 % contrairement aux filtres 5 de CTE et aux filtres 3 de CHABAL qui montrent de faible rendement d'élimination (proche de 60% pour la plupart) comme l'illustre Figure 6.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

Le filtre 1 de CTE et le filtre 2 de CHABAL sont donc en bon état, un bon suivi du procédé de décantation permettra effectivement aux eaux de la station de sortir dans la norme. En addition à cela, on constate que les filtres 5 et 3 sont effectivement cassés car ils donnent de très faible rendement d'élimination.

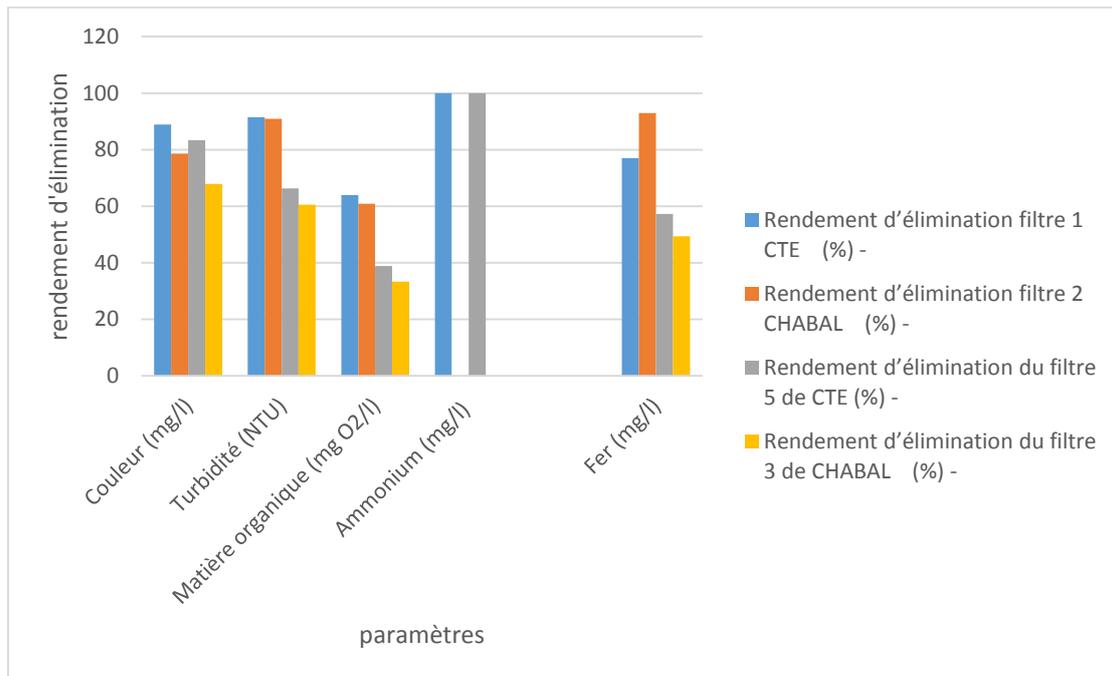


Figure 6 : rendement d'élimination des filtres

Les autres paramètres pouvant être la source des mauvaises valeurs de turbidité sont les suivants :

✚ La vitesse de filtration

La station étant en surexploitation (la production journalière actuelle est de 63 000 m^3 contre une capacité nominale de 55 000 m^3), la vitesse de filtration fixée par le concepteur ne peut plus être respectée. Dans le cas spécifique de CTE, pour une capacité nominale de 1041 m^3/h nous obtenons une vitesse de filtration de l'ordre de 5,51 $m^3/m^2/h$. L'unité de traitement tournant actuellement au tour de 1700 m^3/h , la vitesse de filtration correspondante est de 9 $m^3/m^2/h$. Cette vitesse non conforme peut entraîner la détérioration du matériau filtrant et diminuer sa hauteur. A l'heure actuelle, nous disposons d'une hauteur du lit filtrant de 0,5 m contre une valeur nominale de 1,2 m (ONEP, 2010). (Annexe 10).

