



EVALUATION DE LA PERFORMANCE DU SYSTEME DE TRAITEMENT DE LA STATION D'EAU POTABLE DE GOUDEL : NIAMEY-NIGER

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGIENERIE
OPTION : EAU ET ASSAINISSEMENT

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par

MOROU HALIDOU Idrissa

Travaux dirigés par

M. Diafarou MOUMOUNI Ali

Doctorant / Laboratoire Eau, Dépollution, Écosystème et Santé (LEDES)

Jury d'évaluation du stage :

Présidente : Dr Karoui HELA

Membres et correcteurs : Jean-Jacques NFON DIBIE

Prénom NOM

Prénom NOM

Promotion [2014/2015]

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à :

- Mon père, **MOROU HALIDOU**;

- Ma mère, **HADJARA BAOULINGUE**;

- Ma défunte tante, **AÏSSA MOSSI**, par laquelle je ne cesse d'adresser à Dieu des prières afin que son âme repose en paix

- Tous les **autres membres de ma famille** ; trouvez ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

REMERCIEMENTS

Au terme de cette formation, je tiens à remercier les personnes qui n'ont ménagé aucun effort pour l'accomplissement de ce travail. Mes remerciements s'adressent, particulièrement à :

- A la Société d'Exploitation des Eaux du Niger (SEEN), son Directeur Général M. Remi BOURGAREL ;
- Mr. RABE RABIOU chef service appui opérationnel et innovation ;
- Mr DJIBO TAHIROU chef de l'usine, de m'avoir accepté à l'usine et à l'ensemble des surveillants de quart ;
- Au chef service qualité Mr. Talata DIAWATOU, à la responsable du laboratoire centrale de la SEEN Mme GUIRE Aïssa LAMPO, à tout le personnel du laboratoire central et au chauffeur ;
- Mr. MOUMOUNI DIAFAROU pour ses qualités d'homme de science ;
- Mr. IDE SOULEY pour sa disponibilité ;
- Tout le personnel de la station de Goudel.

RESUME

Niamey, capitale du Niger est située en zone de socle. Avec une nappe peu productive qui subit une pollution en nitrate, elle s'est résolument tournée vers le traitement des eaux du fleuve Niger pour l'approvisionnement de sa population en eau potable. La production en eau potable est assurée par deux stations de traitement : celle de Goudel qui fournit 72% de la production en eau potable et les 28% restants proviennent de Yantala. Le fonctionnement de ces deux unités est assuré par la société d'exploitation des eaux du Niger (SEEN). La présente étude a pour principal objectif d'évaluer la performance du traitement de la station de traitement d'eau potable de Goudel. Pour un traitement de qualité, les deux stations de traitement utilisent les résultats du jar-test et l'analyse des paramètres de qualité de l'eau (turbidité, matière en suspension, matière organique). Ainsi des échantillonnages ont été effectués sur l'ensemble de la chaîne de traitement jusqu'au robinet du consommateur de la période allant de juin à septembre 2015. Il ressort de l'analyse des résultats; une réduction de la turbidité à 99,97%, à 99,96% des matières en suspensions (MES) et à 88,54% de la matière organique (MO) au niveau de la station de Goudel. Il ressort durant cette période d'étude une forte consommation des réactifs, car sa a coïncidé à la période de forte turbidité (5393 NTU, saison des pluies) ; ce qui engendre des forts coûts d'exploitation. Par conséquent en terme de performance une faible variation des paramètres a été constaté ; répondant ainsi à la principale question de la SEEN qui est la qualité de l'eau fournie, en plus sa respect les recommandations de l'OMS avec une faible minéralisation.

Mots clés :

1. Eau potable,
2. Fleuve Niger
3. Jar test,
4. Turbidité

ABSTRACT

Niamey, Niger's capital is located in base zone. With an unproductive layer which undergoes nitrate pollution, she turned towards the treatment of Niger river water to supply the population with drinking water. This study's main objective of assessing the performance of the treatment applied to the drinking water treatment plant Goudel. The production of drinking water is ensured by two treatment plants: the Goudel which provides 72% of the production of drinking water and the remaining 28% come from Yantala. The operation of these two units is provided by the company operating Niger water (SEEN). For quality treatment, both treatment plants use the results of the jar-test and analysis of water quality parameters (turbidity, suspended solids, organic matter). And sampling are performed on the entire processing chain taps until the consumer for the period from June to September 2015. The analysis of results; a reduction of turbidity 99.97% to 99.96% of suspended solids (SS) and 88.54% of the organic matter (OM). It appears during the study period a high consumption of reagents, because its coincided with the period of high turbidity (4749NTU) (rainy season); which generates strong operating costs, therefore in terms of performance of a small change in parameters was observed; thus meeting the main issue SEEN is the quality of water supplied, besides its compliance with WHO recommendations with low mineralization.

Keywords:

- 1.DrinkingWater,
- 2.RiverNiger
- 3.Jartest,
- 4Turbidity

Liste des acronymes

SEEN : Société d'Exploitation des Eaux du Niger

SPG : Station de Pompage de Goudel

SPY : Station de Pompage de Yantala

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

SPEN : Société des Patrimoine des Eaux du Niger

CaCO_3 : Carbonate de calcium

Ca(OH)_2 : Lait de chaux

KMnO_4 : Permanganate de potassium

H_2SO_4 : Acide sulfurique

HCl : Acide chlorhydrique

MES : Matière en suspension

MO : Matière Organique

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrie

Tca : Titre calcique

TH : Titre hydrotimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique complet

pH : Potentiel hydrogéné

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
Liste des acronymes.....	v
Liste des tableaux	ix
Liste des figures	x
I. INTRODUCTION	1
II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	3
II.1. Présentation de la structure d'accueil (SEEN)	3
II.2. Organisation de la direction technique	4
a) Au niveau de l'usine de Goudel :.....	4
b) Au laboratoire central de la SEEN :	4
II.3. Etudes d'impact environnemental	6
II.4. Mesures d'atténuation	8
II.5. Caractéristiques des eaux de surface naturelle.....	8
II.6. Les paramètres de qualité de l'eau	8
b) Matières En Suspension (MES).....	9
c) Couleur	9
d) Odeur	9
e) Saveur	9
f) Température	9
g) Conductivité et Solides Dissous Totaux (TDS).....	9
h) PH	10
i) Teneur en chlorures	10
j) Teneur en matières organiques	10
k) Chlore résiduel (libre et total)	10
l) Le Titre Hydrométrique (dureté).....	11
II.7. la bactériologie.....	11
II.8. Traitement de l'eau	11
a) Présentation de la clarification :	12

b) Traitements physiques :	12
c) Traitements physico-chimiques :	12
d) Coagulation/floculation :	13
e) Décantation	13
f) Filtration.....	14
g) Choix du coagulant.....	15
h) Coagulant utilisé.....	15
i) Détermination du taux optimum.....	15
j) La désinfection.....	16
k) Critères de potabilité.....	16
l) Normes des eaux potables.....	17
III. Matériel et Methodes.....	18
III.1. Méthodologie générale de l'étude.....	18
III.2. Situation géographique	19
III.3. Description de la station de traitement.....	19
III.4. Les mécanismes de production de l'eau potable	20
a) L'exhaure	21
b) Les bassins de prédecantation.....	21
c) le répartiteur.....	21
d) Les décanteurs	21
e) Les filtres	22
f) Les bâches	22
g) Le refoulement.....	22
III.4. Synoptique.....	22
III.5. Le prélèvement d'échantillons.....	23
III.6. Analyse des échantillons.....	23
III.7. Analyses physico-chimiques.....	23
a) Turbidité (ou limpidité)	23
b) Les Matières En Suspension (MES), et leur couleur.....	24
c) La Conductivité et les Solides Dissous Totaux (TDS)	24
d) Le pH et la température.....	25
e) Le chlore résiduel	25
f) L'alcalinité	26
g) La matière organique.....	26

h) La dureté de l'eau.....	26
i) Dosage de nitrite.....	27
j) Autres paramètres chimiques.....	28
III.8. Analyses bactériologiques.....	28
a) Technique de la membrane filtrante.....	28
b) Bactéries sulfite-réductrices.....	29
III.9. Traitement des données.....	29
IV. RESULTATS ET DISCUSSION.....	30
IV.1. Caractéristiques des eaux brutes et traitées.....	30
a) Variation du pH.....	30
b) Variation de la conductivité.....	31
c) Variation de la Turbidité.....	32
d) Matière Organique.....	33
e) Matières En Suspension.....	33
f) Autres paramètres.....	34
g) Bactériologie.....	36
IV.2. Performance de la station de traitement.....	36
a) Performance des bassins.....	36
b) Performance des décanteurs.....	37
c) Performance des filtres.....	38
d) Performance globale.....	39
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	42
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	I
ANNEXES.....	IV

Liste des tableaux

Tableau I : liste des aspects environnementaux de la station de pompage de Goudel.....	6
Tableau II: quelques valeurs de conductivité en fonction de la qualité de l'eau	10
Tableau III: normes de quelques paramètres physico-chimiques et bactériologiques	17
Tableau IV: résumé bactériologie	29
Tableau V: valeur moyenne des paramètres des eaux.....	30
Tableau VI: résultats des autres paramètres pour le mois de Juin	35
Tableau VII: résultats des autres paramètres pour le mois de Juillet.....	35
Tableau VIII: résultats des autres paramètres pour le mois d'Août.....	35
Tableau IX: résultats des autres paramètres pour le mois de Septembre	36
Tableau X : Performances globales de cette étude et celles relevées dans la littérature.....	41

Liste des figures

Figure 1: organigramme de la direction technique de la SEEN	5
Figure 2: localisation de la zone d'étude	19
Figure 3 : Processus de coagulation, floculation et de sédimentation.....	14
Figure 4: Organigramme de la méthodologie générale de l'étude	18
Figure 5: schéma de chaine du traitement de la station.....	22
Figure 6 : turbidimètre.....	23
Figure 7 : appareil multi-paramètre.....	24
Figure 8 : conductimètre	24
Figure 9 : pH-mètre	25
Figure 10 : colorimètre	25
Figure 11: solution sur plaque chauffante	26
Figure 12 : compteur de colonie Figure 13 : incubateur à 44°C	28
Figure 14 : incubateur à 37°C Figure 15: milieu de culture.....	29
Figure 16: évolution du pH en fonction du temps.....	31
Figure 17 : évolution de la conductivité en fonction du temps	31
Figure 18: évolution de la turbidité	32
Figure 19: évolution de la matière organique.....	33
Figure 20 : évolution de la matière en suspension	34
Figure 21: performance des bassins	37
Figure 22: performance des décanteurs.....	38
Figure 23: performances des filtres	38
Figure 24: performance globale	40



I. INTRODUCTION

L'eau, indispensable à la vie et à tout développement économique, est l'enjeu majeur et stratégique dans de nombreux pays de la planète pour le XXI^{ème} siècle. L'environnement et la santé en dépendent totalement, aujourd'hui plus que jamais, avec une démographie galopante et une pollution sans précédent, des techniques avancées sont nécessaires pour le traitement et la distribution au profit de la population. Sans cette matière simple et complexe à la fois, la vie sur terre n'aurait jamais existé c'est donc un élément noble qu'on doit protéger pour le rendre disponible aussi bien que pour notre génération et celles à venir. C'est pourquoi l'évolution scientifique contribue à mettre au point des technologies de pointe dans la conception des stations de traitement des eaux brutes de surface ou souterraines. Ces technologies mises à la disposition de groupes spécialisés multinationaux vont pallier les problèmes de pollution qui menacent la potabilité de l'eau suite à des rejets domestiques, industriels, et agricoles couplés au changement climatique. Selon les estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2006), 30000 personnes par jour environ, approximativement 10 millions par an dans le monde, meurent en raison de l'insuffisance ou de la mauvaise qualité de l'eau, de son approvisionnement dans des conditions d'hygiène déplorable (Alfari, 2010).

La maîtrise de l'eau a été un enjeu capital de l'histoire des pays comme le Niger en terme de développement durable. C'est ainsi que la capitale du Niger fut transférée de Zinder (zone socle) à Niamey (zone du fleuve). Niamey est implantée sur une zone de socle avec une nappe peu productive, en moyenne 2,3 à 7,6 m³/h (Boubacar, 2010) contaminée par les nitrates (Girard, 1993) mais avatagée par son emplacement sur le fleuve Niger. Face à ces problèmes, l'Etat a décidé de traiter les eaux du fleuve Niger pour l'approvisionnement de la population de la ville. Le traitement de cette eau est effectuée par la société d'exploitation des eaux du Niger (SEEN) à travers, ses usines de traitement de Yantala et Goudel situées sur les berges du fleuve Niger, avec une production maximale de 120.000m³/jour. La station de pompage de Goudel ou a lieu notre stage, à elle seule fournie les 72% de la production totale.

En effet lors des précipitations, l'eau, ruisselle et se charge des matières en suspension, des micro-organismes parfois des éléments toxiques, qui par leurs natures et leurs concentrations peuvent être, nocives pour l'homme et les végétaux. L'eau prélevée dans un milieu naturel n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine. Elle doit être d'abord, examinée du point de vue minéralisation, turbidité, degré hydrométrique, pH, teneur en matière organique et en micro-organismes. Ces observations sont indispensables pour

définir correctement un schéma de traitement adéquat afin de ramener les teneurs des corps indésirables en dessous des taux fixés par les normes de qualité. Il s'agit de procéder à une élimination totale de ces corps indésirable pour ce qui est de la station de traitement de Goudel.

C'est dans cette optique que nous avons entrepris d'évaluer la performance du traitement de la station d'eau potable de Goudel : Niamey-Niger. La finalité de ce travail vise à évaluer la performance de l'usine de traitement des eaux du fleuve pour la consommation en premier essor. Il s'agira spécifiquement:

- de mesurer l'efficacité des filières (usines) de traitement d'eau potable
- le suivi des analyses physico-chimiques et bactériologiques avant, pendant et après le traitement

Afin d'atteindre ces objectifs, outre l'introduction ce document est structuré en trois parties : une première partie sur les généralités, la second parties sur les matériels et méthodes utilisés pour l'analyse des échantillons pour aboutir à des résultats, et la troisième partie qui parle des résultats et discussion pour finir avec une conclusion et quelques recommandations.

II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1. Présentation de la structure d'accueil (SEEN)

En 2000, une réforme a été mise en œuvre, en vue de trouver des solutions au déficit d'approvisionnement dans les centres urbains. La lettre de la politique sectorielle de l'hydraulique urbaine préconise clairement la privatisation de la gestion de l'eau potable dans les principaux centres urbains et semi urbains.

Suivant les directives de la Banque Mondiale, l'Etat a liquidé la Société Nationale des Eaux (SNE) avec la naissance de deux nouvelles entités :

- La Société des Patrimoines des Eaux du Niger (SPEN) selon la loi n° 2000-12 du 14 Août 2000. C'est un organisme public responsable de la gestion physique comptable et financière des biens et droits immobiliers du sous-secteur de l'hydraulique urbaine et semi urbaine. La SPEN est liée à l'Etat par un contrat de concession avec pour mission :
 - ✓ La gestion du patrimoine et de sa mise en valeur
 - ✓ L'élaboration et le suivi du programme d'investissement ;
 - ✓ Les travaux de réhabilitation, renouvellement et extension de l'infrastructure ;
 - ✓ La gestion des immobilisations, la recherche et levée des fonds ;
 - ✓ L'amortissement et le service de la dette ;
 - ✓ La maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre des travaux de réhabilitation et de renouvellement de l'infrastructure ;
 - ✓ La sensibilisation du public et gestion des redevances.
- La Société d'Exploitation des Eaux du Niger (SEEN) est une société privée qui a été créée en juin 2001. La SEEN est une société dont Veolia est actionnaire à 51%, 34% appartient aux privés Nigériens, 10% aux personnels et 5% à l'Etat. La SEEN est liée à l'Etat par un contrat d'affermage pour l'exploitation du service public de production, de transport et de distribution de l'eau potable à la population urbaine et périurbaine de 54 centres de toutes les régions du Niger. Les objectifs assignés à cette société sont :
 - ✓ L'exploitation du service public de production, de transport et de distribution des eaux ;
 - ✓ L'exploitation et l'entretien de l'infrastructure et du matériel d'exploitation ;
 - ✓ Le renouvellement du matériel d'exploitation, des branchements et des compteurs ;
 - ✓ La maîtrise d'œuvre pour la réhabilitation, le renouvellement et l'extension des réseaux financés sur fond propre ;
 - ✓ L'exécution de certains travaux qui lui a confié à titre exceptionnel par la SPEN ;

- ✓ La maîtrise d'œuvre déléguée pour l'extension des réseaux financés par des tiers ;
- ✓ L'étude et la justification de la nécessité de travaux de renouvellement de l'infrastructure ;
- ✓ La facturation de l'encaissement ;
- ✓ La communication et les relations avec la clientèle.

NB : ce contrat d'affermage avec l'Etat vient d'être renouvelé en Novembre 2011 pour 10 ans.

II.2. Organisation de la direction technique

La SEEN est dirigée par un directeur Général avec 4 directions dont la direction technique (DT) qui coiffe les services dans lesquels notre stage s'est déroulé.

Ces services sont chargés :

a) Au niveau de l'usine de Goudel :

- De la production d'eau potable ;
- De la gestion des produits de traitement ; d »entretien de filières de traitement d'eau potable
- Du suivi du traitement 24H/24H par les agents appelés aussi surveillants de quart ;
- Du refoulement des eaux traitées vers les châteaux d'eaux ;
- De l'établissement des rapports de production d'eau potable toutes les heures ;
- Le contrôle de certains paramètres (pH, pression, niveau des châteaux d'eau, marche/arrêt des machines...)

b) Au laboratoire central de la SEEN :

Des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux ;

- De la centralisation de l'ensemble des résultats des analyses de tous les centres d'exploitation d'eau au Niger
- De l'élaboration du budget annuel d'investissement et de fonctionnement des différents laboratoires en relation avec les responsables des laboratoires régionaux mais aussi leur approvisionnement en produits et matériels d'analyse ;
- De la formation et encadrement des laborantins et des surveillants de quart ;
- De l'exécution des travaux de contrôle qualité et d'analyses des eaux à la demande du tiers ;
- Des propositions d'amélioration de la qualité de l'eau ;
- De l'encadrement des surveillants de quart et suivi du traitement de l'eau dans les usines.

