



Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

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

Présenté et soutenu publiquement le [27 Octobre 2016] par

Franck Hervé KOFFI

Travaux dirigés par : M. Ouedraogo BEGA,

Enseignant AEP et Pompes & station de pompage

M. Denis KOUADIO,

Ingénieur des travaux publics, chef du SCTQ à l'ONEP

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Anderson ANDRIANISA

Membres et correcteurs : M. Roland YONABA

M. Bega OUEDRAOGO

Promotion [2015/2016]



DEDICACE

Je dédie ce mémoire à :

Mon Père : KOFFI KOUADIO ADOLPHE

Ma Mère : YAO N'DRI-CLEMENTINE

Mesieurs : ZONGO EMILE, YAPI DOMINIQUE,
AMANI JUNIOR

Mes Frères et Sœurs

Au Centre d'Excellence d'Angré

Mes amis de promotion et de Classe

Mes enfants Anne- Christelle KOFFI et Christ Yvan
KOFFI

Si tu diffères de moi, loin de me léser tu m'enrichis.

Thomas Hobbes

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

REMERCIEMENT

Je tiens avant tout à remercier Monsieur Ibrahiman BERTE, Directeur Général de l'Office National de l'Eau Potable,

Monsieur BOUAFOU EUGENE, Directeur de la Direction du Contrôle d'Exploitation et de la Qualité (DCEQ) ainsi qu'à tous les Directeurs des départements de l'ONEP, pour m'avoir accueilli au sein de leur entreprise.

Je souhaite remercier, plus particulièrement, mon maître de stage, Monsieur DENIS KOUADIO, Chef de Service du Contrôle Technique et de la Qualité, pour avoir mis à ma disposition les moyens nécessaires à mon travail d'étude, pour m'avoir accordé une grande liberté de recherche et pour m'avoir conseillé et guidé au cours de ce stage.

Je ne saurais oublier Monsieur BEGA OUEDRAOGO mon encadreur pédagogique, pour la supervision régulière de mon travail, malgré son emploi du temps chargé.

Je tiens à remercier, tout particulièrement, Monsieur TEHUA KOFFI, Monsieur Franck DABLE, Monsieur Moustapha DOUMBIA, Monsieur AMANVI Thomas, Monsieur TCHOTCH tous membres de la DCEQ et à toute l'équipe du Laboratoire d'Analyse du Contrôle et de la Qualité (LACQUE), pour leur disponibilité à répondre à mes attentes et interrogations.

Enfin, je tiens à remercier les nombreuses personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire, pour leur conseil, soutien et aide technique.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

RESUME

Dans un contexte de préservation et d'amélioration de la qualité de l'eau potable, et dans le souci de réduire le risque sanitaire lié à l'état des canalisations, les réseaux d'adduction en eau potable ont été conçus. A l'instar des villes d'Afrique, Abidjan et ses communes dispose d'un schéma de réseaux vétuste qui date des indépendances. L'objectif de ce travail est de contribuer à la réduction des risques sanitaires liés à l'état des canalisations du réseau d'eau potable de la commune d'Abobo. Pour l'atteinte de cet objectif, il a fallu faire le diagnostic de l'état des canalisations, évaluer le risque sur la santé des consommateurs et enfin mettre en place une mesure préventive pour le suivi et l'entretien du réseau. L'étude a montré une concentration moyenne de 0,16 mg/l d'aluminium. Cependant, des concentrations de 0,21 mg/l, puis de 0,23 mg/l au-dessus de la norme OMS (0,2mg/l) sont observées respectivement en milieu et en fin de réseau. L'analyse du fer a révélé des concentrations en dessous de la norme OMS (0,3 mg/l). L'étude a également révélé la présence de bactéries respectivement avec les valeurs de 3 UFC, 7 UFC et 13 UFC pour les coliformes totaux et de 1 UFC de 3 UFC et de 7 UFC pour les entérocoques fécaux. La plupart de ces contaminants se retrouve en milieu et en fin de réseau. Tous ces résultats montrent un risque de relargage de l'aluminium lié à une dégradation d'une ou plusieurs canalisations en amiante ciment.

Mots clés : Abobo, eau potable, canalisation, diagnostic, contaminant, santé du consommateur

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

ABSTRACT

The pipes located in several African countries since independence make face today to their dilapidated, reflecting a risk to consumer health. The pipes of Abobo town, like African cities, are not on the sidelines.