✚ Le système de lavage

Le lavage des filtres s'effectue juste à l'eau sur toutes les unités de traitement de la station de Japoma, car le surpresseur d'air est hors service. Pourtant dimensionné pour se faire de manière simultanée à l'eau et à l'air (Degremont, 2005). Cet autre aspect de non-conformité peut très bien être la cause de la plupart des filtres qui sont cassés actuellement.

Recommandation

De même que pour les décanteurs, on pourrait dans un premier temps ramener la production journalière de la station à sa capacité nominale afin de rester dans les normes concernant la vitesse de passage de l'eau dans les filtres qui devrait être de 5 à 7m/h. Ensuite, de procéder bien sûr à l'ajout de sable dans les filtres et de réhabiliter le surpresseur pour effectuer comme recommandé des lavages simultanés à l'eau et à l'air.

Comme autre scénario, il serait possible de redimensionner les filtres à sable de manière à gérer une capacité de 70 000 m³/h.

Soit comme exemple, un filtre de l'unité de traitement CHABAL, qui reçoit généralement 700 m³/h. pour corriger la vitesse de passage de l'eau dans le filtre il faudrait jouer sur la surface du filtre car la hauteur n'influe pas sur la vitesse.

Actuellement nous avons une vitesse de passage de 8,33 m/h qui est totalement hors norme pour une longueur L= 6,0 m et une largeur l=3,5 m. Pour un filtre de longueur L=10 m, on aura $S (section) = 10 * 3,5$ A.N $S = 35 m^2$.

Pour $Q = 700 m^3/h$ chacun des filtres devrait recevoir un débit $Q_1 = 175 m^3/h$ sachant que $Q = vitesse * section$, on aura donc la vitesse $V = Q/S$ d'où $V = 5 m/h$.

On obtiendra donc au final les nouvelles dimensions suivantes pour le filtre L=10 m, l=3,5 m et H=1,7m.

a. La désinfection

La désinfection de l'usine de Japoma se fait par siphonage au chlore (hypochlorite de calcium) à raison de 270 kg par jour, sachant qu'un sac fait 45 kg. Après réalisation de différentes demandes en chlore, il a été retenu une valeur de 5 mg/l à injecter dans toutes les unités.

 Hypothèse de transposition

La désinfection de toute l'usine ne s'effectuant qu'à l'unité CTE, pour avoir une approximation de la quantité de désinfectant à utiliser dans toute l'usine, la somme des débits à l'entrée de chaque unité a été faite.

$$Q_{cte} + C_{chabal} + Q_{socea} = 1700 + 700 + 150 \text{ D'où } S = 2550 \text{ m}^3/h$$

A raison de 5 mg/l, on aura $x = 24 * 5 * 2550$ d'où $x = 306 \text{ kg}$

La valeur de 270 kg utilisée en station n'est donc pas très éloignée de la valeur trouvée par calcul.

Actuellement, le taux de chlore résiduel dans l'eau est en moyenne de 1,5 mg/l. L'eau traitée de l'usine sort dans les normes car l'OMS préconise des valeurs de chlore libre $> 0,5 \text{ mg/l}$. pour les grandes stations.

Au niveau des paramètres bactériologiques, ils sont tous nuls en sortie station (tableau 6) ce qui garantit donc le fait que la désinfection s'effectue bien. Malgré cette valeur conforme du chlore résiduel, la turbidité de l'eau filtrée qui est en moyenne de 7,46 NTU sachant que, une turbidité élevée favorise l'augmentation en nombre de certaines bactéries dans le réseau de distribution tel que démontré par Pauer et Nagy (1999) qui ont mis en évidence une corrélation entre ce paramètre et le développement de certaines bactéries.

Selon santé Canada (2012), la désinfection est idéale lorsque l'on obtient des valeurs en sortie filtre de 0,3 NTU au maximum. De même pour l'OFSP (2010), mais qui préconise plutôt une valeur de 0,2 NTU.

V CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude effectuée pendant quatre (04) mois, avait pour objectif d'optimiser le processus de traitement de la station de production d'eau potable de Japoma (Douala).