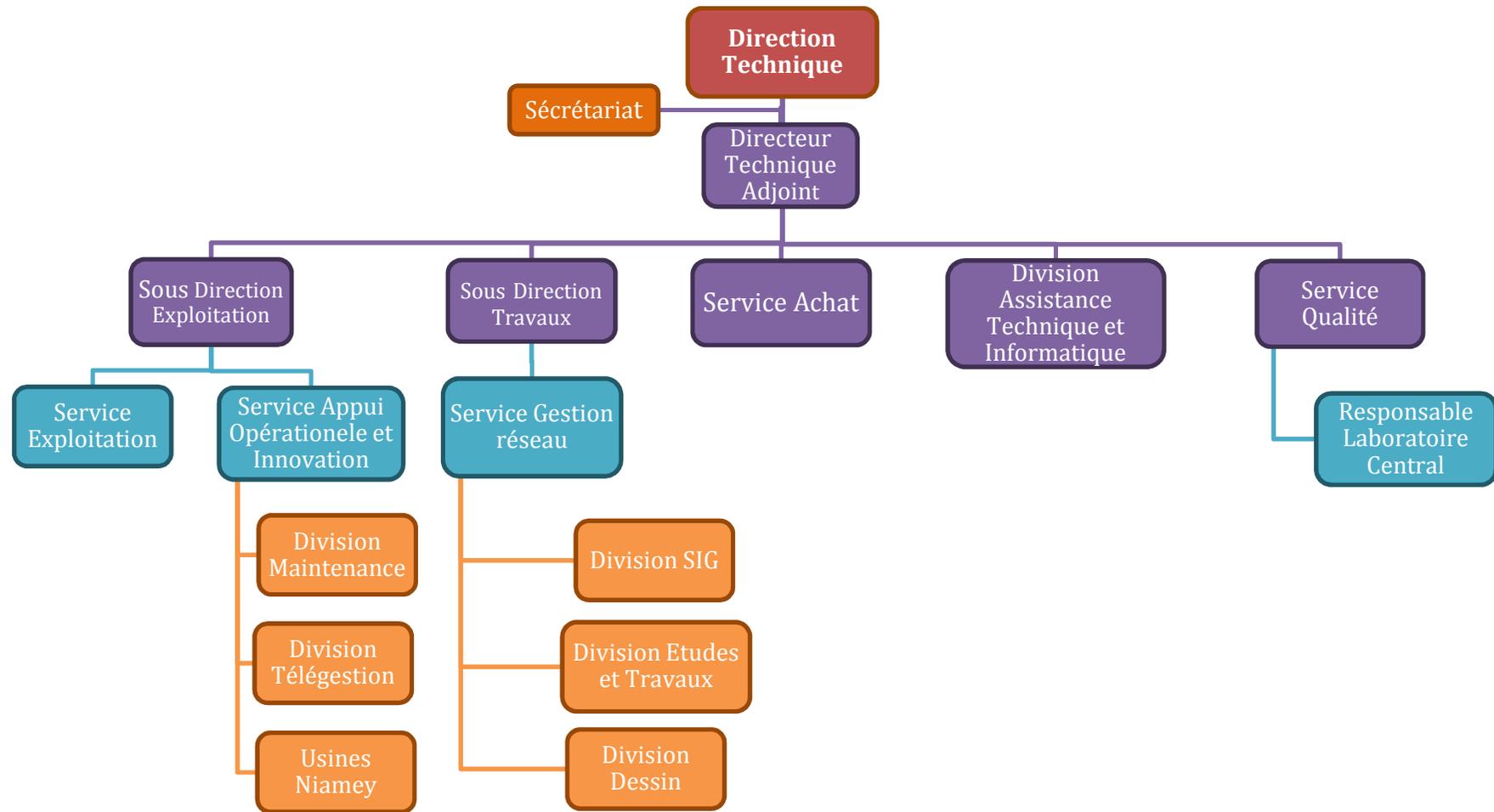


Figure 1: organigramme de la direction technique de la SEEN

II.3. Etudes d'impact environnemental

Un impact est l'effet immédiat, à moyen ou à long terme d'un aménagement, qu'il soit prévu ou pas, bénéfique ou néfaste, sur l'environnement d'accueil de l'aménagement, sa périphérie immédiate ou éloignée. Ceci nous montre que tout projet, toute modification de la nature à un impact sur l'environnement. Il est donc plus que nécessaire sur tout projet d'effectuer une étude d'impact environnemental en vue de localiser les points néfaste sur l'environnement et de trouver des solutions appropriées.

Tableau I : liste des aspects environnementaux de la station de pompage de Goudel

Bloc Fonctionnel	Aspect Environnemental	Impact Environnemental
Exhaure	Contamination des eaux de surface prélevées	Pollution de l'eau
	Consommation d'électricité des pompes d'exhaure	Diminution des ressources naturelles
	Disponibilité de la ressource en eau (cas du Niamey)	Diminution des ressources en eau Impact écologique Diminution des ressources en eau
Pré-décantation	Rejet de boues	Impact écologique Pollution des eaux de surface Impact écologique
Coagulation	Rejet de boues	Pollution des eaux de surface
Floculation		Impact écologique
Décantation		Pollution des eaux de surface Santé des populations riveraines
Filtration sur sable	Rejet des boues de lavage	Pollution des eaux de surface Impact écologique
	Bruit du système de lavage	Surdité partielle ou totale des agents
	Consommation d'électricité des pompes	Diminution des ressources naturelles
Stockage Chloration	Affaissement d'un réservoir	Blessures, effondrement de terrain, destruction des infrastructures sur site
Refoulement	Consommation d'électricité des pompes Bruit des machines	Diminution des ressources naturelles Nuisances sonores

Performance du traitement de la station d'eau potable de Goudel : Niamey-Niger

Eau produite	Non-respect des normes de qualité	Santé des populations
	Discontinuité de la production	Problème de disponibilité de l'eau
	Pénétration d'un tiers sur le site	Dégradations
Entretien du site	Consommation d'eau potable	Pollution de l'eau
	Rejet de gaz d'échappement	Diminution des ressources en eau
	Production de déchets verts	Pollution de l'aire
	Production de déchets ménagers	Pollution du sol
LABORATOIRE		
analyses	Manipulation accidentelle des produits de laboratoire	Blessure du personnel laborantin
	Consommation des produits de laboratoires	Diminution des ressources naturelle
	Consommation d'électricité	Diminution des ressources naturelle
	Rejet des eaux usées après analyse	Pollution des eaux
LOCAUX ADMINISTRATIFS		
Fonctionnement usuel des locaux administratifs	Consommation d'eau	Diminution des ressources en eau
	Consommation de papier	Diminution des ressources naturelle
	Consommation d'électricité	Diminution des ressources naturelle
	Consommation d'électricité des climatisations	Diminution des ressources naturelle
	Rejet de gaz d'échappement des véhicules	Pollution de l'air
	Néons usagés	Déchet spécial
	Production de déchets ménagers	Pollution du sol
ATELIER CENTRAL		
Maintenance des équipements	Blessure lors de manutention et de la manipulation des équipements	blessure
	Production de déchets ménagers et spéciaux (batteries)	Pollution du sol
Système d'alimentation de secours	Consommation de gasoil	Pollution de l'air
	Vidange des machines : rejet d'huiles usagées	Pollution du sol

II.4. Mesures d'atténuation

Pour les mesures d'atténuations la direction à procéder à la mise en place d'un système de management environnemental pour solutions aux impacts dû à la société sur l'environnement.

II.5. Caractéristiques des eaux de surface naturelle

Du fait de la dilution avec les eaux de ruissellement, les teneurs en substances inorganiques des eaux de surface sont généralement plus élevées que celles des eaux souterraines. Les eaux de ruissellement apportent par contre beaucoup plus de matières en suspension (argiles et débris divers) et d'acides humiques, rendant ainsi les eaux de surface plus troubles et plus colorées (ocre).

Mais c'est l'activité biologique qui donne une nette caractérisation des eaux de surface. Une gamme étoffée de vivants, allant de la bactérie à l'algue, des mammifères supérieurs aux batraciens en passant par les poissons dans toutes leurs espèces. Les arbres aquatiques et continentaux ne sont pas le reste. Il est à souligner que les algues microscopiques participent à la turbidité de l'eau et posent des problèmes délicats au cours du traitement de potabilisation.

Il résulte de l'activité biologique des teneurs en matières organiques beaucoup plus élevées dans les eaux de surface que dans les eaux souterraines (Talata, 2002).

II.6. Les paramètres de qualité de l'eau

On peut subdiviser les caractéristiques d'une eau en plusieurs catégories :

- caractéristiques physiques et organoleptiques qui peuvent être décelés directement par les sens (couleur, turbidité, MES conductivité et TDS),
- caractéristiques chimiques qui résultent des substances se trouvant en solution dans l'eau (pH, Alcalinité, Chlorures, Ammonium, Nitrates, Nitrites, Matières organiques, Titre hydrotimétrique : sel de calcium et de magnésium, Sulfates, Fer et Manganèse etc.....),
- caractéristiques bactériologiques. (Talata, 2002).

a) Turbidité (ou limpidité)

La turbidité de l'eau est due à sa teneur en matières en suspension finement divisées (argile, limon, grains de silice, matières organiques, etc.).

La présence de matière en suspension, surtout celles qui sont de nature organique, risque de masquer les micro-organismes aux effets de la désinfection ou provoquer la formation de dépôts localisés ou continus dans les conduites au cours du transport (encrassement des conduites).

b) Matières En Suspension (MES)

C'est l'ensemble des résidus solides d'origine organique ou minérale en suspension.

c) Couleur

Elle est due à la présence de matières organiques colorées, par exemple : les substances humiques, des métaux (fer, manganèse,...), ou de déchets de coloration intense (OMS, 1986). On la détermine de la même façon que les MES avec le même appareil, c'est seulement le programme qui change. On distingue la couleur apparente qui correspond à la couleur due aux substances en solution, et la couleur réelle qui est la couleur d'une eau privée de ses matières en suspension. Les colorations bleutées et verdâtres indiquent la présence d'argile colloïdale, mais ne permettent pas de préjuger de la qualité de l'eau.

d) Odeur

Toute odeur est révélatrice de pollution ou de présence d'une substance indésirable ayant pour origine :

- des métabolites des micro-organismes de l'eau ;
- des matières organiques en décomposition ;
- des résidus industriels.

e) Saveur

Elle est le plus souvent liée à l'odeur. Cependant certaines saveurs ne sont appréciées qu'à la dégustation (amère, douce, sucrée, goûts imputables à des concentrations très faibles de substances fortement sapides).

f) Température

Une eau agréable à boire doit avoir une température comprise entre 15°C et 25°C.

g) Conductivité et Solides Dissous Totaux (TDS)

La conductivité mesure la minéralisation globale d'une eau, alors que le TDS détermine la concentration en solides dissous. Elles sont déterminées à l'aide d'un conductimètre. Il convient de noter que pour l'eau de boisson, on préconise une conductivité limite < 1500µs/cm.

Tableau II: quelques valeurs de conductivité en fonction de la qualité de l'eau

Qualité	C $\mu\text{s}/\text{cm}$	Ohm.cm
Excellente	50-400	2000-2500
Bonne	400-750	2500-1250
Médiocre	750-1500	1250 à 660
Mauvaise	>1500	<660

L'élévation de la conductivité conduit à un effet laxatif. Sa valeur acceptée se situe dans la plage de 333 à 833 $\mu\text{s}/\text{cm}$ selon Talata . (2002).

h) PH

Le degré d'acidité d'une eau est caractérisée par son potentiel hydrogène (pH). Une eau acide (pH inférieur 7) entraîne la corrosion des conduites, une eau neutre à un pH égal à 7 et une eau basique (pH supérieur 7) diminue l'efficacité de la désinfection.

i) Teneur en chlorures

La forte concentration en chlorures confèrent à l'eau une saveur désagréable et est susceptible de favoriser la corrosion des canalisations et des parois des réservoirs.

j) Teneur en matières organiques

Les matières organiques favorisent l'apparition de mauvais goût qui pourrait être exacerbé par la chloration. Leur présence en quantité excessive dans un réseau de distribution permet la formation de films biologiques favorisant la reviviscence des espèces dangereuses qui avaient été inhibées par la désinfection, et affectant la qualité hygiénique de l'eau.

k) Chlore résiduel (libre et total)

Le traitement de l'eau au chlore (ou par des composés chlorés comme l'eau de javel) doit permettre de laisser subsister après 30mn de contact un chlore résiduel de 0,1 à 0,2 mg/l en fin de réseau il devra subsister des traces de chlore résiduel. Il est présent dans l'échantillon sous forme d'acide hypochloreux ou ion hypochlorite (chlore libre) réagit immédiatement avec le DPD (N,N –diéthyl-p-phénylène –diamine) pour former une coloration rouge qui correspond à la concentration du chlore.

1) Le Titre Hydrométrique (dureté)

Il donne la teneur en sel de calcium et de magnésium (carbonates, bicarbonates, sulfates, chlorures). Une eau dure entraîne l'entartage des conduites et une consommation excessive du savon.

II.7. la bactériologie

L'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir des micro-organismes pathogènes, agents d'infections humaines redoutables. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries, des champignons, des virus, des protozoaires, des algues (OMS, 1993).

La grande majorité des micro-organismes nocifs diffusent dans l'environnement aquatique par l'intermédiaire des souillures fécales humaines ou animales. La mise en évidence de ces contaminations fécales est à la base même de l'analyse bactériologique de l'eau d'alimentation humaine. Elle consiste à rechercher et à dénombrer certaines espèces, ou groupe de bactéries, les plus représentatif d'une telle contamination et dont la présence ne constitue pas un risque pour la santé on les appelle des indicateurs de contamination fécale. Par exemple : *E. Coli* est une bactérie, indicatrice de contamination fécale, sa présence laisse planer un risque celui de la présence de bactéries ou virus pathogènes d'origine fécale (salmonella, shigella, entérovirus....) (Véolia eau, 2001).

II.8. Traitement de l'eau

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, du fait de leur grande stabilité, elles n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. En général, la turbidité est causée par des particules de matière inorganique, alors que la couleur est imputable aux particules de matière organique et aux hydroxydes de métaux. En traitement des eaux, la coagulation et la floculation sont des traitements qui visent à optimiser l'élimination des particules en suspension par les procédés de décantation et de filtration. Ces traitements favorisent l'agrégation des particules colloïdales en larges et denses agrégats. Ils se déroulent en deux étapes principales à savoir la déstabilisation des particules et la collision des particules déstabilisées pour former des agrégats volumineux. La

déstabilisation et l'agrégation sont des phénomènes physicochimiques. La séparation par décantation et filtration met en jeu des phénomènes essentiellement physiques.

Dans le cas du traitement des eaux, application principale des coagulants et flocculants, de gros efforts de recherche et développement sont nécessaires pour répondre à des exigences de qualités très réglementées imposées par le renforcement permanent des contraintes environnementales. Les études menées dans les laboratoires de recherche permettent d'acquérir une connaissance précise des phénomènes physico-chimiques qui gèrent la mise en œuvre des produits et d'adapter leurs caractéristiques aux évolutions de l'application.

a) Présentation de 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 les matières minérales, et les organismes vivants du phytoplancton (algues) et du zooplancton entrent également dans cette définition. On peut distinguer deux catégories de procédés.

b) Traitements physiques :

Ils sont appliqués lorsqu'il s'agit d'une simple séparation mécanique solide-liquide, sans introduction de réactifs :

- dégrillage (si possible, grille à nettoyage automatique) ;
- tamisage (vide de maille de l'ordre de 1 mm) ;
- micro-tamisage (vide de maille de l'ordre de la dizaine de micromètres) ;
- dessablage ;
- débouage ;
- déshuilage.

Dans le domaine du traitement des eaux naturelles, ces procédés ne constituent en général qu'un préalable à un traitement physicochimique ou biologique, sauf certains cas particuliers : par exemple, micro-tamisage d'une eau ne contenant que du plancton de grande taille ; mais dans ce cas, une post désinfection énergique est indispensable pour éviter les développements ultérieurs à partir des formes de reproduction ou de résistance (œufs, kystes, spores, etc.) qui ont traversé le traitement.

c) Traitements physico-chimiques :

Ils sont nécessaires pour clarifier les eaux contenant des colloïdes, c'est-à-dire la quasi-totalité des eaux superficielles, certaines eaux de sources issues de terrains karstiques, certaines eaux

profondes contenant des acides humiques en pseudo-solution colloïdale, etc. La clarification se divisera en trois étapes :

- coagulation : déstabilisation des particules colloïdales et formation de micromicelles constituées d'hydroxyde métallique et de colloïdes ;
- floculation : rassemblement des micromicelles sous forme séparable de la phase aqueuse ;
- séparation des phases solide et liquide : décantation ou flottation filtration

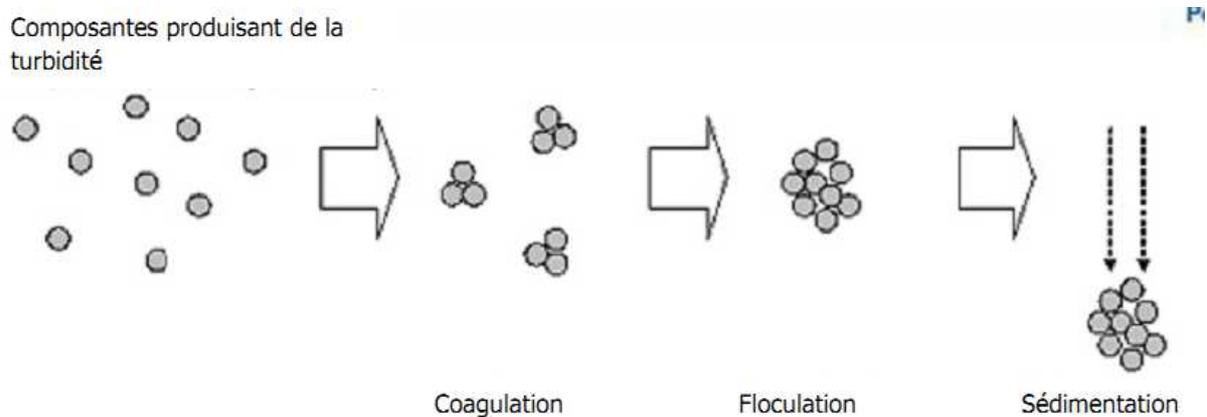
d) Coagulation/floculation :

La coagulation est l'ensemble des phénomènes physico-chimiques amenant une suspension stable de particules de très petite taille en solution - les colloïdes - à se séparer en deux phases distinctes (Benyoub et El-Magroudl, 2014). La floculation est l'ensemble des phénomènes physico-chimiques menant à l'agrégation de particules stabilisées pour former des flocons ou « flocs ». Ce phénomène est réversible, c'est à dire que l'on peut casser ces agrégats, par exemple en agitant fortement le liquide, pour retrouver la solution de colloïdes initiale. La coagulation-floculation facilite l'élimination de MES (Matières En Suspension) et des colloïdes en les rassemblant sous forme de flocs dont la séparation s'effectue par décantation, flottation et/ou filtration. C'est donc un traitement physique qui permet d'éliminer totalement ou une partie des polluants des effluents notamment les fractions particulières inertes ou vivantes, les fractions floculables des matières organiques et de certains métaux lourds, les micropolluants associés aux MES et les macromolécules colloïdales. La coagulation et la floculation sont des processus souvent indissociables. En effet, la coagulation, en diminuant les forces de répulsion entre les particules, favorise les collisions et la formation d'agrégats ; et la floculation, en permettant la croissance des agrégats accélère la séparation des phases.

e) Décantation

Une fois le floc formé, il faut réaliser la séparation solide-liquide qui permettra d'obtenir l'eau clarifiée d'un côté et les boues (particules colloïdales initiales + floc) de l'autre. On utilise en général recueille ensuite l'eau claire à la partie supérieure de l'appareil, alors qu'on soutire les boues sédimentées dans la partie inférieure : c'est la décantation. Dans certains cas particuliers, où le floc est léger, on réalise une flottation et la situation est alors inversée : les boues sont évacuées sous forme d'écume à la partie supérieure et c'est le sur-nageant, recueilli par ramifications perforées ou cloison siphonée, qui donnera l'eau traitée. Dans un

décanteur, lorsque la concentration en matières est faible, le floc formé est dispersé et chaque flocon décante comme s'il était seul : c'est la décantation diffuse. Elle est utilisée lorsque la floculation préalable a, elle aussi, été diffuse et elle est mise en œuvre dans des décanteurs statiques, les plus anciens. Lorsque la concentration en matières est plus élevée, l'abondance du floc crée une décantation d'ensemble, caractérisée par une interface nettement marquée entre la masse boueuse et le liquide surnageant : c'est la décantation en piston ou « à contact de boues ». La décantation en piston est principalement utilisée dans les décanteurs « à lit de boues » ou « à recirculation de boues », dans lesquels l'eau brute, additionnée à ses réactifs, est mise en contact avec les boues préexistantes. Dans ces décanteurs, appelés aussi « accélérés », l'augmentation de la concentration est utilisée pour améliorer la floculation elle-même. D'autre part, la formation d'un lit de boues accélère plus les vitesses de séparation que dans un décanteur statique. La décantation lamellaire, réalisée en introduisant des surfaces inclinées dans l'espace de décantation, améliore considérablement les conditions de la décantation, qu'elle soit statique ou accélérée. Enfin, on peut aussi augmenter la masse volumique apparente du floc en le lestant avec du micro-sable.



Source : <http://www.safewater.org>

Figure 2 : Processus de coagulation, floculation et de sédimentation

f) Filtration

La filtration est la dernière étape de la clarification. Elle consiste à séparer les particules solides d'un liquide à l'aide d'un matériau filtrant. L'eau est envoyée dans des bassins filtrants à travers des couches de sable. La filtration sur lit de sable élimine les derniers flocons (Benyoub et El-Magroudl, 2014). Elle consiste à faire passer l'eau à travers une

épaisse couche de sable fin, les particules encore présentes dans l'eau sont alors retenues au fur et à mesure qu'elles cheminent.

g) Choix du coagulant

Un certain nombre de paramètres doivent être pris en compte :

- température de l'eau,
- caractéristiques des eaux brutes (dont l'équilibre calco-carbonique),
- paramètres physico-chimiques à inclure ou éliminer prioritairement (turbidité et/ou Matières Organiques, par exemple),
- gestion de l'exploitation (stocks, automatisme, etc...),
- coût du produit,
- choix imposé ou "considération esthétique".

h) Coagulant utilisé

L'efficacité de la clarification dépend d'abord du coagulant utilisé. En général les coagulants les plus efficaces et utilisés sont des sels de métaux, à bases d'aluminium ou de fer (Véolia eau). L'utilisation des sels de métaux à base de fer à dose élevée induit souvent une coloration rouille de l'eau traitée: c'est le principal inconvénient de ces produits. A l'usine on utilise le Sulfate d'aluminium avec une gamme de pH d'utilisation de 5,7 à 7,2 (Optimum 6) (Benyoub et El-Magroudl, 2014) ; de formule générale $Al_2(SO_4)_3 \cdot n H_2O$. C'est un produit commercialisé livré sous forme solide en poudre.

i) Détermination du taux optimum

La coagulation et la floculation sont des phénomènes complexes, influencés par de nombreux paramètres :

- qualité des eaux (caractéristiques physico-chimiques),
- nature et structure des colloïdes,
- nature et mise en œuvre des produits utilisés;

Aussi la méthode la plus sûre et la plus rationnelle, pour déterminer dans chaque cas la nature et quantité de réactif à utiliser, s'appuiera sur l'expérimentation.

La méthode qui reproduit à petite échelle l'ensemble du processus de coagulation-floculation est celle dite du JAR-TEST, utilisé au laboratoire. Dans cette recherche du meilleur résultat possible (qui doit également tenir compte des considérations économiques), l'expérience de l'homme doit être secondée par l'essai de floculation en laboratoire (JAR-TEST), et éventuellement par la mise en œuvre d'un pilote de traitement qui sont des auxiliaires précieux.

j) La désinfection

a. Le rôle de la désinfection

La désinfection a toujours été et restera le maillon essentiel des filières de traitement des eaux de consommation. Le rôle de la désinfection est de détruire, d'inactiver, de retenir les bactéries et autres micro-organismes pathogènes et virus, dangereux pour la santé humaine. La désinfection n'est pas une stérilisation qui détruit la totalité des germes d'un milieu.

Cette étape finale fournit une eau bactériologiquement potable par injection dans l'eau d'une quantité de désinfectant suffisante pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution sans altérer le goût de l'eau.

b. Le chlore

Le chlore est de nos jours le plus employé de tous les oxydants utilisés en désinfection. La modicité de son coût, sa simplicité d'emploi, et sa rémanence dans les réseaux d'alimentation, sont les arguments principaux en faveur de son utilisation. Si son application au prétraitement de l'eau est de plus en plus contestée (formation de Trihalométhanes THM, composés cancérigènes, suite à la réaction de la matière organique avec le chlore), il reste le désinfectant privilégié en contrôle final du maintien de la qualité microbiologique. L'ajout de chlore détruit les dernières bactéries et maintient une bonne qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations. L'eau est ainsi désinfectée.

k) Critères de potabilité

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualité très stricts. Fixés par le ministère de la santé en s'appuyant sur les lignes directrices de l'OMS de potabilité d'une eau, ils portent sur :

- la qualité microbiologique : L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène.
 - la qualité chimique : Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet des normes très sévères. Ces substances sont dites "indésirables " ou "toxiques"
- Les substances indésirables : Leur présence est tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil. On peut citer par exemple le fluor et les nitrates.
- Les substances aux effets toxiques : Le plomb et le chrome en font partie. Les teneurs tolérées sont extrêmement faibles

- la qualité physique et gustative : L'eau doit être limpide, incolore, aérée, inodore et ne doit présenter ni saveur.

1) Normes des eaux potables

Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

Tableau III: normes de quelques paramètres physico-chimiques et bactériologiques

paramètres	Normes OMS
Température	Non fixée
pH	6,5 – 8,5
Turbidité	5 NTU
Couleur	15 Pt-Co
MES	500 mg/l
Conductivité	400 μ s/cm à 25°C
TDS	1000 mg/l
TAC	50 °F
MO	5 mg/l
Chlore libre	S : 0,8 – 1,3 mg/l R : 0,1 – 0,3 mg/l
Germes totaux	\leq 100 col/ml
Coliformes totaux	<3 col/100ml
E Coli	0 col/100ml
Salmonelles	0 col/5ml
Sulfito-réducteur	<1 col/20ml

Source : SEEN 2012 pour Normes OMS

NB : S= station de traitement

R= réseau

III. Materiel et Methodes

III.1. Méthodologie générale de l'étude

La méthodologie générale adoptée pour l'étude s'articule autour de 3 points :

- sur une phase préliminaire;
- une phase de collecte et de traitement des données ;
- une phase d'analyse, d'interprétation des données et de rédaction du rapport.

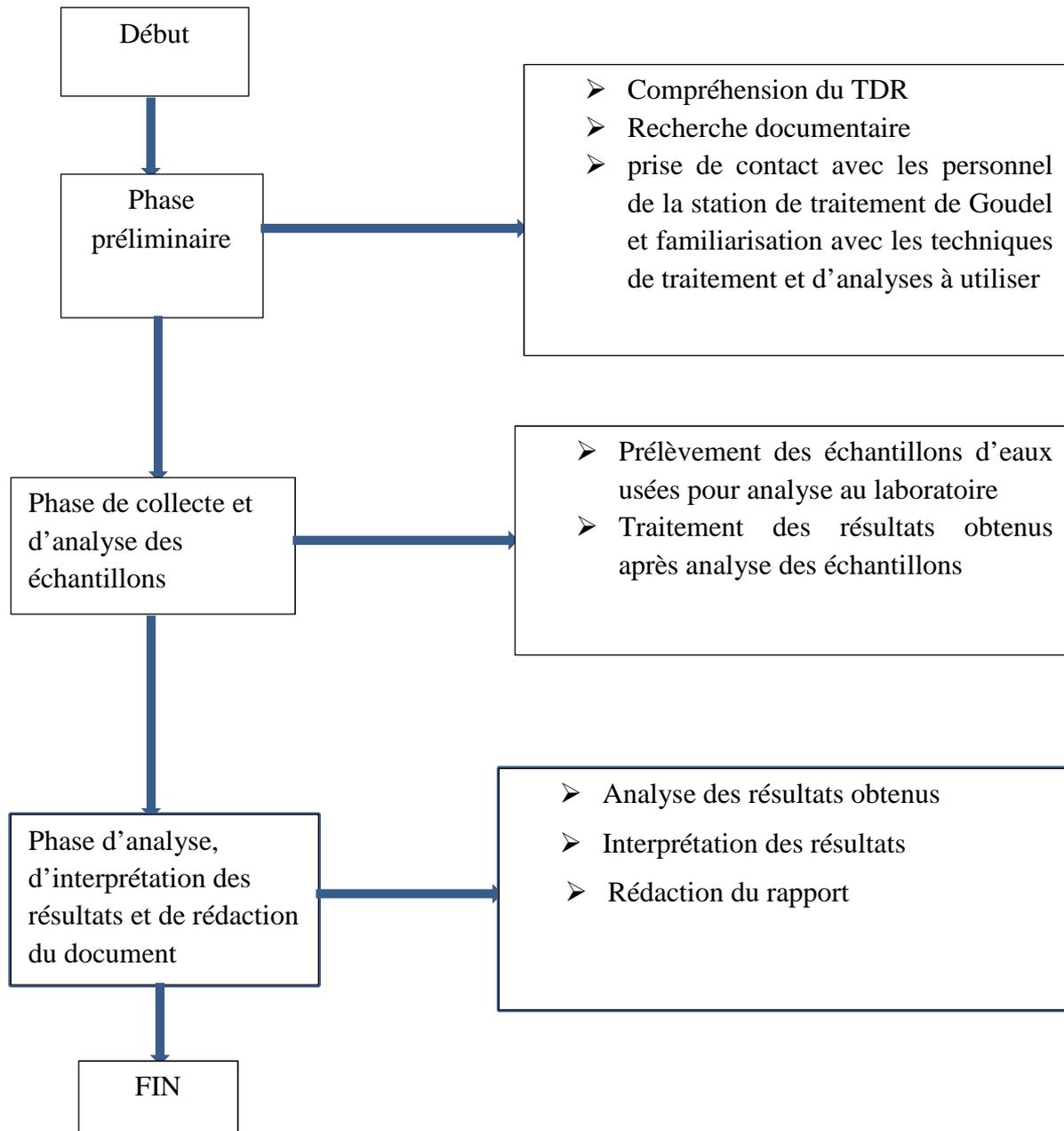


Figure 3: Organigramme de la méthodologie générale de l'étude

III.2. Situation géographique

Le Niger, pays sahélien est situé dans la partie occidentale de l'Afrique avec une superficie de 1.267.000 km². Notre zone d'étude (Niamey) est située à l'extrême Ouest du Niger avec une superficie de 239 729 km² (Motcho, 2004). Elle est comprise entre 2°03' et 2°10' longitude Est et entre 13°28' et 13°35' latitude Nord. Administrativement, Niamey s'étend sur les 2 rives du fleuve Niger avec 5 communes réparties comme suit : les quatre communes (I ; II ; III ; IV) occupant la rive gauche du fleuve et la commune V se trouvant sur la rive droite (Motcho, 2004). Avec un redécoupage administratif récemment institué, Niamey est devenue une enclave de la région de Tillabéry. La station de traitement d'eau potable de Goudel (du nom du quartier dans lequel, elle est implantée) est située au Nord-Ouest de Niamey dans la commune I sur la berge du fleuve.

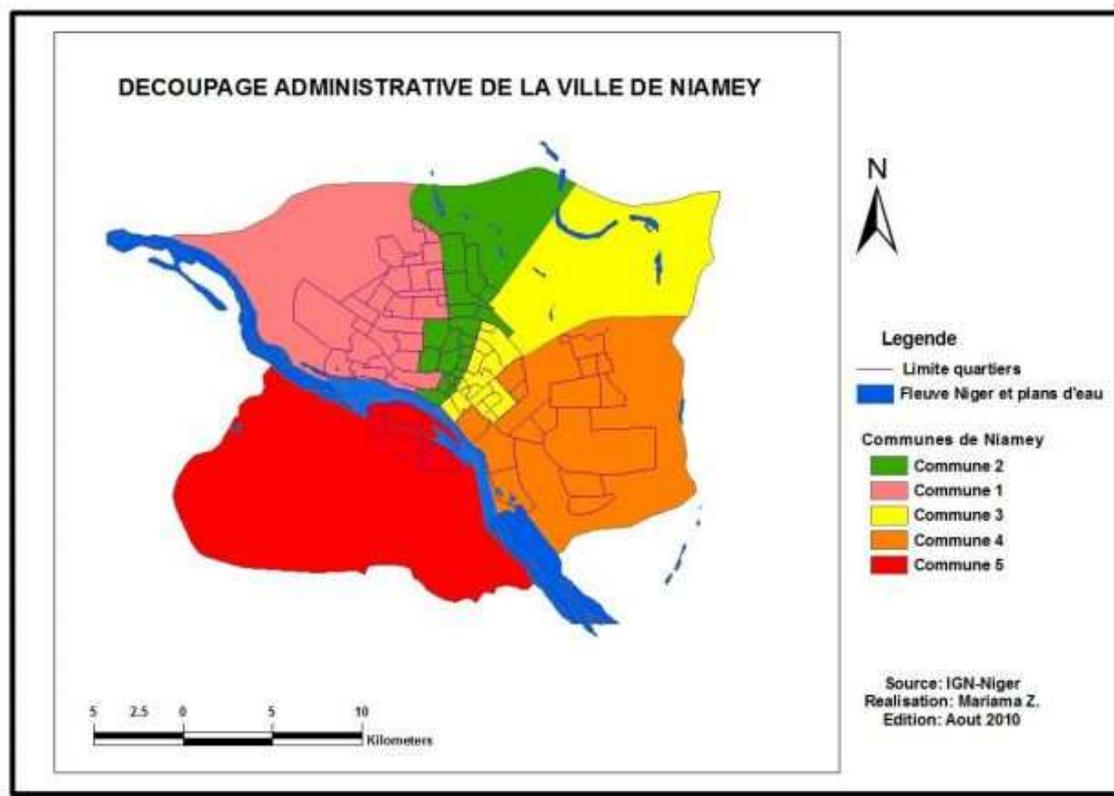


Figure 4: localisation de la zone d'étude

III.3. Description de la station de traitement

La station de traitement d'eau potable de Goudel ou a eu lieu la présente étude se situe sur les berges de la rive gauche du fleuve Niger (Niamey-Niger). Elle comprend :

- une exhaure au bord du fleuve qui permet de puiser l'eau brute pour le traitement. Elle comprend quatre pompes qui permettent de refouler l'eau brute dans les bassins de pré-décantation
- deux bassins de pré-décantation qui reçoivent l'eau venant de l'exhaure pour un prétraitement et des capacités de 10.000 m³ et 14.000m³ ;
- les effluents des bassins de pré-décantation coulent vers le répartiteur pour être distribuer dans les différents unités de traitement régler avec des vannes automatiques et manuelles ;
- la station compte trois filières de traitement des eaux : Goudel I, Goudel II, et Goudel III avec des capacités nominales 28 000, 30 000, et 30 000 m³/jour respectivement, et chaque filière à un décanteur et des filtres à sable ;
- une salle des réactifs où se fait la préparation des réactifs pour le dosage dans les filières, les pompes doseuse et le magasin de stockage des réactifs ;
- un saturateur de chaux ;
- trois bâches d'eau pour stocker les eaux filtrées afin d'effectuer la désinfection avant refoulement pour les consommateurs;
- un refoulement pour l'alimentation des châteaux de l'eau traitée ;
- une salle de télégestion pour la suivi du traitement à savoir les quantités de réactif dosé, la quantité d'eau traitées par filière, la valeur des paramètres tel que pH, turbidité..... la quantité refoulé dans les réservoirs et les niveaux d'eau dans les réservoirs ;
- un laboratoire central des analyses où se font les différents analyses et les consignes de traitement.

III.4. Les mécanismes de production de l'eau potable

L'eau représente un milieu extrêmement complexe. Outre les molécules H₂O, on y trouve des éléments minéraux (calcium, magnésium, sodium, potassium, carbonates, bicarbonates, nitrates, chlorures, fer...) provenant du lessivage. Et enfin, plusieurs éléments organiques provenant de la décomposition des plantes et des animaux présents dans le milieu ou dans les sols lessivés par la pluie. Ainsi, à l'état naturel, l'eau contient de nombreuses substances, neutres, bonnes ou mauvaises pour la santé, et qui peuvent être invisibles à l'œil nu. L'eau brute doit subir de traitement pour être bonne à la consommation. La SEEN possède deux stations de traitement ou de potabilisation de l'eau : la station de Goudel avec une capacité de 88 000 m³/jr et la station de Yantala avec 30 000 m³/jr. Une fois prélevée du fleuve Niger, l'eau va subir plusieurs types de traitement afin de la rendre propre à la consommation.

a) L'exhaure

Située au bord du fleuve à 500m des autres installations de la station, l'exhaure est la première et principale partie de l'usine. C'est à partir de l'exhaure qu'on puise l'eau brute pour le traitement. L'eau est d'abord filtrée à travers une simple grille afin d'arrêter les plus gros déchets qui s'y trouvent (feuilles, insectes, particules de plus de 1 mm). Elle passe ensuite dans des tamis à mailles fines retenant les déchets les plus petits.

b) Les bassins de prédecantation

La station de traitement compte deux bassins qui alimentent les décanteurs de la station. L'effluent de l'exhaure sont recueillis dans les bassins ; le bassin 1 reçoit les eaux de l'exhaure 1, et le bassin 2 ceux de l'exhaure 2. Le bassin 1 a une capacité de 10000m³ et le bassin 2 14000m³

Au niveau des deux bassins en saison pluvieuse, vu la charge importantes de l'eau, on injecte de l'alumine, la chaux et du polymère qui permet :

- ✚ d'oxyder des composés minéraux, les micropolluants organiques
- ✚ réduire les goûts et les odeurs, les algues, la couleur
- ✚ d'améliorer la coagulation-floculation

c) le répartiteur

Les eaux sortie des bassins de pré décantation arrive au niveau du répartiteur qui a son tour fait la répartition dans les différent filières de l'usine avec soit des vannes automatiques ou manuelle.

d) Les décanteurs

Dans l'effluent des bassins qui alimentent les décanteurs, on ajoute du sulfate d'alumine qui joue le rôle de coagulant pour rassembler les déchets flocons encore présents dans l'eau (poussières, particules de terre, œufs de poissons, etc.). Les flocons, plus lourds que l'eau, se déposent au fond du bassin de la décantation. Leur introduction modifie les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (pH, conductivité...). Le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$ est très utilisé en traitement d'eau. Les ions Al_3^+ neutralisent les colloïdes et réagissent sur les ions hydrogénocarbonates de l'eau pour former un hydroxyde d'aluminium $Al(OH)_3$. Le CO_2 libéré abaisse le pH de l'eau. Le pH et la minéralisation de l'eau jouent un rôle important dans la coagulation.