Dès le démarrage, après la période d'imprégnation, le recensement des premières observations a été établi et l'état des lieux complet effectué. Il est à remarquer que, aux points de captage (SP1 et SP5), des pompes en pannes ont été recensées au niveau de la première station de pompage, qui n'alimente actuellement que la deuxième unité de traitement CHABAL. De plus, l'arrivée d'eau au niveau de la cascade est légèrement détériorée car les étages des deux cascades sont cassés des deux côtés et laisse fuir l'eau. Outre cela, la répartition des réactifs (coagulant, sulfate de cuivre et floculant) n'est pas homogène dans les flocculateurs et les filtres à sable sont cassés pour la plupart (manque de sable, rupture du plancher).

A la suite d'une série de prélèvements en amont et en aval de la station des analyses microbiologiques et physico-chimiques ont été effectuées. Il en ressort que, la seule valeur qui sort généralement des normes selon l'OMS est la turbidité de l'eau traitée avec une valeur moyenne de 10,3 NTU contre une norme maximale de 5 NTU. La non-conformité de ce paramètre physique, nous a donc permis d'entrer davantage dans les détails de la filière de traitement pour détecter le procédé de traitement pouvant poser problème.

Des mesures de turbidité ont été effectuées à la sortie de chacun des ouvrages en vue d'évaluer ceux qui sont défaillants. Les valeurs trouvées à la sortie des décanteurs sont de l'ordre de 8,94 à 9,55 NTU pour CTE, de 12,55 à 13,45 NTU pour CHABAL et de 10,3 à 13,24 NTU. Toutes ces valeurs sont bien au-dessus de la norme selon l'OMS (2011) qui préconise une valeur en eau décantée de 5 NTU. Le filtre 1 de CTE montre un rendement d'élimination de 91,53 % de turbidité, de 77,01 % de fer et sensiblement 64 % de matière organique. De même, le filtre 2 de CHABAL donne des réductions de turbidité de 90,96 % et de 92,94 % de Fer. Ces valeurs de rendement d'élimination sont conformes selon (OFSP, 2010) qui mentionne qu'une filtration rapide ne fonctionne bien que lorsque les rendements d'élimination sont de l'ordre de 80 à 90 % de particules. Par contre, les 3, 4,5 et 6 de CTE et le filtre 3, 4 de CHABAL donnent de valeurs en sortie plus grande que celles en sortie des décanteurs. Donc ces filtres augmentent plutôt la concentration en matières en suspension au lieu d'en éliminer.

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA (CAMEROUN)

La désinfection de l'eau se fait par siphonage, aucune doseuse n'existe actuellement pour contrôler le dosage du chlore (hypochlorite de calcium) injecté. On retrouve en quantité normale dans l'eau le chlore résiduel donc la concentration moyenne tourne autour de 1,5 mg/l. En effet la désinfection est réalisée mais par consommation excessive de réactif, car selon santé Canada (2012), la valeur maximale requise pour une bonne désinfection est de 0,3 NTU.

En résumé, le travail demandé a été réalisé, la turbidité a été mise en exergue comme principal paramètre posant problème et aussi le très mauvais des filtres. Tout ceci pourra être possible, en améliorant les processus de coagulation-floculation, la décantation et la filtration.

V.1 RECOMMANDATIONS

Afin d'optimiser le système de traitement de la station de Japoma, les recommandations suivantes ont été proposées :