Le sel d'aluminium est livré sous forme solide en sacs.

e) Les filtres

L'effluent des décanteurs passe à travers un lit de sable qui sert de filtres. La filtration retient physiquement les particules présentes dans l'eau. Le principal mécanisme est le blocage dimensionnel fonction de l'espèce entre les grains.

f) Les bâches

L'effluent des filtres sont réceptionnés par des bâches qui permet de les stockés pour être désinfecter. On ajoute du chlore dans les bâches et différents points du réseau de distribution. Ceci permet d'éviter le développement de bactéries et de maintenir la qualité de l'eau tout le long du parcours dans les canalisations. A chaque étape du processus, un échantillon de l'eau est prélevé et analysé au laboratoire.

g) Le refoulement

L'eau potable ainsi produite est pompée dans les châteaux par des pompes de refoulement. Elle est transportée par les conduits souterrains vers les consommateurs. Pour garantir la potabilité de l'eau après le robinet, la SEEN organise des modules de formations et des sensibilisations à l'hygiène de l'eau et de la santé. L'eau potable est le résultat d'un long processus au cours duquel une succession d'opérations techniques à haute valeur ajoutée sont mises en œuvre. Il est évident que la production de l'eau potable est coûteuse.

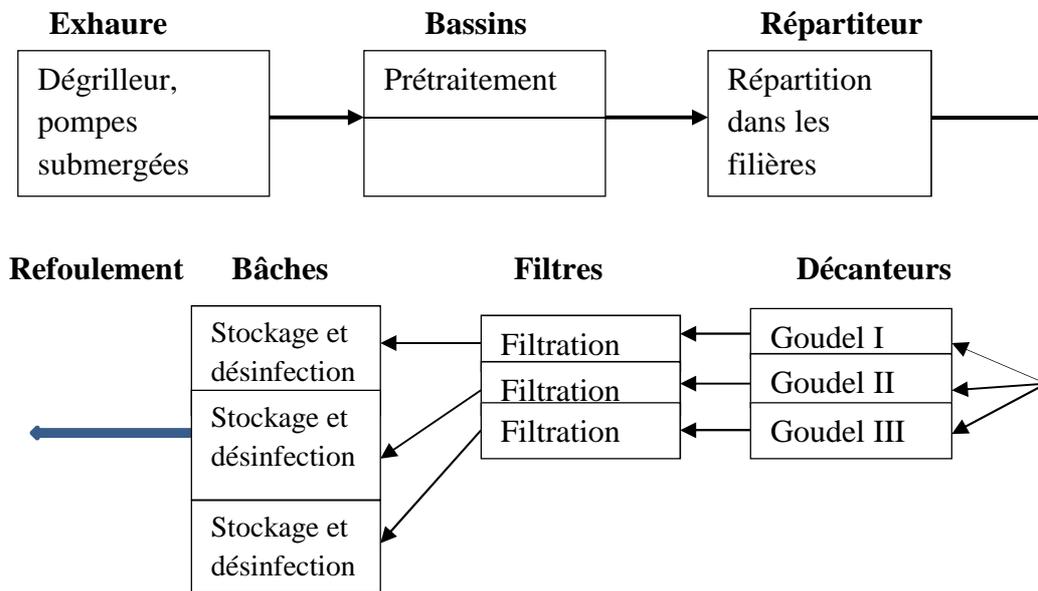


Figure 5: schéma de chaîne du traitement de la station

III.4. Synoptique

La télégestion permet une gestion à distance à temps réel et continue. Les surveillants de quart (agent qui traitent l'eau) contrôlent le traitement de l'eau à travers un ordinateur. En effet, les

éléments comme, le niveau des châteaux d'eau en ville et des bassins de rétention, la mise en marche/arrêt des pompes d'exhaure et de refoulement sont gérés à distance ainsi que les données sur les paramètres physico-chimique (pH, turbidité, pressions etc.).

III.5. Le prélèvement d'échantillons

Deux sortes de prélèvement ont été effectuées pour les analyses au laboratoire :

- le prélèvement sur la station qui se fait chaque jour dans l'intervalle 07h-08h. Les surveillants de quart doivent faire un prélèvement sur les trois décanteurs avec 3 béchers de 500 mL chacun, un bidon de 15 litres pour l'eau brute au niveau du bassin 1 pour effectuer le jar test et les autres analyse physico-chimique et un bécher pour l'effluent des bassins au répartiteur
- le prélèvement sur le réseau de distribution qui concerne la station de reprise jusqu'au consommateur avec des flacons de 500 ml. Ces échantillonnages sont effectués deux fois par semaine pour voir la qualité de l'eau desservie à la population.

III.6. Analyse des échantillons

Des méthodes standard sont utilisées pour les analyses physico-chimiques et bactériologiques avec des matériels et appareils standard aussi.

III.7. Analyses physico-chimiques

a) Turbidité (ou limpidité)

La mesure de la turbidité se fait à l'aide du turbidimètre. Elle est à lecture directe, après introduction de l'échantillon à analyser dans la cuvette de 10ml placé au fond du puits de mesure. Son unité est le NTU. Concentration Maximal Admissible (CMA) =5 NTU.



Figure 6 : turbidimètre

b) Les Matières En Suspension (MES), et leur couleur

La mesure MES a été faite avec le HACH DR 1900, un appareil à multi paramètres de longueur d'onde de 810 nm. Il consiste à calibrer l'appareil avec le blanc (eau distillée) suivi de la mesure de l'échantillon dans une cuvette de 25 ml. Sa mesure s'exprime en mg/l. La couleur a été déterminée avec le même appareil que les MES, avec un changement de programme.



Figure 7 : appareil multi-paramètre

c) La Conductivité et les Solides Dissous Totaux (TDS)

La conductivité et les TDS a été déterminée à l'aide d'un conductimètre Consort C561. L'échantillon à analyser est placé dans un bécher où est plongée la sonde du conductimètre rincé auparavant à l'eau distillée. La lecture est faite après stabilisation du chiffre affiché. Son unité est le $\mu\text{s}/\text{cm}$. La valeur du TDS du même échantillon a été obtenue par un simple changement de paramètre (appuyer sur mode et choisir TDS ensuite appuyer sur cal). Ils se mesurent en mg/l. La Concentration Maximale Admissible pour la conductivité est $=2000 \mu\text{s}/\text{m}$.



Figure 8 : conductimètre

d) Le pH et la température

Le pH et la température ont été déterminés à l'aide d'un pH-mètre le Consort C6030 qui possède deux sondes : une en verre constituée d'une électrode en verre fine à travers laquelle peuvent diffuser seulement les ions H⁺ et l'autre pour la température. Les sondes ont été ainsi rincées avec de l'eau distillée et plongée dans l'échantillon. Ensuite on lit la valeur du pH et de la température une fois stabilisation de la lecture.

CMA : entre 6,5 et 8,5



Figure 9 : pH-mètre

e) Le chlore résiduel

La détermination du chlore résiduel se mesure à l'aide d'un colorimètre Pocket Chlorimeter II qui possède deux cuvettes de 25ml. On met dans une des cuvettes de l'échantillon d'eau à analyser qui servira de blanc et l'autre l'échantillon à analyser. On introduit le blanc dans le puits de l'appareil pour calibrer, ensuite on place la cuvette de l'échantillon contenant le DPD et on lit la valeur.



Figure 10 : colorimètre

f) L'alcalinité

Nous avons déterminé l'alcalinité par titrage avec de l'acide sulfurique N/10. 100ml d'échantillon dans un bécher ont été ajoutés 3 gouttes d'indicateur coloré et on procède au titrage avec l'acide.

g) La matière organique

La mesure de la matière organique s'est fait par titrage avec le permanganate de potassium. 100ml d'échantillon dans une erlenmeyer plus 5ml d'acide sulfurique (50%) ont été portés à ébullition, ensuite on ajoute 15ml de permanganate de potassium qu'on laisse bouillir pendant 10 mn sur une plaque de chauffage. Après le chauffage nous avons ajouté 15ml de sel de Mohr pour décolorer ensuite on procède au titrage au permanganate de potassium.

Dosage de la matière organique :

- prendre 100ml de l'échantillon et ajouter 5ml d'acide sulfurique [H_2SO_4] à 1mol/l, mélanger et mettre sur plaque chauffante jusqu'à ébullition à $97\pm 3^\circ C$
- ajouter 15ml de la solution fille $KMnO_4$ à 2mmol/l, la couleur devient rose, laisser chauffer sur la plaque chauffante (10min)
- après 10min, ajouter 15ml de la solution fille d'oxalate de sodium($Na_2C_2O_4$) à 5mol/l, la couleur devient transparente
- titrer avec $KMnO_4$ à 18mmol/l jusqu' au virage de la couleur à la rose pale (claire)

V_e : volume d'échantillon

V_{t1} : volume titré la première fois

V_{t2} : volume titré la deuxième fois

La CMA pour la matière organique = 5mg/l.



Figure 11: solution sur plaque chauffante

h) La dureté de l'eau

La mesure de la dureté a consisté à :

Prendre 10ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 50ml, ajouter 1ml de solution tampon à pH=10, mélanger puis ajouter le noir d'Eriochrome (NET), et quand la couleur vire au rose, titrer avec l'éthylène diamine tétra acétique (EDTA) 10 mol/l jusqu'au virage au bleu.

$TH = \text{volume d'EDTA titré} \times 10$

Détermination du TH_{Ca} : on prend 10 ml de l'eau à analyser en lui ajoutant 3 gouttes de la solution de KOH pH=12 (coloration violet), plus l'indicateur coloré (coloration bleu fin du titrage).

En milieu très basique (pH=12) le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde ; il ne reste en solution que le calcium qu'on peut alors doser facilement.

Calcul du Titre Hydrométrique Magnésien TH_{Mg}

$$TH_T = TH_{Ca} + TH_{Mg} \quad (2)$$

$$TH_{Mg} = TH_t - TH_{Ca} \quad (3)$$

i) Dosage de nitrite

Le dosage du nitrite s'est fait par :

- prélevé 10ml de l'échantillon à analyser dans une cuve ronde,
- mettons le réactif Nitra Ver 5 dans la cuve contenant l'échantillon,
- appuyer sur la minuterie pour une période de 1 minute durant laquelle on agite énergiquement la cuve
- après la fin de la minute, appuyer de nouveau sur l'icône représentant la minuterie pour une période de 5 minutes. Une coloration ambre apparat nitrate,
- lorsque la minuterie retentit, prélever 10 ml de l'échantillon dans une autre cuve qui servira de blanc,
- essuyer bien l'extérieure de la cuve et l'introduire dans le puits de l'appareil, puis appuyer sur zéro
- dans les 2 minutes après le retentissement de la minuterie, essuyer bien l'extérieure de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le puits de l'appareil, appuyer sur lire et lire le résultat qui s'affiche.

Laissez reposer 20 min.

Faire la lecture au spectrophotomètre avec la courbe adéquate et la CMA pour le nitrite=0.1mg/l

j) Autres paramètres chimiques

La détermination de ces paramètres s'est faite à la fin de chaque mois. Il s'agit des nitrates, des nitrites, des sulfates, des potassiums, des calciums, des fers, des arsenics, des sulfures, et du fluor. On utilise le même appareil HACH DR 2400 avec la même méthode standard avec changement de réactifs, pour :

- le Nitrate on a Nitra Ver 5
- le Nitrite on a Nitri Ver 5
- le Fer on a Ferro Ver
- l'Arsenic on As 1, 2 et 3
- le Potassium on a Pot 1, 2 et 3
- le sulfate on a Sulfa Ver
- l'aluminum on a Alu Ver

III.8. Analyses bactériologiques

a) Technique de la membrane filtrante

C'est la technique utilisée pour la bactériologie. Elle consiste à filtrer un volume donné d'échantillon à l'aide d'une rampe de filtration à travers une membrane en ester de cellulose de porosité de $0,45\mu\text{m}$. Toutes les bactéries éventuellement présentes dans l'échantillon sont retenues à la surface de la membrane. Cette membrane est ensuite déposée sur des milieux de culture appropriés et l'on met à incuber aux températures voulues. Après le temps d'incubation, déterminé selon le germe recherché, on compte le nombre de colonies caractéristiques qui se sont développées à la surface de la membrane.



Figure 12 : compteur de colonie Figure 13 : incubateur à 44°C

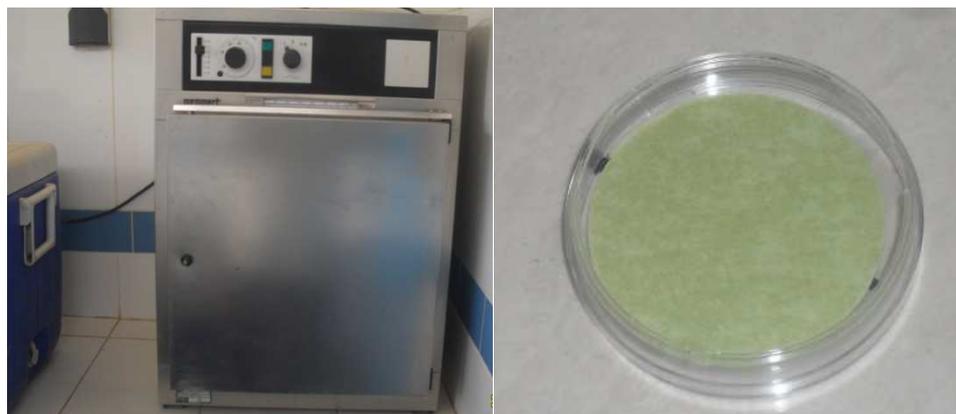


Figure 14 : incubateur à 37°C

Figure 15: milieu de culture

Tableau IV: résumé bactériologique

Nom du micro-organisme recherché	Milieu de culture	Filtre approprié	Volume d'eau analysé	Température d'incubation/temps
Germes totaux	Standard TTC	Filtre vert	1 ml	37°C pendant 24 heures
Streptocoques fécaux	Azide	Filtre vert	100 ml	37°C pendant 24 heures
<i>E coli</i>	Tergitol	Filtre jaune	100 ml	44°C pendant 24 heures
salmonella	Bismuth sulfite	Filtre vert	ml	37°C pendant 24 heures

b) Bactéries sulfite-réductrices

Le mode opératoire consiste à tremper le tube à gélose viande foie (milieu de culture) dans l'eau chaude pour le rendre liquide. Ensuite on homogénéise 2 ml d'échantillon dans le milieu de culture puis incubation à 37°C pendant 48 heures. La présence de Sulfite-réducteurs se manifeste par l'apparition des colonies noires.

III.9. Traitement des données.

Le logiciel Microsoft Excel 2010 a été utilisé pour le traitement des résultats obtenus lors de l'étude. La formule de l'abattement des paramètres est donnée par l'expression :

$$\text{Abattement}(X) = \frac{(X_{\text{entrée}} - X_{\text{sortie}}) * 100}{X_{\text{entrée}}}$$

X étant le paramètre

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1. Caractéristiques des eaux brutes et traitées

Le tableau V ci-dessous résume les valeurs moyennes et l'écart type de l'ensemble des paramètres de pollution de l'influent brut et l'effluent de la station de traitement de Goudel. Les caractéristiques de ces eaux sont à discuter dans les paragraphes qui suivent.

Tableau V: valeur moyenne des paramètres des eaux

Paramètres	Eau brute		Eau traitée		Nombre d'échantillon n	Normes OMS standards
	moyenne	Ecart Type	moyenne	Ecart Type		
Turbidité (NTU)	2532,08	1621,02	1,24	0,88	105	5
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	67,57	9,50	133,51	15,87	105	400
pH (-)	7,28	0,20	7,12	0,21	105	6,5- 8,5
Chlore résiduel (mg/l)	0,00		1,40	0,48	105	0,8 -1,3
Titre alcalimétrique (mg/l)	0,00	0	0	0	105	0
Titre Alcalimétrique Complet (mg/l)	3,98	1,3	1,99	0,56	105	2,2
Matières organiques (mg/l)	7,1	3,20	0,9	0,30	105	5
Matière En Suspension (mg/l)	1083,82	786,06	0,46	0,90	105	500
Couleur	>550		4,84	9,84	105	15
TDS			68,11	7,28	105	1000
Germes Totaux			0,29	0,6	105	<100
E. Coli			0		105	0

a) Variation du pH

La figure 16, montre l'évolution des valeurs de pH de l'effluent brut, des décanteurs, des bassins et de l'eau traitée. Le pH de l'eau varie au cours de l'étude de 6,6 à 7,72 pour l'eau brute et 6,29 à 7,88 pour l'eau traitée avec des valeurs moyenne respectivement 7,28 et 7,12. Le pH est un facteur d'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau. Les valeurs obtenues sont meilleures que les résultats trouvés par Coulibaly (2005). Les faibles valeurs de pH (pH minimal de 6,10) enregistrés sont celles de l'effluent des décanteurs. D'après des études menées par Achour et Guesbaya (2005), l'ajout du sulfate d'alumine comme coagulant dans le traitement peut diminuer le pH. Pendant la saison pluvieuse, les valeurs du pH de l'eau brute sont proches de la neutralité. Cela peut être dû à la dilution de l'eau du fleuve au cours de la saison des pluies. Par ailleurs, on note un équilibre du pH à 7 dans l'effluent des baches, qui s'explique par l'ajout de la chaux pour équilibrer le pH. Les résultats obtenus

montrent que les valeurs du pH de l'eau traitée respectent les normes établies par l'Organisation Mondiale de la Santé.