- ✓ Ramener primordialement la production journalière à la capacité nominale c'est-à-dire 55 000 m³/j afin d'éviter les pertes d'eau au niveau de la cascade et de préserver l'état des ouvrages de traitement ;
- ✓ Réhabiliter la cascade d'aération, refaire les différents niveaux (étages) de celle-ci ;
- ✓ Changer les points d'injection du coagulant et du floculant, ramener la conduite d'injection de l'adjuvant de floculation à l'entrée de chaque flocculateur dans le but de laisser le temps au coagulant d'agir avant l'injection du floculant ;
- ✓ Réhabiliter le poste de préparation des réactifs, remise à niveau des bacs et agitateurs les équiper de pompes doseuses ;
- ✓ Installer des crépines d'aspiration à l'entrée des conduites d'injection du réactif ;
- ✓ Prévoir un circuit de rinçage pour les conduites d'injection du lait de chaux ;
- ✓ Effectuer des vidanges et des lavages réguliers des décanteurs, en vue d'améliorer les quantités de boues décantées, gage d'un bon traitement ;
- ✓ Réhabiliter les filtres dont les planchers sont cassés ;
- ✓ Faire l'appoint en sable dans tous les filtres régulièrement ;
- ✓ Réhabiliter ou remplacer le surpresseur d'air pour permettre le lavage des filtres dans de bonnes conditions, afin d'éviter les pertes de sable et protéger les planchers des filtres.
- ✓ Nettoyer les filtres régulièrement ;
- ✓ Nettoyer les réservoirs de stockage d'eau traitée
- ✓ Aménager un laboratoire au sein de la station afin d'évaluer les quantités de réactif à injecter à l'aide d'un JAR TEST et d'assurer le contrôle de la qualité de l'eau.

VI REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Barthe (1998). Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de travail (version préliminaire), ministère de l'Environnement du Québec, 155 p. + annexes.

BREJCHOVA and WIESNER (1982). Effect of delaying the addition of polymenc coagulant-aid on settled water turbidity. *Water Science technology*, page 2281-2284

CARDOT C (1999). Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses Edition Marketing S.A.

CAWST (2013). Introduction à l'analyse de qualité de l'eau de boisson.

CIDF-LdesEaux (2000). CIDF Centre International De Formation. Principes généraux de traitement des eaux, Lyonnaise des Eaux.

DEGREMONT (2005). Mémento technique de l'eau, Lavoisier SAS Lexique Technique de l'eau, Paris, dixième édition.

FRANCK Rejsek (2002). Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, Lycée de borda.

Health Canada (1995). Colour, Environmental and Workplace Health.

KEMMER F.N (1984). Manuel de l'eau, Ed. NALCO.

Liew AG (2006). Surface water clarification using *M. oleifera* seeds. *Int. J. Environ. Studies*, page 211–219.

MASSCHELEIN W.J (1999). Processus unitaires du traitement de l'eau potable, édition Cebedoc.

MBEMMO (2002). Gestion du réseau d'eau potable. Mémoire de DEA. ENSP yaoundé.

MIZI Abdelkader (2006). Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps Gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat état, université d'Annaba, Algérie.

MOREL. A. (1990). Economie de la distribution d'eau aux populations urbaines à faible revenu dans les pays en voie de développement. Thèse de doctorat. ENPC de Paris

OFSP (2010). Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable. Rapport de L'OFSP.

ONEP - CCTG (2010) Cahier des clauses techniques générales relatives aux marchés de travaux d'eau potable, Travaux d'eau potable, Tome 6 : Traitement - Version 3.

Organisation Mondiale de la Santé (2011). Directives pour la qualité de l'eau de boisson : Second amendement. 1, Recommandations, Troisième Edition. OMS, Genève, Suisse.

PHILIPPO P, POMMERY J et THOMAS P (1981). Evolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation ; comportement des espèces métalliques au contact des matières humiques.

Power, K.N. et Nagy L.A (1999). Relationship between bacterial regrowth and some physical and chemical parameters within Sydney is drinking water distribution system. Water Research, pages 741-750.

RODIER J (2009). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème édition.

Santé Canada (2012). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique — La turbidité. Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario).

Wilde, F.D (2005). Field Measurements: U.S. Geological Survey Techniques of Water Resources Investigations, Book 9, Chap. A6.