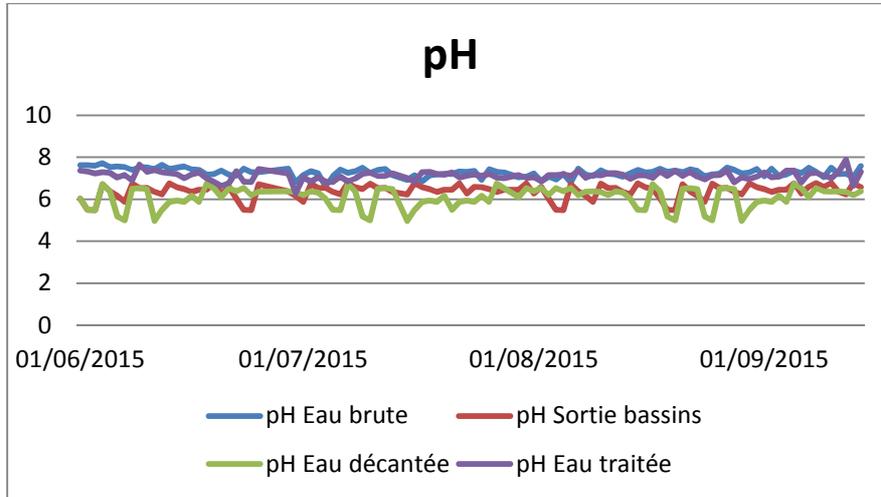


Figure 16: Evolution du pH en fonction du temps

b) Variation de la conductivité

Les conductivités des influents de la station sont très variables et basses avec des valeurs moyennes de 67,57 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et des valeurs maximales et minimales respectivement de 95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 28 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cependant, elles sont plus élevées en moyenne dans les eaux traitées mais moins variables, avec une moyenne de 133,51 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la sortie. Ceci montre que l'eau brute est faiblement minéralisée, mais après traitement cela donne une eau peu minéralisée avec un bon goût. Cette augmentation peut être due à l'utilisation du sulfate d'alumine comme coagulant, ces valeurs sont similaires de celles trouvées par Alfari (2010). En général les valeurs de conductivité de l'eau traitée respectent les normes fixées par l'OMS.

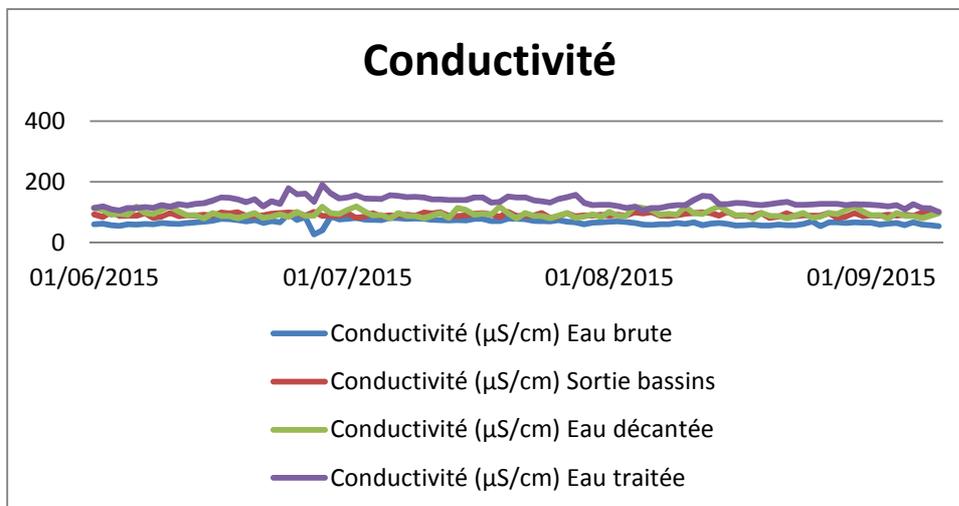


Figure 17 : Evolution de la conductivité en fonction du temps

c) Variation de la Turbidité

La turbidité est un paramètre physique très important pour le contrôle de qualité des eaux. D'après la figure 18, la turbidité de l'eau brute varie entre 29,1 et 5393 NTU, celle de l'effluent des bassins entre 19,9 et 87 NTU, pour les décanteurs 2,3 et 27,4 NTU et pour l'eau traitée de 0,14 et 4,26 NTU (voir annexe 5). Le plus important effet lié à la santé qui caractérise la turbidité est probablement sa capacité de protéger les bactéries et les virus contre la désinfection (Thayer et al, 2007). Pendant la saison des pluies, avec le phénomène de ruissellement, les eaux de pluies apportent avec elles des boues, des débris de végétaux, de cadavres d'animaux, rendant ainsi l'eau du fleuve très boueuse et contient des matières en suspension. Ce qui nécessite à chaque fois (en particulier après un événement pluvieux important) un changement du taux de traitement après essai de jar test au laboratoire. La variation de la turbidité pour l'eau traitée qui va de 0,14 à 4,26 NTU montre l'efficacité du traitement classique à base du $Al_2(SO_4)_3$, appliqué à la station de Gourel qui est entre autres la coagulation, la floculation, la décantation et la filtration. Car il permet une élimination quasi-totale de la turbidité soit 99,98%. Ces valeurs sont similaires de celles trouvés par Alfari (2010).

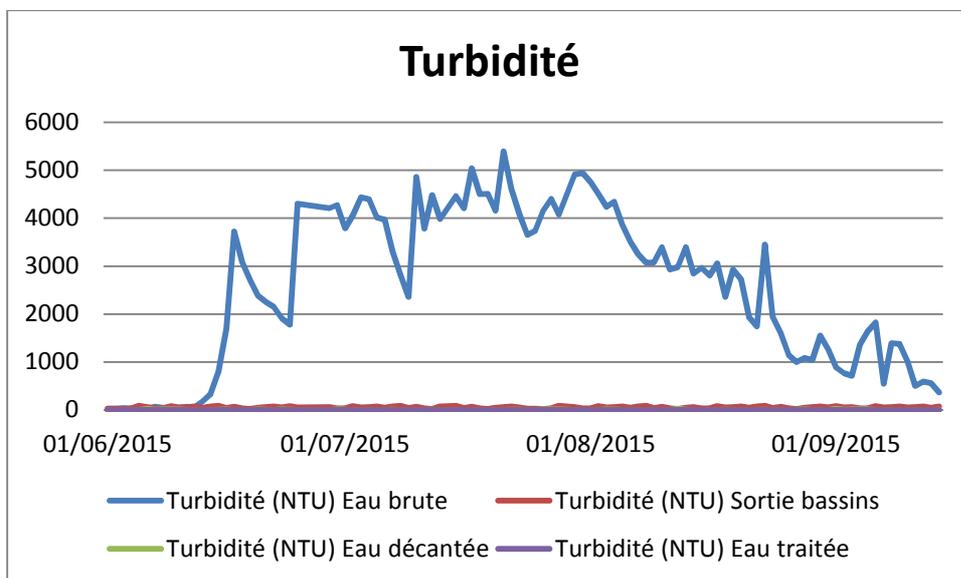


Figure 18: Evolution de la turbidité

d) Matière Organique

La figure 19 montre la variation de la matière organique au cours de l'étude. L'allure de la courbe de la matière organique de l'eau brute présente des pics significatifs avec une valeur maximale de 13,7 mg/L, et pour l'eau traitée une quasi constance des valeurs de l'ordre de 1,8 mg/l. Ces pics relatent particulièrement les périodes de recharge du fleuve en eaux de ruissellement. Ces valeurs sont similaires à celles trouvées par Alfari (2010).

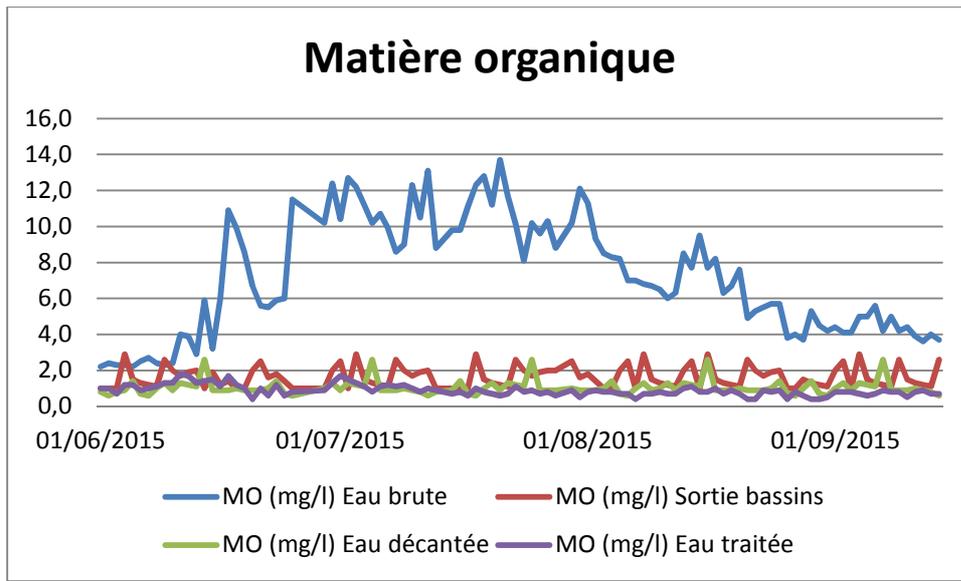


Figure 19: Evolution de la matière organique

e) Matières En Suspension

La figure 20 montre la variation en fonction du temps de la matière en suspension de l'eau brute, l'effluent des bassins, des décanteurs et l'eau traitée. Les analyses effectuées sur l'eau brute de Goudel donnent des concentrations en MES comprises entre 17 mg/L et 3290 mg/L avec une moyenne de 1083 mg/L. Les faibles concentrations observées dans l'effluent des bassins en MES peuvent s'expliquer par le prétraitement réalisé à l'amont notamment dans les bassins de la station. Ces systèmes de prétraitement réduisent considérablement les concentrations en MES de l'eau brute. Cependant, la variation de la concentration en MES dans les effluents des décanteurs est pratiquement faible, avec des concentrations moyennes en MES de 6,35 mg/L. Dans l'eau traitée, la valeur moyenne est de 0,45 mg/l. La teneur en matières en suspension des eaux est fonction de la nature du terrain traversé. Les valeurs des matières en suspension en période de crue (hiver) sont élevées par rapport à celles de la période d'étiage. Ceci est dû à des pluies abondantes qui entraînent une très forte érosion des terrains au voisinage du fleuve Niger (lessivage des sols). Cette remarque est en accord avec plusieurs études effectuées ailleurs (Azzaoui, 1999 ; Makhoukh et al, 2011).

Ces valeurs sont similaires à celles enregistrées par la station de Goudel (2014) et supérieures à celles enregistrées par la station de Yantatla (2013) au Niger.

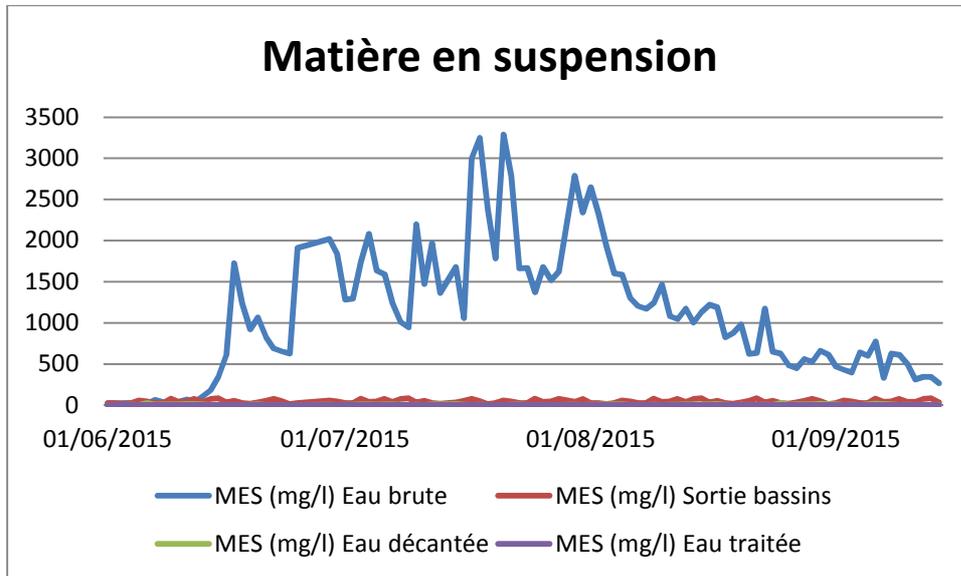


Figure 20 : Evolution de la matière en suspension

La matière organique, la matière en suspension et la turbidité sont entièrement liées aux eaux de ruissellement. Les fortes pluies provoquent une importante recharge du fleuve en MO et MES. Du coup l'usine est amenée à augmenter voire même doubler les produits de traitement de l'eau brute. La variation de MES des eaux brutes et traitées est différente. Ce qui économiquement fait grever les dépenses de l'unité de production.

f) Autres paramètres

Les tableaux VI, VII, VIII, et IX montrent les résultats obtenus des analyses des autres paramètres (nitrate, nitrite, sulfate, potassium, fluor, chlorure, magnésium, soufre). Dans l'influent brute, l'absence de nitrate, nitrite, sulfate, potassium et fluor a été constatée, mais après traitement la présence en faible quantité de ces paramètres est constatée. Une diminution en concentration de dureté, magnésium, du chlorure et du soufre. La présence de chlorure dans les eaux est due le plus souvent à la nature des terrains traversés lors du ruissellement des eaux pluviales (Kouidri, 2006). En effet, la plupart des métaux dans les eaux de ruissellement sont majoritairement associés aux matières en suspension ou aux colloïdes (Makepeace et al, 1995). Tout procédé visant à éliminer la turbidité et les matières en suspension dans l'eau impliquerait une diminution considérable des métaux (N'Diaye et al, 2013). Ces résultats sont similaires à ceux enregistrés par la station de Yantala (2014).

Tableau VI: résultats des autres paramètres pour le mois de Juin

paramètres analysés	EB	ETG	Normes OMS
TH (mg/l)	60	40	400
Ca (mg/l)	11	15	100
Mg (mg/l)	10,8	3,1	30
Cl (mg/l)	16	6	250
NO3 (mg/l)	0	7	50
NO2 (mg/l)	0	0,012	0,2
SO4 (mg/l)	0	41	200
K (mg/l)	0	4	12
Fe (mg/l)		0,017	
F (mg/l)	0	0,4	1,5
S (mg/l)	1	0	1

Tableau VII: résultats des autres paramètres pour le mois de Juillet

paramètres analysés	EB	ETG	Normes OMS
TH (mg/l)	67	39	400
Ca (mg/l)	10	13	100
Mg (mg/l)	70	4	30
Cl (mg/l)	15	7,5	250
NO3 (mg/l)	0	6,8	50
NO2 (mg/l)	0	0,015	0,2
SO4 (mg/l)	0	27	200
K (mg/l)	0	5	12
Fe (mg/l)	3	0,18	
F (mg/l)	0	0,26	1,5
S (mg/l)	1,5	0	1

Tableau VIII: résultats des autres paramètres pour le mois d'Août

paramètres analysés	EB	ETG	Normes OMS
TH (mg/l)	73	52	400
Ca (mg/l)	13,2	14,8	100
Mg (mg/l)	9,6	3,6	30
Cl (mg/l)	85	17	250
NO3 (mg/l)	0	8,8	50
NO2 (mg/l)	0	0,0264	0,2
SO4 (mg/l)	0	29	200
K (mg/l)	0	4,9	12
Fe (mg/l)	3,24	0,01	
F (mg/l)	0	0,16	1,5
S (mg/l)	1,11	0,002	1

Tableau IX: résultats des autres paramètres pour le mois de Septembre

paramètres analysés	EB	ETG	Normes OMS
TH (mg/l)	57	42	400
Ca (mg/l)	8	14,4	100
Mg (mg/l)	68	3,36	30
Cl (mg/l)	13	9	250
NO3 (mg/l)	0	8,8	50
NO2 (mg/l)	0	0,01	0,2
SO4 (mg/l)	0	35	200
K (mg/l)	0	3,5	12
Fe (mg/l)	2,6	0,012	
F (mg/l)	0	0,39	1,5
S (mg/l)	0,89	0	1

g) Bactériologie

Le dénombrement bactériologique révèle la présence des germes totaux dont les mesures varient au cours de l'étude de 0 à 1 germe totaux et une moyenne de 0,05 au niveau de la SPG, une valeur supérieure à celle recommandée par l'OMS (≤ 100 colonies par ml) sur tous les sites de prélèvement. Cette diminution peut être due en partie au chlore résiduel qui accompagne l'eau traitée jusqu'aux consommateurs. L'analyse des mesures sur l'eau traitée pour la recherche d'*E coli*, des sulfito-réducteurs et des salmonelles lors du stage montre que l'eau servie par la SEEN est débarrassée de toutes ces bactéries nuisibles. La température intervient aussi dans les caractéristiques microbiologiques de l'eau potable, car elle influence d'une part les procédés de traitement des eaux, en particulier la désinfection, et d'autre part, la croissance microbienne (Amandine, 2010). Une température élevée peut favoriser des goûts et odeurs désagréables. Elle peut aussi dissiper l'effet du désinfectant résiduel et accélérer la corrosion (Boureima, 1991). Ces résultats concordent avec ceux trouvés par Alfari (2010). Elle respecte les normes établies par l'OMS.

IV.2. Performance de la station de traitement

a) Performance des bassins

Le figure 21 présentent les moyennes des paramètres organiques à l'entrée et à la sortie des bassins et les rendements épuratoires. Les rendements épuratoires moyens observés en terme de turbidité, matière en suspension et de la matière organique sont respectivement de 97,77% ; 95,93% et 77,11%. L'abattement de la turbidité est plus élevé avec un pic de 98% dans le mois d'Août. Une turbidité élevée favorise l'augmentation

en nombre de certaines bactéries dans le réseau de distribution, tel que démontré par Power et Nagy (1999). L'abattement en termes de la matière organique filtrée est meilleur par rapport à celui trouvé par Coulibaly (2005). Cependant, les rendements en MES sont extrêmement faibles. Les bassins ont un bon rendement sur la diminution des charges cela peut être dû au respect des dosages des réactifs.

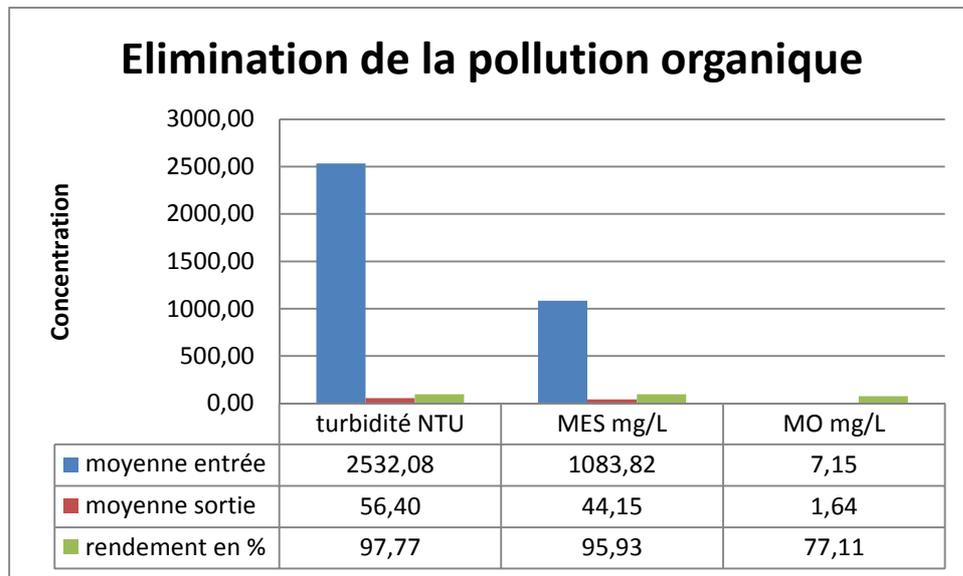


Figure 21: Performance des bassins

b) Performance des décanteurs

La figure 22, présente l'élimination des pollutions organiques par les décanteurs et les rendements obtenus au cours de l'étude. Les rendements sont en moyenne de 89,07% pour la turbidité; 85,62% pour la matière en suspension et 35,63% pour la matière organique. Ces performances d'élimination sont similaires à celles trouvées par Alfari (2010) sur la station de Goudel, et supérieures aux rendements d'élimination enregistrés au niveau de la station de Yantala (2014) au Niger. Les décanteurs ont une bonne performance dans le processus de la clarification de la chaîne de traitement de la station de Goudel.