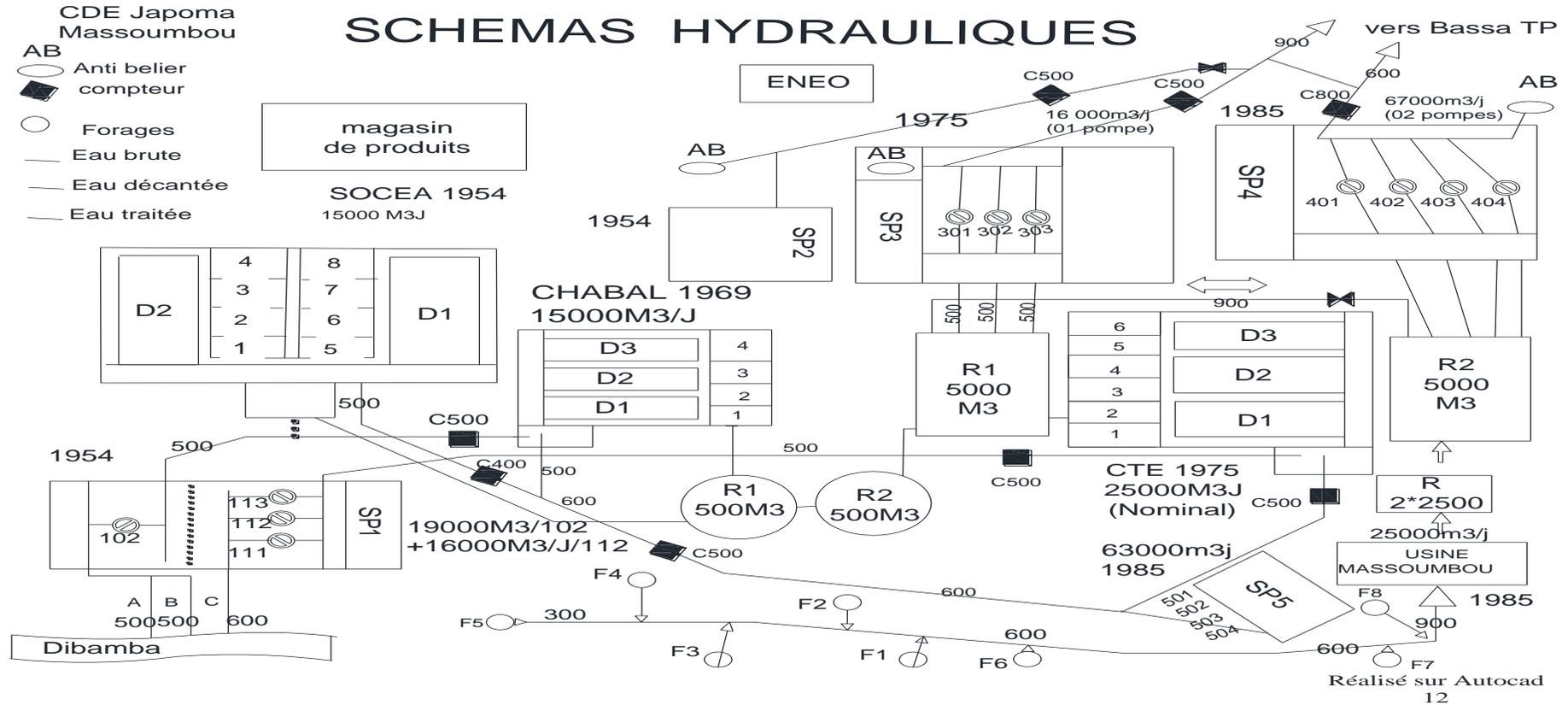
Zogo D, Bawa LM, Soclo HH et Atchekpe D (2011). Influence of pre-oxidation with potassium permanganate on the efficiency of iron and manganese removal from surface water by coagulation-flocculation using aluminum sulphate: Case of the Okpara dam in the Republic of Benin. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. Pages 1-8.

Zogo D, Bawa LM et Soclo HH (2011). Djaneye-Boundjou G, Atchekpe D. 2010. Effect of pre-chlorination on the efficiency of iron and manganese removal from surface water by coagulation-flocculation using aluminum sulphate: case of the Okpara dam in the Republic of Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* Pages 2093-2101.

**DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)**

ANNEXE

Annexe 1 : schéma hydraulique de la station de Japoma



DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Annexe 2 : caractéristiques des pompes

Station de pompage	rôle	Puissance du moteur (kw)	Nombre de pompes	Débit (m ³)	Type de pompes	Hauteur manométrique (m)
SP1	Refoulement eau brute Dibamba	257				
SP2	Lavage des filtres	-	3		centrifuge	
SP3	Refoulement d'eau traitée points hauts	160	3	750	Centrifuge immergée	50
SP4	Refoulement d'eau traitée points bas	320	4	1710	Centrifuge immergée	70
SP5	Refoulement d'eau brute	275*4	4	1150	Centrifuge immergée	

Annexe 3 : photos des cascades



Figure 1 : cascade CHABAL



Figure 2 : cascade CTE

Annexe 4 : bassin de flocculation



Figure 3 : injection de SA et Purifloc

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)



Annexe 5 : filtre à sables

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)



DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Annexe 6 : tableau de détermination des NPP avec 3 tubes (RODIER, 2009)

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 mL	Limites de confiance à 95 %	
3 tubes de 10 mL	3 tubes de 1 mL	3 tubes de 0,1 mL		Limite Inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	< 0,5	9
0	1	0	3	< 0,5	13
1	0	0	4	< 0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1 300
3	3	1	460	71	2 400
3	3	2	1 100	150	4 800

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Annexe 7 : tableau des caractéristiques de la station

caractéristiques	SOCEA	CHABAL	CTE
Année de construction	1954	1969	1975
Capacité de production nominale	15000 m ³ /j	15000 m ³ /j	25 000 m ³ /j
Pré oxydation	Aucune	Aération par cascade	Aération par cascade
Floculation	Avec chicane	Avec moto variateur	Avec moto variateur
Décantation	2 décanteurs statiques	3 décanteurs statiques	3 décanteurs statiques
Capacité des décanteurs	1000 m ³	464 m ³	659 m ³
filtres	8 filtres à sable et gravier	4 filtres à sable	6 filtres à sable
filtration	Rapide ouvert	Rapide ouvert	Rapide ouvert

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Annexe 8 : tableau des valeurs de turbidité à la sortie des ouvrages

prélèvements	Ouvrages	turbidité à la sortie des différents ouvrages en NTU									
	Unités de traitement	pH eau floquée	Dec1	Dec2	Dec3	Filtres1(F1)	F2	F3	F4	F5	F6
1 24/03/2015	CTE	6,6	4,96	6,97	5,76	4,23	6,58	6,24	5,3	7,6	7,7
	CHABAL	6,5	12,3	19,6	14	2,84	3,14	13,2	12,1	-	-
	SOCEA	6,4	22,3	16,2	-	16,1	-	-	-	-	-
2 30/03/2015	CTE	6,4	8,09	6,82	6,17	4,51	8,09	8,0	7,5	9,3	10
	CHABAL	6,3	21,6	17,5	17,5	7,01	16,6	16,7	-	-	-
	SOCEA	6,3	8,9	8,6	-	-	-	-	-	-	-
3 27/04/2015	CTE	6,4	4,79	5,71	5,04	7,14	27,5	33,4	32,8	51,7	52,8
	CHABAL	6,3	11,5	20,1	15	2,57	2,27	11,1	12,4	-	-
	SOCEA	6,3	18,6	14,2	-	-	-	-	-	-	-
4 08/05/2015	CTE	6,2	13,1	13,4	13,0	10,7	18,0	20,2	14,3	15,0	15,0
	CHABAL	6,1	4,2	5,0	4,8	1,0	0,5	4,4	4,7	-	-
	SOCEA	6,1	6,4	4,4	-	-	-	-	-	-	-
5 09/05/2015	CTE	6,3	10,3	9,9	9,8	9,02	9,6	11,4	12,3	11,7	4,7
	CHABAL	6,1	16,2	20,0	22,1	3,7	4,1	11,8	18,1	-	-
	SOCEA	6,0	4,18	7,5	-	-	-	-	-	-	-

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Annexe 9 : JAR TEST et demande en chlore

Echantillon d'eau de la Dibamba (CHABAL ; SP1) a été prélevé le 16 mars 2015 à un pH de 6,7.