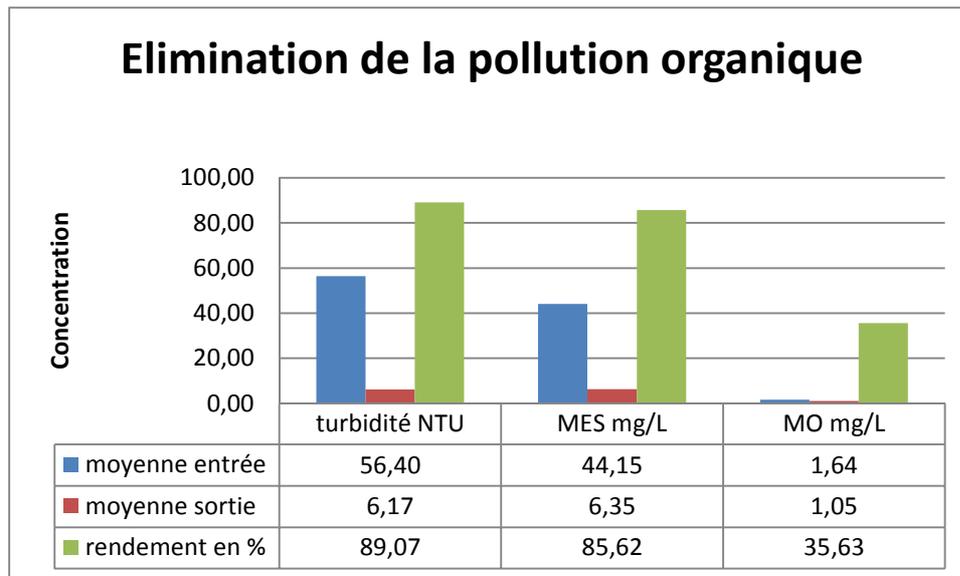


Figure 22: Performance des décanteurs

c) Performance des filtres

La figure 23 montre le taux d'abattement des filtres, presque 88% de la turbidité qui arrivent sur les filtres sont éliminées, 85% de la matière en suspensions et 48% de la matière organique. Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées par Kouidri (2006) lors de son étude réalisé sur l'étude de traitement de l'eau du barrage Djorf_Eltorba, et similaire à celles trouvées par Alfari (2010).

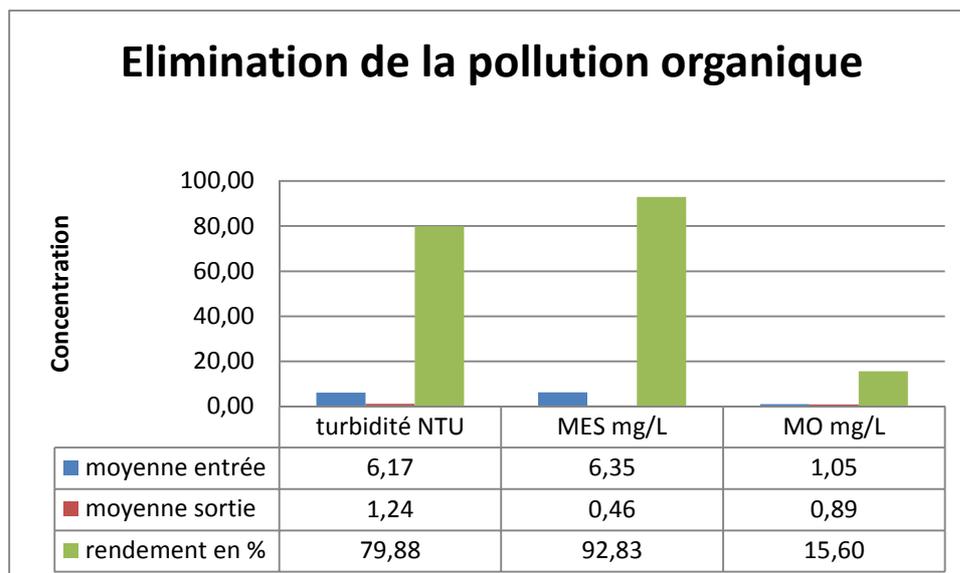


Figure 23: Performances des filtres

d) Performance globale

Les abattements des paramètres de pollution de la station de traitement de Goudel varient de façon significative suivant le paramètre considéré comme le montre la figure 24. Globalement nous avons obtenu une élimination quasi complet des matières en suspensions qui est de l'ordre de 99,96% comme abattement ce qui nous a permis d'avoir 99,97% de taux d'élimination de la turbidité donc une clarification nette de l'eau traitée, pour la matière organique 88,54%. Les matières organiques présentes dans les eaux de surface engendrent des problèmes comme la détérioration de la qualité organoleptique, un développement bactérien dans les conduites du réseau de distribution (Le Chevalier, 1990; Clark et *al*, 1993). En moyenne 0,75mg/l pour le chlore résiduel. L'intérêt recherché ici est d'avoir un taux de chlore résiduel pouvant assurer le maintien du réseau de distribution contre toute éventuelle contamination par les microorganismes jusqu'à chez le consommateur. Les valeurs des abattements obtenus pour cette étude sont en conformité avec celles enregistrées par la station de Goudel pour l'année 2014. Sur le plan bactériologique, des rendements épuratoires de 100% en *E. Coli*, ainsi que des rendements de 99,999% pour les coliformes fécaux ont été obtenus avec des moyennes d'abattement allant jusqu'à 2,74 $\mu\log$ pour les coliformes fécaux de façon générale et spécifiquement 2,37 $\mu\log$ pour les germes totaux, ces valeurs sont similaire à celles trouvées par Alfari (2010). Le chlore contribue en moyenne à 99,99% dans l'abattement des bactéries. La station présente une bonne élimination des coliformes fécaux. Cependant, les performances d'abattement restent supérieure aux performances enregistrées par Coulibaly (2010) sur la station d'eau potable de Bamako. Toutes ces valeurs respectent les normes de potabilisation établies par l'OMS. Cela peut être dû à la qualité des réactifs utilisés dans le processus de traitement sur la station de Goudel.

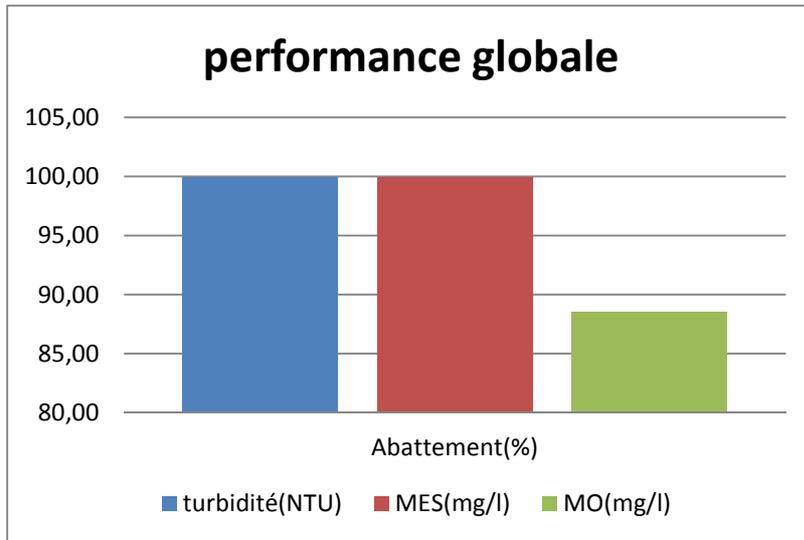


Figure 24: Performance globale

Le tableau X présente les performances du traitement de cette étude et celles relevées dans la littérature.

Performance du traitement de la station d'eau potable de Goudel : Niamey-Niger

Tableau X : Performances globales de cette étude et celles relevées dans la littérature

Localisation	Rendement en %									Reference
	Turbidité	MES	MO	Ca	Mg	Cl	K	Fe	CF	
Niger	99,9	99,9	88,5	-36,36	71,30	62,5	-53,85	99,68	99,99%	cette étude
Niger	99,85	99,72	73,10	-34,12	62,5	80	-52,11	99,69	99,98%	Alfari (2010)
Niger	98,71	99,34	71,19	-35,06	70,25	61,90	-52,05	99,70	98,99%	Yantala (2014)
Mali	92	93	78	-37	45	88	-57	90	98,99	Coulibaly K (2010)
Algérie	96	97	79	-24	68	79	-35	89	98,79	Koudri (2006)

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a permis de faire le suivi des performances du traitement des unités de traitement de la station d'eau potable de Goudel. Elle s'est faite sur la base des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Au terme de l'interprétation de nos données obtenues au laboratoire, il relève que l'eau traitée à la SPG respecte les normes OMS mais est faiblement minéralisée. Ainsi, lors du traitement, les paramètres physico-chimiques tels que la turbidité est réduite de 99,97% en moyenne, alors que les MES ont une réduction de 99,96% en moyenne, les MO de 88,54% en moyenne. Les autres paramètres (conductivité, TDS, pH) qui doivent rester constants, dépendent étroitement des produits ajoutés pour traiter l'eau brute donc tributaires à la qualité de l'eau brute.

Au terme de cette étude qui porte sur la performance du traitement de la station d'eau potable de Goudel: Niamey-Niger, nous pouvons dire que l'eau potable livrée par la SEEN est conforme aux normes de potabilité de l'OMS tant du point de vue physico-chimique que bactériologique.

Toutefois nous recommandons :

- la sécurisation de l'usine par les forces de l'ordre ;
- le recrutement des surveillants de quart pour augmenter le nombre par équipe;
- l'augmentation du nombre d'équipes qui se relaient ;
- la mise en place d'un système de gestion des boues (compostage, énergie, etc.) ;
- la mise en place d'un système de réutilisation de l'eau de détassage des filtres ;
- la réflexion sur l'utilisation des méthodes physiques de prétraitement de l'eau brute ;
- la réflexion sur l'utilisation des moyens naturels de désinfection de l'eau traitée.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Abdoulaye Demba N'Diaye, Ousmane Thiam, Mohamed Ould Sid'Ahmed Ould Kankou, Khalid Ibno Namr turbidité et matières en suspension dans l'eau: application à l'évaluation des métaux contenus dans l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal : Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin 2013, pp. 93-105

Achour S. et Guesbaya N. (2005) : coagulation-floculation par le sulfate d'aluminium de composés organiques phénoliques et de substances humiques. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 04, Juin 2005, pp.153-168

Achour S. (1997). Optimisation des étapes de clarification au cours du traitement des eaux de surface algériennes, Trib. de l'Eau (Cebedeau), 587, 3, 35-39.

Alfari A ; (2010) Evaluation des performances du système de traitement des eaux du fleuve pour la population 60p

Benyoub A ; et Fatima Z (2013) mémoire de fin d'étude « Traitement des eaux usées par coagulation-floculation et décantation 96 pages

Bonkougou P A (2010) : Efficacité de la désinfection des eaux au chlore 44p

Boubacar H.A., (2010) aquifères superficiels, profond et pollution urbaine en Afrique : cas de la communauté urbaine de Niamey (Niger) 249p

Cisse B (1992): Etude des performances de deux unités expérimentales de déferrisation des eaux au Burkina Faso 80p

Clark R.M., Goodrich J.A., Wymer L.J. (1993). Effect of the distribution system on drinking water quality, J. Water SRT-Aqua, 42, 1, 30-38.

Coulibaly K (2005): Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de Bamako 69p

Girrad ; (1993) technique isotropique (15N ; 180) appliquée à l'étude des nappes, des altérites et du socle fracturée de l'Afrique de l'Ouest, l'Ouest du Niger 80p

Hawa S. (2001) : analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001

Hudson HE. (1962). High- quality water production and viral disease. J. Am. Water Works Assoc., 54, 1265.

Kouidri Née Belala Zohra (2006) : Etude de traitement de l'eau du barrage Djorf-Eltorba de la Wilaya de Bechar 128p

LE Chevalier M.W. (1990). Coliform regrowth in drinking water: a Review, J. Am. Water Works Assoc., 82, 11, 74-86.

Makepeace D.K., Smith D.W., Stanley S.J. (1995). Urban Stormwater quality: summary of contaminant data. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 25(2), 93-139

Makhoukh M., Sbaa M., Berrahou A., Van Clooster M. (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental), 9, 149-169

Motcho K.H. ; (2004) la reforme communale de la communauté urbaine de Niamey (Niger) : revue de géographie alpine 98 124p

OMS ; (1986) charte d'Ottawa

OMS ; (1993) directive de qualité de l'eau de boisson. Vol 3 ; contrôle de la qualité de l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement 120p

Power, K.N. et Nagy L.A., 1999. Relationship between bacterial regrowth and some physical and chemical parameters within Sydney's drinking water distribution system. Water Research, 33: 741-750.

Pierre Mouchet. Traitement des eaux avant utilisation. Matières particulières. Technique d'ingénieur. G 1 170.

Sardi K ; mémoire de fin d'étude « contrôle de la qualité de l'eau de la station d'hémodialyse de l'EHU » 76 pages

Talata D. ; (2002) paramètres physico-chimique et bactériologique 37p

Tardat-Henry M., et Beaudry J.P., (1984) chimie des eaux, le griffon d'argile 340p

Thayer BB., Riahi K., Boudhara H. (2007). « Élimination de la turbidité par oxygénation et filtration successives des eaux de la station de Sfax (Sud de la Tunisie) » Revue des sciences de l'eau, vol. 20, n° 4, 355-365.

Site internet

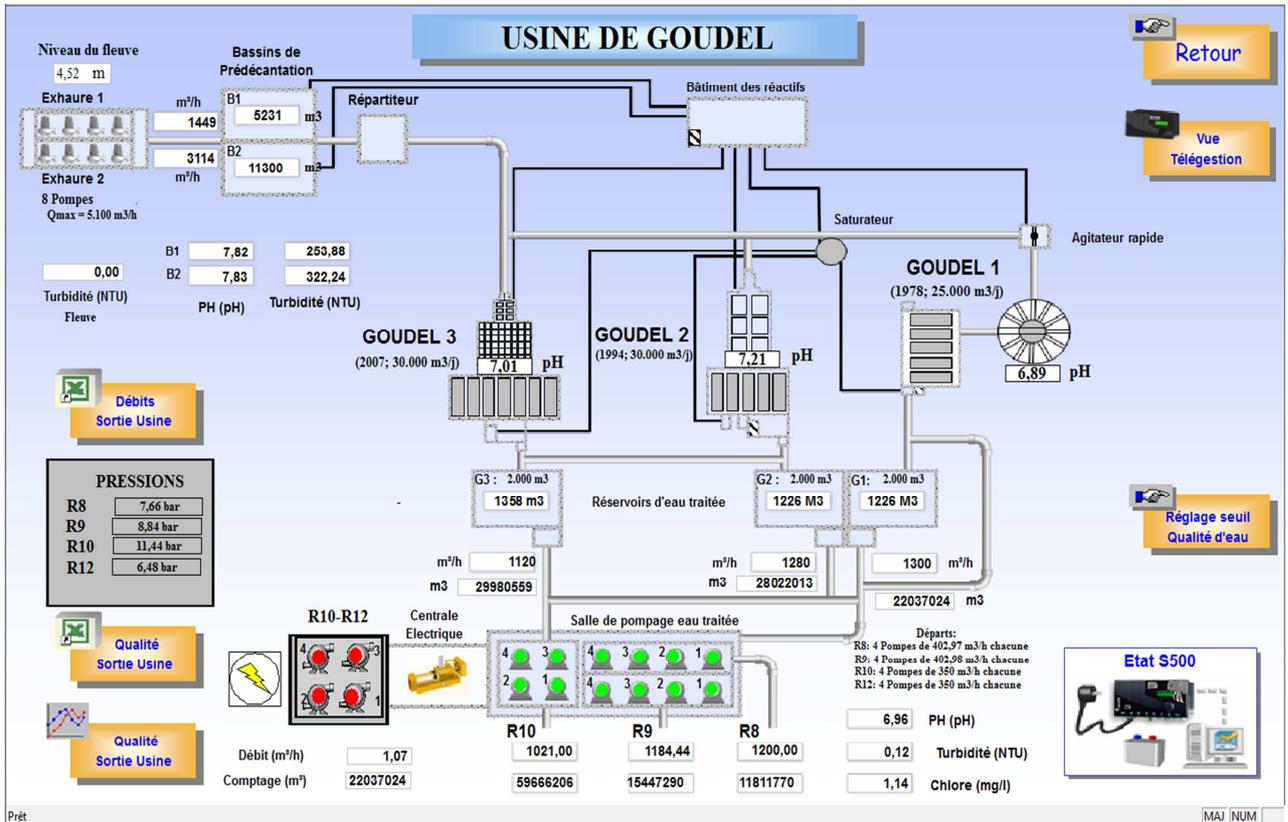
<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/index-fra-php> (15/08/2015)

[1] fiche ressources N3-les différentes étapes de traitement de l'eau : http://colleges.planete-tp.com/IMG/pdf/fiche_ressource_n03_cle889a33.pdf p2, 3,4 (20/08/2015)

<http://www.safewater.org> p12 (08/10/2015) Traitement des eaux conventionnel : coagulation et filtration

ANNEXES

Annexe 1 : schéma général du traitement à l'usine de Gouel



Annexe 2 : processus du Jar Test

- Prélever en 1 fois le volume nécessaire d'eau brute (seau) pour effectuer tous les essais de floculation envisagés en veillant à ce que la température de l'eau reste représentative. S'assurer que les réactifs sont prêts.
- Homogénéiser l'eau brute avant le remplissage de chaque bécher
- Remplir chaque bécher avec 1 litre d'eau brute mesuré à l'éprouvette graduée
- Régler l'agitation rapide entre 150 et 200 tr/min (160 tr/min conseillé)
- Prendre les pipettes graduées avecet prélever la solution de sulfate d'alumine avec les doses souhaitées
- Injecter immédiatement dans chacun des béchers les doses souhaitées de coagulant
- Déclencher le chronomètre
- Maintenir l'agitation rapide pendant 2 minutes (fourchette tolérée 2 à 3 minutes)
- Réduire la vitesse d'agitation à 45 tr/min
- Maintenir l'agitation lente pendant 20 minutes
- A la 10^{ème} minutes des 20 minutes d'agitation lente, injecter le polymère
- A la fin des 20 min arrêter l'agitation, relever les agitateurs et déclencher le chronomètre pour la décantation pour une durée de 30 min
- Après les 30 min, transvasées (prélever une quantité d'eau décantée surnageant à environ 5- 6 cm sous le niveau d'eau décantée) avec précaution sans laisser passer les floes, puis la recueillir dans des flacons de prélèvement
- Procéder aux diverses analyses avec l'eau des flacons : turbidité, oxydabilité et pH

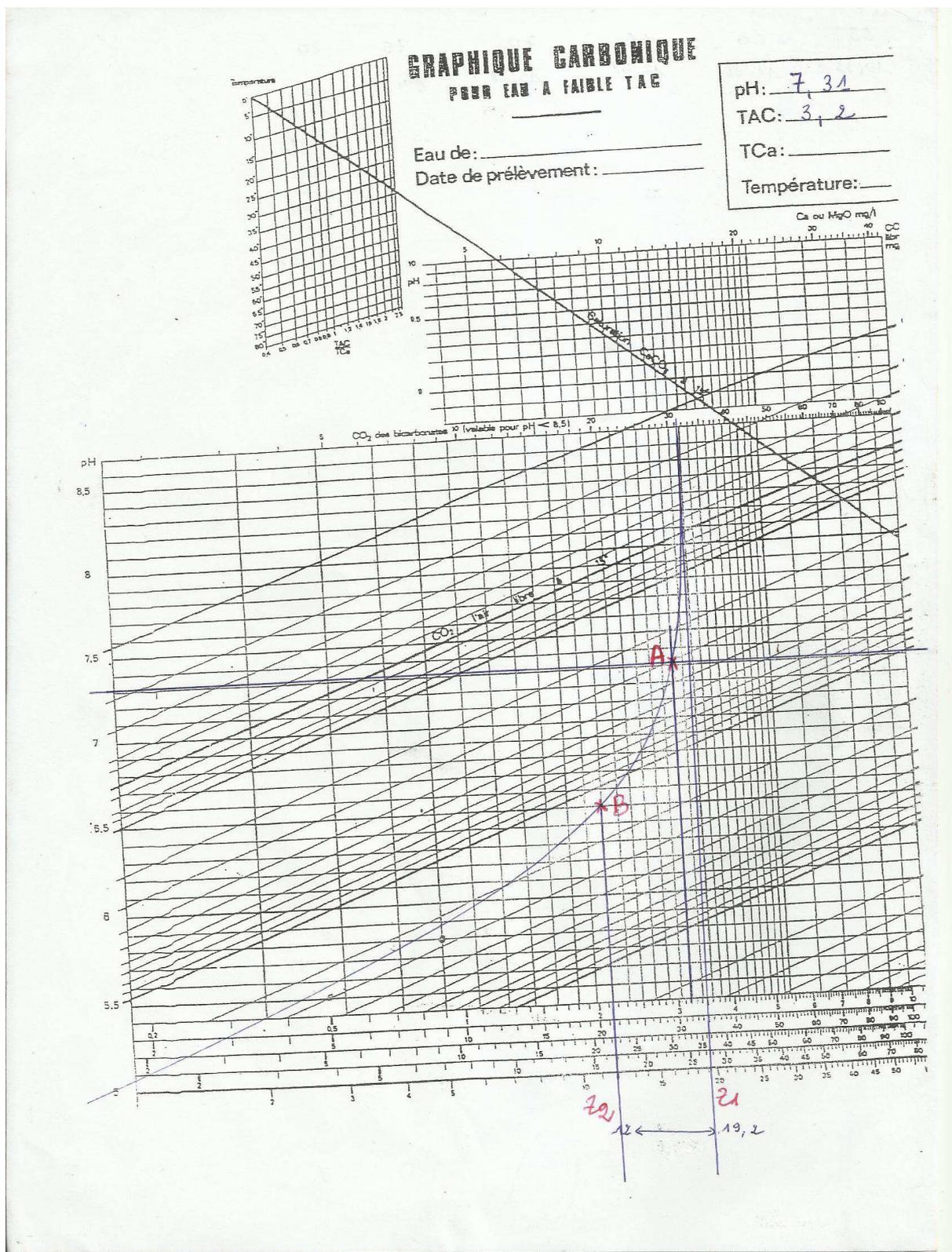
Annexe 3 : Détermination graphique des chaux (équilibrante et en tête)

Dans le but de corriger le pH acide causé par l'ajout de sulfate d'alumine lors du traitement, la SEEN utilise de la chaux équilibrante de formule $C_a(OH)_2$. La détermination de cette dernière est effectuée par la méthode de J. Hallopeau et Ch. Dubin à partir du graphique carbonique.

Ça consiste à :

- La détermination sur le graphique le point d'intersection du pH et le TAC de l'eau brute noté A,
- Partir du point A on trace la courbe standard à l'aide d'un abaque ; la tangente à cette courbe coupe l'axe de CaO en Z_1
- Ensuite sur la courbe standard on place le point B ayant comme pH celui de la décantation (6,5). La projection orthogonale de B sur l'axe CaO donne Z_2 (voir annexe
- Enfin le taux de chaux équilibrante est calculé à partir de la formule : $C_a(OH)_2 = 1,32 \times [Z_1 - Z_2]$ avec 1,32 le rapport entre $C_a(OH)_2$ et CaO
- Enfin le taux de chaux en tête est calculé par : $Ch_t = 1,32 \times \left(\frac{S_t}{4} - (5,6 \times TAC_{EB}) + TAC_{pH_{floc}}\right)$

Performance du traitement de la station d'eau potable de Gouel : Niamey-Niger



Annexe 4 : quelques photos de la station et matériels



Bassin 1



Bassin 2



Répartiteur



salle des réactifs



Saturateur de chaux



Filière Goude I

Performance du traitement de la station d'eau potable de Goudel : Niamey-Niger



Filière Goudel II



décanteur Goudel II



Filière Goudel III



décanteur Goudel III



Filtres

Annexe 5 : résultats des analyses de l'étude

Turbidité

Mois	Date	Turbidité (NTU)				
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée	
Juin	01/06/2015	31	28,3	2,03	0,57	
	02/06/2015	30,9	31,70	9,00	0,28	
	03/06/2015	39	19,90	8,00	0,79	
	04/06/2015	31,0	34	7	0,48	
	05/06/2015	36,7	87	9	0,52	
	06/06/2015	29,1	62,2	27,4	0,21	
	07/06/2015	70,5	33,40	8,94	0,86	
	08/06/2015	49,6	36,00	13,90	0,87	
	09/06/2015	44,2	79,7	14,7	1,03	
	10/06/2015	46	54	15,5	0,33	
	11/06/2015	72,2	65,19	8	0,8	
	12/06/2015	59,9	78	12,00	1,27	
	13/06/2015	183	48,25	11	0,67	
	14/06/2015	336	76,47	9	0,69	
	15/06/2015	788	87	6,65	2,2	
	16/06/2015	1700	45,57	12,37	0,65	
	17/06/2015	3723	67,15	13,30	3,05	
	18/06/2015	3082	34,54	9	2,37	
	19/06/2015	2707	23,34	11,75	2,6	
	20/06/2015	2385	47,12	12,37	2,41	
	21/06/2015	2253	65	5,915	0,83	
	22/06/2015	2150	76	8	0,72	
	23/06/2015	1915	58	12,37	1,55	
	24/06/2015	1777	84,14	6,66	0,60	
	25/06/2015	4302	56,32	4,97	0,71	
	29/06/2015	4208	62,2	13,3	0,92	
	30/06/2015	4271	33,40	12,37	3,99	
	Juillet	01/07/2015	3790	36,00	8,12	4
		02/07/2015	4064	79,7	4,07	3,92
		03/07/2015	4431	54	3,43	2,22
04/07/2015		4395	65,19	4,02	3,13	
05/07/2015		4016	78	5	2,73	
06/07/2015		3971	48,25	9	2,62	
07/07/2015		3308	76,47	6	1,29	
08/07/2015		2825	87	4,3	1,01	
09/07/2015		2360	45,57	5,23	1,19	

Performance du traitement de la station d'eau potable de Gouhel : Niamey-Niger

Mois	Dates	Turbidité (NTU)			
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée
Juillet	10/07/2015	4858	67,15	8	0,69
	11/07/2015	3785	34,54	9	0,63
	12/07/2015	4480	23,34	6,32	0,87
	13/07/2015	3980	76,47	15,6	0,63
	15/07/2015	4462	87	11,43	1,32
	16/07/2015	4209	45,57	12,23	2,34
	17/07/2015	5040	67,15	12,12	0,62
	18/07/2015	4503	34,54	13,1	0,76
	19/07/2015	4508	23,34	14,23	0,92
	20/07/2015	4154	47,12	13,12	1,27
	21/07/2015	5393	65	14,21	0,64
	22/07/2015	4614	76	17,42	0,76
	23/07/2015	4087	58	16,65	4,26
	24/07/2015	3647	28,3	15,43	0,92
	25/07/2015	3735	31,70	15,12	0,61
	26/07/2015	4156	19,90	13,90	0,94
	27/07/2015	4403	34	14,7	1,02
	28/07/2015	4075	87	15,5	1,50
	30/07/2015	4915	62,2	11,64	2,36
	31/07/2015	4938	33,40	12,25	1,78
	Août	01/08/2015	4749	36,00	12,89
02/08/2015		4507	79,7	13,3	1,77
03/08/2015		4233	54	12,37	2,00
04/08/2015		4343	65,19	16,66	1,19
05/08/2015		3869	78	14,97	1,47
06/08/2015		3508	48,25	13,3	1,5
07/08/2015		3248	76,47	12,03	1,87
08/08/2015		3073	87	11,11	0,25
09/08/2015		3075	45,57	13,54	1,25
10/08/2015		3399	67,15	14,37	1,16
11/08/2015		2933	34,54	12,79	1,52
12/08/2015		2978	23,34	27,4	1,52
13/08/2015		3398	47,12	8,94	1,46
14/08/2015		2846	62,2	13,43	0,8
15/08/2015		2963	33,40	14,02	0,88
16/08/2015		2802	36,00	9	0,65
17/08/2015		3056	79,7	12,6	0,76
18/08/2015		2356	54	6	1,07

Mois	Dates	Turbidité (NTU)			
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée
Août	19/08/2015	2931	65,19	14,3	0,76
	20/08/2015	2722	78	5,23	1,34
	21/08/2015	1935	48,25	12,12	0,95
	22/08/2015	1745	76,47	14,1	0,64
	23/08/2015	3450	87	6,32	0,3
	24/08/2015	1947	45,57	5,6	0,33
	25/08/2015	1605	67,15	12,89	0,98
	26/08/2015	1147	34,54	11,75	0,84
	27/08/2015	1000	23,34	6,65	1,62
	28/08/2015	1085	47,12	12,37	1,28
	29/08/2015	1043	65	9,00	0,14
	30/08/2015	1554	76	10	0,36
	31/08/2015	1259	58	12,79	0,89
	Septembre	01/09/2015	887	84,14	27,4
02/09/2015		770	56,32	8,94	0,98
03/09/2015		716	62,2	13,90	0,79
04/09/2015		1360	33,40	14,7	0,67
05/09/2015		1649	36,00	15,5	2,1
06/09/2015		1828	79,7	11,64	0,69
07/09/2015		547	54	11,43	0,92
08/09/2015		1393	65,19	12,23	0,66
09/09/2015		1378	78	12,12	0,75
10/09/2015		1012	54	13,1	1,42
11/09/2015		501	65,19	14,23	1,18
12/09/2015		592	78	13,12	2,68
13/09/2015		560	48,25	14,21	0,2
14/09/2015		366	76,47	17,42	0,34
Minimum		29,10	19,90	2,03	0,14
Moyenne		2532,08	56,40	11,56	1,24
Ecart type		1621,02	19,74	4,50	0,88
Maximum		5393	87	27,4	4,26

Matière organique

Mois	Dates	Matière Organique (mg/l)				
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée	
Juin	01/06/2015	2,2	1	0,8	1	
	02/06/2015	2,4	1	0,6	1	
	03/06/2015	2,3	1	0,8	0,7	
	04/06/2015	2,3	2,9	0,9	1,2	
	05/06/2015	2,2	1,5	1,4	1,2	
	06/06/2015	2,5	1,3	0,7	0,9	
	07/06/2015	2,7	1,2	0,6	1	
	08/06/2015	2,4	1,1	1	1,1	
	09/06/2015	2,3	2,6	1,3	1,3	
	10/06/2015	2,4	2	0,9	1,3	
	11/06/2015	4,0	1,7	1,3	1,8	
	12/06/2015	3,9	1,9	1,2	1,7	
	13/06/2015	2,9	2	1,1	1,3	
	14/06/2015	5,9	1	2,6	1,4	
	15/06/2015	3,2	1,9	0,9	1,5	
	16/06/2015	6,0	1,2	0,9	1,1	
	17/06/2015	10,9	1,4	0,9	1,7	
	18/06/2015	9,9	1	1	1,2	
	19/06/2015	8,6	1	0,9	1	
	20/06/2015	6,7	2	0,9	0,4	
	21/06/2015	5,6	2,5	0,9	1	
	22/06/2015	5,5	1,6	1	0,6	
	23/06/2015	5,9	1,8	1,4	1,2	
	24/06/2015	6,0	1,4	0,7	0,6	
	25/06/2015	11,5	1	0,6	0,8	
	29/06/2015	10,2	1	1	0,9	
	30/06/2015	12,4	2	1,3	1,3	
	Juillet	01/07/2015	10,4	2,5	0,9	1,7
		02/07/2015	12,7	1	1,3	1,5
		03/07/2015	12,2	2,9	1,2	1,3
04/07/2015		11,2	1,5	1,1	1,1	
05/07/2015		10,2	1,3	2,6	0,8	
06/07/2015		10,7	1,2	0,9	1,1	
07/07/2015		9,9	1,1	0,9	1,2	
08/07/2015		8,6	2,6	0,9	1,1	
09/07/2015		9,0	2	1	1,2	
10/07/2015		12,3	1,7	0,9	1,0	

Performance du traitement de la station d'eau potable de Gourel : Niamey-Niger

Mois	Dates	Matière Organique (mg/l)			
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée
Juillet	11/07/2015	10,5	1,9	0,8	0,8
	12/07/2015	13,1	2	0,6	1
	13/07/2015	8,8	1	0,8	0,9
	15/07/2015	9,8	1	0,9	0,7
	16/07/2015	9,8	1	1,4	0,8
	17/07/2015	11,1	1	0,7	0,6
	18/07/2015	12,3	2,9	0,6	1
	19/07/2015	12,8	1,5	1	0,8
	20/07/2015	11,2	1,3	1,3	0,7
	21/07/2015	13,7	1,2	0,9	0,6
	22/07/2015	11,7	1,1	1,3	0,7
	23/07/2015	10,1	2,6	1,2	1,1
	24/07/2015	8,1	2	1,1	0,8
	25/07/2015	10,2	1,7	2,6	0,9
	26/07/2015	9,6	1,9	0,9	0,7
	27/07/2015	10,3	2	0,9	0,8
	28/07/2015	8,8	2	0,9	0,6
	30/07/2015	10,2	2,5	1	0,9
	31/07/2015	12,1	1,6	0,9	0,5
	01/08/2015	11,3	1,8	0,9	0,8
	Août	02/08/2015	9,3	1,4	0,9
03/08/2015		8,5	1	1	0,8
04/08/2015		8,3	1	1,4	0,8
05/08/2015		8,2	2	0,7	0,7
06/08/2015		7	2,5	0,6	0,7
07/08/2015		7,0	1	1	0,4
08/08/2015		6,8	2,9	1,3	0,7
09/08/2015		6,7	1,5	0,9	0,7
10/08/2015		6,5	1,3	1	0,8
11/08/2015		6,0	1,2	1,3	0,7
12/08/2015		6,3	1,1	0,9	0,7
13/08/2015		8,5	2	1,3	1
14/08/2015		7,7	2,5	1,2	1,1
15/08/2015		9,5	1	1,1	0,8
16/08/2015		7,7	2,9	2,6	0,8
17/08/2015		8,2	1,5	0,9	1
18/08/2015		6,3	1,3	0,9	0,7
19/08/2015		6,7	1,2	0,9	0,9

Performance du traitement de la station d'eau potable de Goudel : Niamey-Niger

Mois	Dates	Matière Organique (mg/l)			
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée
Août	20/08/2015	7,6	1,1	1	0,7
	21/08/2015	4,9	2,6	0,9	0,4
	22/08/2015	5,3	2	0,9	0,4
	23/08/2015	5,5	1,7	0,9	0,9
	24/08/2015	5,7	1,9	1	0,8
	25/08/2015	5,7	2	1,4	0,9
	26/08/2015	3,8	1	0,7	0,4
	27/08/2015	4,0	1	0,6	0,8
	28/08/2015	3,7	1,5	1	0,6
	29/08/2015	5,3	1,3	1,4	0,4
	30/08/2015	4,5	1,2	0,7	0,4
	31/08/2015	4,2	1,1	0,6	0,5
	01/09/2015	4,4	2	1	0,8
	Septembre	02/09/2015	4,1	2,5	1,3
03/09/2015		4,1	1	0,9	0,8
04/09/2015		5,0	2,9	1,3	0,7
05/09/2015		5	1,5	1,2	0,6
06/09/2015		5,6	1,3	1,1	0,7
07/09/2015		4,2	1,2	2,6	0,9
08/09/2015		5,0	1,1	0,9	0,8
09/09/2015		4,2	2,6	0,9	0,8
10/09/2015		4,4	1,5	0,9	0,5
11/09/2015		3,9	1,3	1	0,8
12/09/2015		3,6	1,2	0,9	0,9
13/09/2015		4,0	1,1	0,8	0,7
14/09/2015		3,7	2,6	0,6	0,7
Minimum			2,20	1,00	0,60
Moyenne		7,15	1,64	1,05	0,89
Ecart type		3,20	0,59	0,42	0,30
Maximum		13,7	2,9	2,6	1,8