Coagulant sulfate d'alumine (mg/l)	Turbidité NTU	Couleur (mg/l)	Oxydabilité (mg O ₂ /l)	Fer (mg/l)	pH	Rendement d'élimination de la turbidité	Rendement d'élimination de la matière organique
0	34,2	80	5,2	0,8	6,7	0	0
5	23,6	60	4,5	0,8	6,6	30,99	13,46
10	3,26	15	2,5	0,06	6,6	90,47	51,92
15	2,26	10	2,3	0,05	6,4	93,39	55,77
20	2,7	10	2,5	0,1	6,4	92,11	51,92
25	5,5	15	3	0,2	6,2	83,92	42,31
30	6,08	22,5	3,2	0,4	6	82,22	38,46

Essai 2 : conservation des concentrations de 10,15 mg/l pour le coagulant et ajout du Purifloc (poly acrylamide) de concentration 1 g/l.

Coagulant sulfate d'alumine (mg/l)	Purifloc (mg/l)	Couleur (mg/l)	Oxydabilité (mg O ₂ /l)	Fer (mg/l)	pH	Turbidité NTU	Rendement d'élimination de la matière organique	Rendement d'élimination de la turbidité
0	0	200	4,8	2,5	6,7	42		
10	0,2	15	-	0,4	6,6	7,1		83,09
10	0,3	15	-	0,2	6,6	5,11		87,83
10	0,4	15	-	0,2	6,6	7,98		81
15	0,2	15	1,7	0,1	6,4	3,13	64,58	92,55
15	0,3	15	1,6	0,06	6,4	2,69	66,67	93,59
15	0,4	15	2,2	0,06	6,4	2,06	54,16	95,09

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Demande en chlore du chenal

Coagulant sulfate d'alumine (mg/l)	Purifloc (mg/l)	Chlore	Oxydabilité	Fer (mg/l)	Turbidité	Chlore résiduel (mg/l)	Volume de thiosulfate de sodium
			(mg O ₂ /l)		NTU		
0	0,2	0	2,6	0,06	42	0	0
20	0,2	1	2,6	0,06	2,78	0,3	0,1
20	0,2	2	2,6	0,06	2,78	0,5	0,2
20	0,2	3	2,6	0,06	2,78	0,4	0,16
20	0,2	4	2,6	0,06	2,78	1,0	0,28
20	0,2	5	2,6	0,06	2,78	1,4	0,42
20	0,2	6	2,6	0,06	2,78	3	0,62

Demande en chlore du mélange

Coagulant sulfate d'alumine (mg/l)	Purifloc (mg/l)	Chlore	Oxydabilité	Fer (mg/l)	Turbidité	Chlore résiduel (mg/l)	Volume de thiosulfate de sodium
			(mg O ₂ /l)		NTU		
0	0,2	0	2,3	0,06	42	0	0
15	0,2	1	2,3	0,06	2,69	0,3	0,1
15	0,2	2	2,3	0,06	2,69	0,5	0,18
15	0,2	3	2,3	0,06	2,69	1,0	0,3
15	0,2	4	2,3	0,06	2,69	1,4	0,44
15	0,2	5	2,3	0,06	2,69	2,0	0,68
15	0,2	6	2,3	0,06	2,69	3	0,8

DIAGNOSTIC DE LA STATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE JAPOMA
(CAMEROUN)

Annexe 10: caractéristiques des ouvrages

Ouvrages CTE	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m) grande	Hauteur petite (m)
Décanteurs plus chicanes et goulottes	44,3	20,2	9,05	4,77
Filtres	7,1	4,5	1,7	-
CHABAL				
Décanteurs plus chicanes et goulottes	36,3	17,3	8,9	4,5
Filtres	6,0	3,5	1,7	-
SOCEA				
Décanteurs plus couloirs de distribution	52,45	13,5	4,6	3,1
Filtres	6,62	4,45	1,8	-