Performance du traitement de la station d'eau potable de Gourel : Niamey-Niger

Matière en suspension

Mois	Dates	Matière En Suspension (mg/l)				
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée	
Juin	01/06/2015	19	24	1	0	
	02/06/2015	21	26	7	0	
	03/06/2015	24	12	5	0	
	04/06/2015	23	24	6	0	
	05/06/2015	26	55	8	0	
	06/06/2015	17	44	23	0	
	07/06/2015	62	23	7	0	
	08/06/2015	36	23	11	0	
	09/06/2015	38	78	12	0	
	10/06/2015	39	40	11	0	
	11/06/2015	69	45	6	0	
	12/06/2015	37	77	10	0	
	13/06/2015	108	39	9	0	
	14/06/2015	180	74	7	0	
	15/06/2015	344	83	4	1	
	16/06/2015	610	32	11	0	
	17/06/2015	1725	50	12	0	
	18/06/2015	1235	25	7	1	
	19/06/2015	922	18	9	2	
	20/06/2015	1064	32	11	1	
	21/06/2015	828	50	3	0	
	22/06/2015	687	76	6	0	
	23/06/2015	653	49	10	0	
	24/06/2015	627	12	4	0	
	25/06/2015	1911	24	3	0	
	29/06/2015	2019	55	11	0	
	30/06/2015	1836	44	10	3	
	Juillet	01/07/2015	1281	23	5	4
		02/07/2015	1293	23	3	2
		03/07/2015	1743	78	3	2
04/07/2015		2082	40	3	2	
05/07/2015		1636	45	4	2	
06/07/2015		1587	77	8	1	
07/07/2015		1239	39	4	0	
08/07/2015		1012	74	4	0	
09/07/2015		944	83	5	1	
10/07/2015		2199	32	7	0	

Performance du traitement de la station d'eau potable de Gourel : Niamey-Niger

Mois	Dates	Matière En Suspension (mg/l)			
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée
Juillet	11/07/2015	1472	50	7	0
	12/07/2015	1968	25	4	0
	13/07/2015	1362	18	13	0
	15/07/2015	1680	32	9	0
	16/07/2015	1056	50	10	2
	17/07/2015	3000	76	10	0
	18/07/2015	3250	49	11	0
	19/07/2015	2380	12	12	0
	20/07/2015	1782	24	11	0
	21/07/2015	3290	55	12	0
	22/07/2015	2785	44	15	0
	23/07/2015	1662	23	14	3
	24/07/2015	1668	23	13	0
	25/07/2015	1370	78	13	0
	26/07/2015	1677	40	12	0
	27/07/2015	1520	45	12	1
	28/07/2015	1625	77	13	1
	30/07/2015	2790	39	9	1
	31/07/2015	2340	74	10	1
	01/08/2015	2648	24	11	0
	Août	02/08/2015	2327	26	11
03/08/2015		1926	12	11	1
04/08/2015		1600	24	14	1
05/08/2015		1585	55	13	0
06/08/2015		1300	44	11	0
07/08/2015		1206	23	10	0
08/08/2015		1170	23	9	0
09/08/2015		1242	78	11	1
10/08/2015		1464	40	12	0
11/08/2015		1080	45	11	1
12/08/2015		1044	77	22	1
13/08/2015		1173	39	6	0
14/08/2015		1002	74	11	0
15/08/2015		1130	83	12	0
16/08/2015		1222	32	7	0
17/08/2015		1188	50	11	0
18/08/2015		825	25	5	2
19/08/2015		875	18	12	0

Performance du traitement de la station d'eau potable de Gouel : Niamey-Niger

Mois	Dates	Matière En Suspension (mg/l)			
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée
Août	20/08/2015	978	32	3	0
	21/08/2015	621	50	10	0
	22/08/2015	633	83	12	0
	23/08/2015	1174	32	5	0
	24/08/2015	648	50	3	0
	25/08/2015	627	25	10	0
	26/08/2015	483	18	9	0
	27/08/2015	446	32	5	0
	28/08/2015	561	50	10	0
	29/08/2015	525	76	7	0
	30/08/2015	660	49	8	0
	31/08/2015	613	12	12	0
	01/09/2015	468	24	25	0
Septembre	02/09/2015	427	55	6	0
	03/09/2015	396	44	10	0
	04/09/2015	640	23	12	0
	05/09/2015	600	23	11	2
	06/09/2015	774	78	9	0
	07/09/2015	332	40	10	0
	08/09/2015	627	45	11	0
	09/09/2015	609	77	10	0
	10/09/2015	498	39	11	0
	11/09/2015	313	39	12	1
	12/09/2015	344	74	11	1
	13/09/2015	343	83	12	0
	14/09/2015	266	32	15	0
	Minimum		17,00	12,00	1,00
Moyenne		1083,82	44,15	9,40	0,44
Ecart type		786,06	21,45	4,08	0,82
Maximum		3290	83	25	4

pH

Mois	Dates	pH				
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée	
Juin	01/06/2015	7,62	6,03	6,03	7,37	
	02/06/2015	7,63	5,5	5,5	7,32	
	03/06/2015	7,60	5,48	5,48	7,23	
	04/06/2015	7,72	6,71	6,71	7,29	
	05/06/2015	7,54	6,38	6,38	7,26	
	06/06/2015	7,56	6,16	5,17	7,03	
	07/06/2015	7,53	5,88	5	7,15	
	08/06/2015	7,39	6,74	6,5	6,89	
	09/06/2015	7,53	6,53	6,53	7,66	
	10/06/2015	7,52	6,55	6,48	7,3	
	11/06/2015	7,42	6,34	4,97	7,39	
	12/06/2015	7,64	6,23	5,49	7,29	
	13/06/2015	7,44	6,76	5,88	7,24	
	14/06/2015	7,5	6,58	5,94	7,20	
	15/06/2015	7,56	6,48	5,88	7	
	16/06/2015	7,42	6,34	6,16	7,19	
	17/06/2015	7,4	6,45	5,88	7,27	
	18/06/2015	7,17	6,45	6,74	7	
	19/06/2015	7,2	6,76	6,53	6,84	
	20/06/2015	7,36	6,27	6,1	6,64	
	21/06/2015	7,17	6,59	6,53	6,77	
	22/06/2015	7,12	6,03	6,37	7,34	
	23/06/2015	7,46	5,5	6,55	6,83	
	24/06/2015	7,29	5,48	6,2	6,82	
	25/06/2015	7,29	6,71	6,36	7,44	
	29/06/2015	7,45	6,38	6,38	7,23	
	30/06/2015	6,80	6,16	6,35	6,29	
	Juillet	01/07/2015	7,15	5,88	6,2	7,05
		02/07/2015	7,33	6,74	6,38	6,84
		03/07/2015	7,23	6,53	6,32	7,04
04/07/2015		6,60	6,55	6,03	6,84	
05/07/2015		7,1	6,34	5,5	6,82	
06/07/2015		7,41	6,23	5,48	7,08	
07/07/2015		7,26	6,76	6,71	6,85	
08/07/2015		7,34	6,58	6,38	6,99	
09/07/2015		7,50	6,48	5,17	7,21	
10/07/2015		7,26	6,74	5	7,26	

Performance du traitement de la station d'eau potable de Goudel : Niamey-Niger

Mois	Dates	pH			
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée
Juillet	11/07/2015	7,39	6,53	6,5	7,11
	12/07/2015	7,44	6,55	6,53	7,1
	13/07/2015	7,15	6,34	6,48	7,23
	15/07/2015	6,93	6,23	4,97	7
	16/07/2015	7,13	6,76	5,49	6,83
	17/07/2015	6,85	6,58	5,88	7,29
	18/07/2015	7,14	6,48	5,94	7,31
	19/07/2015	7,18	6,34	5,88	7,2
	20/07/2015	7,22	6,45	6,16	7,17
	21/07/2015	7,20	6,45	5,49	7,28
	22/07/2015	7,32	6,76	5,88	7,03
	23/07/2015	7,30	6,27	5,94	7,12
	24/07/2015	7,35	6,59	5,88	7,18
	25/07/2015	6,93	6,58	6,16	7,1
	26/07/2015	7,43	6,48	5,88	7,21
	27/07/2015	7,31	6,34	6,74	7,03
	28/07/2015	7,27	6,45	6,53	7,00
	30/07/2015	7,05	6,45	6,1	7,15
	31/07/2015	7,07	6,76	6,53	7,02
	01/08/2015	7,23	6,27	6,37	7,05
Août	02/08/2015	6,85	6,59	6,55	6,86
	03/08/2015	7,07	6,03	6,2	7,15
	04/08/2015	6,94	5,5	6,53	7,16
	05/08/2015	7,22	5,48	6,37	7,19
	06/08/2015	6,81	6,71	6,55	7,1
	07/08/2015	7,45	6,38	6,2	7,36
	08/08/2015	7,17	6,16	6,36	7,02
	09/08/2015	7,11	5,88	6,38	7,15
	10/08/2015	7,38	6,74	6,35	7,13
	11/08/2015	7,22	6,53	6,2	7,25
	12/08/2015	7,19	6,55	6,38	7,25
	13/08/2015	7,07	6,34	6,32	7,17
	14/08/2015	7,25	6,23	6,03	6,97
	15/08/2015	7,4	6,76	5,5	7,13
	16/08/2015	7,28	6,58	5,48	7,13
	17/08/2015	7,3	6,48	6,71	7,01
	18/08/2015	7,46	6,03	6,38	7,33
	19/08/2015	7,31	5,5	5,17	7,1

Performance du traitement de la station d'eau potable de Goudel : Niamey-Niger

Mois	Dates	pH			
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée
Août	20/08/2015	7,36	5,48	5	7,35
	21/08/2015	7,29	6,71	6,5	7,10
	22/08/2015	7,43	6,38	6,53	7,31
	23/08/2015	7,35	6,16	6,48	7,07
	24/08/2015	7,09	5,88	5,17	6,94
	25/08/2015	7,19	6,74	5	7,13
	26/08/2015	7,22	6,53	6,5	7,16
	27/08/2015	7,5	6,55	6,53	7,36
	28/08/2015	7,4	6,34	6,48	6,8
	29/08/2015	7,23	6,23	4,97	7,04
	30/08/2015	7,28	6,76	5,49	6,96
	31/08/2015	7,44	6,58	5,88	7,08
	01/09/2015	7,09	6,48	5,94	7,27
	Septembre	02/09/2015	7,45	6,34	5,88
03/09/2015		7,11	6,45	6,16	7,07
04/09/2015		7,18	6,45	5,88	7,37
05/09/2015		7,35	6,76	6,74	7,37
06/09/2015		7,24	6,27	6,53	6,80
07/09/2015		7,50	6,59	6,1	7,23
08/09/2015		7,31	6,78	6,53	7,26
09/09/2015		7,04	6,59	6,37	7,12
10/09/2015		7,50	6,77	6,36	7,00
11/09/2015		7,20	6,34	6,38	7,31
12/09/2015		7,21	6,23	6,35	7,88
13/09/2015		7,04	6,76	6,2	6,63
14/09/2015		7,58	6,58	6,38	7,30
Minimum			6,60	5,48	4,97
Moyenne		7,28	6,38	6,08	7,12
Ecart type		0,20	0,35	0,49	0,21
Maximum		7,72	6,78	6,74	7,88

Conductivité

Mois	Dates	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée	
Juin	01/06/2015	61	93,6	114	114	
	02/06/2015	63	85,6	108	120	
	03/06/2015	58	102	93	110	
	04/06/2015	56	88	96	106	
	05/06/2015	61	89	93	115	
	06/06/2015	60	89	119	114	
	07/06/2015	62	98	98	118	
	08/06/2015	61	82	95	115	
	09/06/2015	65	86	108	124	
	10/06/2015	63	98	120	119	
	11/06/2015	62	87	103	127	
	12/06/2015	65	90	90	123	
	13/06/2015	67	89	91,00	128	
	14/06/2015	69	92	80	130	
	15/06/2015	73	89	98	139	
	16/06/2015	79	100	88	149	
	17/06/2015	78	97	88	148	
	18/06/2015	75	101	81	143	
	19/06/2015	70	89	89	133	
	20/06/2015	75	88	98	143	
	21/06/2015	65	90	82	120	
	22/06/2015	72	96	86	137	
	23/06/2015	67	98	93,6	128	
	24/06/2015	95	100	85,6	179	
	25/06/2015	75	98	102	160	
	29/06/2015	84	89	88	162	
	30/06/2015	28	102	89	134	
	Juillet	01/07/2015	41	88	119	191
		02/07/2015	86	89	98	163
		03/07/2015	77	89	95	146
04/07/2015		79	98	108	149	
05/07/2015		82	82	120	156	
06/07/2015		77	86	103	146	
07/07/2015		76	98	90	145	
08/07/2015		75	87	91,00	144	
09/07/2015		82	90	80	156	
10/07/2015		81	89	98	154	

Performance du traitement de la station d'eau potable de Gourel : Niamey-Niger

Mois	Dates	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée
Juillet	11/07/2015	79	92	88	150
	12/07/2015	80	89	88	151
	13/07/2015	79	100	81	149
	15/07/2015	76	97	89	143
	16/07/2015	75	101	98	143
	17/07/2015	74	89	82	141
	18/07/2015	75	88	114	141
	19/07/2015	74	90	108	141
	20/07/2015	79	96	93	149
	21/07/2015	79	98	96	149
	22/07/2015	71	93,6	93	132
	23/07/2015	71	85,6	119	134
	24/07/2015	80	102	98	152
	25/07/2015	79	88	80	149
	26/07/2015	78	89	98	149
	27/07/2015	73	89	88	140
	28/07/2015	72	98	88	137
	30/07/2015	70	82	81	132
	31/07/2015	75	86	89	144
	01/08/2015	69	98	98	150
	Août	02/08/2015	67	87	82
03/08/2015		61	90	86	131
04/08/2015		66	89	93,6	124
05/08/2015		67	92	85,6	125
06/08/2015		69	89	102	125
07/08/2015		70	92	88	121
08/08/2015		68	89	89	115
09/08/2015		65	100	119	119
10/08/2015		60	97	114	106
11/08/2015		59	101	108	115
12/08/2015		61	89	93	115
13/08/2015		61	88	96	121
14/08/2015		65	90	93	124
15/08/2015		62	96	119	124
16/08/2015		67	98	98	141
17/08/2015		58	100	95	154
18/08/2015		63	98	108	152
19/08/2015		65	89	120	127

Performance du traitement de la station d'eau potable de Gouhel : Niamey-Niger

Mois	Dates	Conductivité (µS/cm)			
		Eau brute	Effluent bassins	Eau décantée	Eau traitée
Août	20/08/2015	62	102	103	127
	21/08/2015	57	88	90	131
	22/08/2015	58	89	91,00	130
	23/08/2015	60	89	80	126
	24/08/2015	57	98	98	124
	25/08/2015	57	82	88	127
	26/08/2015	60	86	88	131
	27/08/2015	58	98	81	134
	28/08/2015	58	87	89	125
	29/08/2015	62	90	98	125
	30/08/2015	70	89	82	126
	31/08/2015	55	89	86	128
	01/09/2015	67	98	98	128
	Septembre	02/09/2015	67	82	95
03/09/2015		65	86	108	124
04/09/2015		67	98	120	127
05/09/2015		66	87	103	126
06/09/2015		66	90	90	125
07/09/2015		60	89	91,00	123
08/09/2015		63	92	80	120
09/09/2015		65	89	98	124
10/09/2015		58	92	88	110
11/09/2015		67	89	88	127
12/09/2015		60	100	81	114
13/09/2015		58	97	89	113
14/09/2015		55	101	98	102
Minimum			28,00	82,00	80,00
Moyenne		67,57	92,12	95,42	133,51
Ecart type		9,50	5,53	11,11	15,87
Maximum		95	102	120	191

Performance du traitement de la station d'eau potable de Goudel : Niamey-Niger

Annexe 6: qualité réseau

DATE	02 06 2015													05 06 2015												
Lieux	Labo- cel	Cafer	P. Civile	Ecobank Siege	S. R	BF Soni	BF Lako	Bouk 2	M J. S	A. Arts	CEG 5	ANPO	Yant Bas	Cour . Const	Agrhy met	R11	E.Sa- guiya	CSI Kirkis	SR	Africa Hall	Dar Salam	SP Lzret	R 10	Franco phonie	Cité Chin	C. ORTN
Conductivité	152	109	111	111	108	115	112	108	109	104	110	110	110	184	107	121	120	119	120	108	110	106	108	121	123	124
TDS	61	58	60	59	58	62	60	58	59	56	59	59	59	93	58	66	64	65	65	58	58	56	56	66	66	69
Turbidité (ET)	0,66	0,56	0,56	0,34	0,5	0,57	1,23	0,48	0,74	0,47	0,44	0,37	0,36	0,96	0,48	0,73	0,49	0,36	0,62	0,59	0,35	0,41	0,37	0,43	0,37	0,57
Matières organ	1,1	1,0	1,0	1	0,9	1,0	0,9	1,1	1,0	0,9	0,8	1,0	1,0	1,4	0,9	1,5	1,0	1,5	1,0	1,2	1,1	1,1	1,5	1,4	1,1	1,4
MES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Couleur	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	7,17	7,29	7,36	7,46	7,37	7,51	7,50	7,28	7,26	7,31	7,27	7,32	7,39	7,22	7,13	7,08	6,99	7	7,03	6,86	7,18	7,35	7,44	7,26	7,39	7,32
Chlore	0,6	0,5	0,8	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,5	0,7	0,9	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5	0,4	0,6	0,8	0,5	0,9	0,6	0,6	0,5
Germes Totaux	0	0	0	0	1	0	7	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E. Coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salmonelles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
Streptocoques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
Sulfito-Réduct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													

DATE	10 07 2015													13 07 2015												
Lieux	H. Sahel	E. Police	Inten dance	CSI Saga	SR	Stat Telwa	R12	Sari koub	Saga Fand	Niamey 2000	SEEN Plateau	Nigelec Plateau	Infir- merie	SR	Lamor dé	Kara djé	Route Torodi	Banga Bana	Cité Caisse	Banif 1	Baniz 2	Laza ret	Nord Faisc	Bobiel	Dar salam	Kombo
Conductivité	250	220	170	160	180	150	150	150	150	150	160	150	160	160	140	140	130	140	140	130	130	120	130	140	120	170
TDS	127	112	88	82	93	77	77	77	77	77	82	77	82	80	70	70	65	70	70	65	65	60	65	70	60	85
Turbidité (ET)	1,42	0,55	1,51	1,58	1,73	2,92	3,17	2,58	2,2	2,32	0,91	1,00	0,88	2,74	2,53	1,93	1,90	2,25	1,04	0,79	0,64	0,66	1,13	0,8	0,77	4,80
Matières organ	0,8	1,0	1,3	1,0	1,0	1,1	1,2	0,8	0,8	1,0	1,2	0,9	0,9	1,1	0,8	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8
MES	1	0	1	1	2	3	3	2	1	2	0	0	0	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4	
Couleur	7	0	8	9	11	17	19	15	12	13	0	5	0	19	12	7	7	10	4	0	0	0	4	0	27	
pH	7	7,1	6,9	6,9	7,2	7	6,6	6,6	6,6	6,5	6,9	6,7	7,8	7,3	6,9	6,8	6,8	7	6,7	6,8	7,2	7,1	7,1	7,2	7,1	7,3
Chlore	0,7	0,7	0,5	0,4	1	0,7	0,9	0,7	0,3	0,6	0,7	0,7	0,8	1,1	0,6	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8
Germes Totaux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
E. Coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0