This work was to study the state of drinking water pipelines of Abobo; The aim was to establish a link between the quality of drinking water and nature of pipes (cast iron, PVC, steel and asbestos cement). To achieve this objective, it was necessary to diagnose the condition of the pipes, assess risks to human health and finally implement preventive measures for water sanitary monitoring. The age of the pipes and the analysis of the water were the parameters used for monitoring of water quality.

The study showed an increase in aluminum concentrations above the WHO guideline (0.2mg / l) of 0.09 mg / L to 0.17 mg / l in the network environment, and 0.23 mg /l at the end of network. Iron concentrations are below the WHO guideline (0.3 mg / l). The study also revealed the presence of total coliform CFU 3, 7 and 13 UFC UFC and the presence of fecal enterococci 1 UFC UFC 3 and 7 UFC.

Most of these contaminants is found in the middle and end of the network. All these results indicate a risk of release of aluminum bound with a degradation of one or more pipes.

Keywords: Abobo, drinking water, pipe, diagnosis, pollutant, health of consumer

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

LISTE DES ABREVIATIONS

AEP : Approvisionnement en Eau Potable
DCEQ : Direction du Contrôle d'Exploitation et de la Qualité
GPS : Système de Positionnement Global
INHP : Institut National d'Hygiène Public
LACQUE : Laboratoire d'Analyse du Contrôle et de la Qualité
ODD : Objectif pour le Développement Durable
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
ONEP : Office National de l'Eau Potable
PVC : Polychlorure de vinyle
SODECI : Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire
UNICEF : Fonds des Nation Unies pour l'Enfance

SYMBOLES ET ANNOTATIONS

Mg/l : Milligramme par litre
pH : Potentiel Hydrogène
PN : Pression Nominale
UFC : Unité Formant Colonie
°C : Degré Celsius
°F : Degré Français

SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENT	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
SOMMAIRE	1
LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES	4
AVANT PROPOS.....	5
INTRODUCTION GENERALE.....	6
CONTEXTE DE L'ETUDE.....	6
PROBLEMATIQUE	7
OBJECTIF DU TRAVAIL	7
▪ OBJECTIF GENERAL	7
▪ OBJECTIFS SPECIFIQUES:	7
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	9
1.1 Processus de contamination de l'eau potable par la dégradation des canalisations	10
1.2 Historique des types de canalisations utilisées.....	11
1.3 Conséquences de la dégradation des canalisations	11
1.4 Normes d'utilisation des canalisations	12
1.5 Dégradation de la qualité de l'eau	13
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	14
2.1 METHODOLOGIE.....	15
2.1.1 Présentation du cadre de l'étude.....	15
2.1.2 Identification des contaminants.....	19
2.1.3 Etude physico-chimique et microbiologique.....	19
a. Mesure in situ du pH et de la turbidité et de l'oxygène dissous.....	21
b. Analyse des paramètres physico chimique	22
2.1.4 Etude microbiologique	23
a. Prélèvement microbiologique.....	23
b. Analyse des paramètres microbiologique	24

**Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion
de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo**

2.2 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES A L'ETAT DES CANALISATIONS ET COMPARAISON AVEC LA NORME OMS.....	26
2.3 PROPOSITION D'UNE SURVEILLANCE SANITAIRE	26
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	27
3.1 DIAGNOSTIC DE L'EXISTANT.....	28
3.1.1 Les canalisations du réseau de la commune.....	28
3.1.2 Les canalisations d'adduction et de distribution	28
a. Les canalisations en fonte ductile.....	28
b. Les canalisations en acier.....	29
d. Les canalisations en pvc.....	30
e. Les canalisations en amiante ciment	31
3.1.3 Contaminants probables	32
3.1.4 Résultats de prélèvements et d'analyses (physicochimique et microbiologique) ...	34
a. Détermination du caractère de l'eau	35
a. Analyse la turbidité et de l'oxygène dissous	36
3.2 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES A L'ETAT DES CANALISATIONS	38
3.3 PROPOSITION D'UNE SURVEILLANCE SANITAIRE	43
3.4 MESURES DE REHABILITATION DU RESEAU	46
CONCLUSION	48
LIMITES, RECOMMANDATION ET PERSPECTIVES	49
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	51
ANNEXES	55

**Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion
de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Production des forages d'Anonkoua KOUTE	16
Tableau 2: Production des forages d'Avocatier.....	17
Tableau 3: Diamètres et linéaires des canalisations en fonte ductile dans la commune d'Abobo:	29
Tableau 4: Diamètres et linéaires des canalisations en Acier dans la commune d'Abobo.....	30
Tableau 5: Les composés des canalisations PVC.....	30
Tableau 6: Diamètres et linéaires des canalisations en PVC dans la commune d'Abobo.....	31
Tableau 7: Diamètres et linéaires des canalisations en amiante ciment dans la commune d'Abobo	31
Tableau 8: Tableau récapitulatif de l'état actuel des canalisations	32
Tableau 9: Récapitulatif des contaminants probables issus des canalisations de la commune d'Abobo	34
Tableau 10: Criticité des contaminants	38
Tableau 11: Bilan financier de remplacement des canalisations.....	47

**Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion
de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo**

LISTE DES FIGURES

Figure 1: CARTE DE LA COMMUNE D'ABOBO	16
Figure 2: CARTE DE COUVERTURE RESEAU	18
Figure 3: Réseau de distribution d'eau potable d'Abobo.....	18
Figure 4: CARTE DE LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENTS.....	20
Figure 5: Flacon de prélèvement physico chimique.....	20
Figure 6:Processus d'étalonnage du HQ 40d	21
Figure 7: Matériels d'analyses physico chimiques	23
Figure 8:Etapes de prélèvement pour les analyses microbiologiques.....	24
Figure 11:Evolution du pH.....	35
Figure 12: Comparaison pH d'attaqye et pH	36
Figure 13:Evolution de la turbidité	37
Figure 14: Evolution de l'oxygène dissous dans le réseau d'Abobo.....	37
Figure 15:Moyenne d'émission de l'aluminium par secteur.....	39
Figure 16:Moyenne d'émission de coliformes totaux par secteur	41
Figure 17:Moyenne d'émission d'entérocoques fécaux par secteur.....	41
Figure 18:durée de vie d'une conduite en fonte posée depuis 1960.....	44
Figure 19:durée de vie d'une conduite en acier posée depuis 1960	44
Figure 20:Evolution de la durée de vie d'un PVC posé depuis 1960.....	45
Figure 21: Diagramme de prise décision.....	46
Figure 22: PROCEDURES DE SURVEILLANCE SANITAIRE DES EAUX DISTRIBUEES	61

**Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion
de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo**

AVANT PROPOS

Pour ce qui nous concerne c'est l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) qui nous a reçu du 15 Février 2016 au 01 Juillet 2016, dans le cadre de la réalisation de notre mémoire de fin d'Etude. Le thème du présent mémoire est : « **ETUDE DIAGNOSTIQUE DE L'ETAT DES CANALISATIONS D'AEP POUR UNE MEILLEURE GESTION DE LA QUALITE DE L'EAU POTABLE A ABIDJAN : CAS DE LA COMMUNE D'ABOBO** ».

Institué par décret N° 2006-274 du 23 Août 2006, l'Office National de l'Eau Potable (ONEP), est une Société d'Etat régie par la loi N° 97-519 du 4 Septembre 1997.

Sa mission est d'apporter à l'Etat et aux collectivités territoriales son assistance en vue d'assurer l'accès à l'eau potable à la population sur l'ensemble du territoire ainsi que la gestion de leur patrimoine dans le secteur e l'eau. Il est placé sous la tutelle administrative du Ministère des Infrastructures Economiques.

Présentation de la direction d'accueil

Le thème de notre étude nous à entrainé à la Direction du Contrôle de l'Exploitation et de la Qualité (DCEQ), précisément au service du service du contrôle qui est dirigé par Monsieur KOUADIO Denis qui agit en tant que chef de service.

Les missions de la DCEQ se résument en cinq (05) principaux points se présentant comme suit :

- ✓ Suivre et contrôler l'exploitation du réseau de distribution d'eau potable par le concessionnaire ou le fermier ;
- ✓ Réaliser les études tarifaires et élaborer les tarifs des produits et services en matière d'hydraulique humaine ;
- ✓ Gere les actifs et les immobilisations de l'Etat et des collectivités Territoriales relatifs au patrimoine de l'Hydraulique Humaine ;
- ✓ Contrôles la qualité des services délégués fournis par les Concessionnaires/ Fermier et veiller à ce qu'ils donnent satisfaction aux abonnés de l'Hydraulique Humaine ;
- ✓ Mettre en place un système de Contrôle de Qualité et l'exploiter dans le sens de l'optimisation des performances.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est un besoin vital pour l'existence et le développement socio-économique de l'humanité. Elle constitue plus de 65% de l'organisme de l'homme (<http://www.cnrs.fr>). L'UNICEF estime qu'environ 1400 enfants de moins de 5 ans meurent chaque jour de maladies liées à l'absence d'une eau de qualité (Unicef, 2013). Selon l'OMS : « l'approvisionnement en eau potable et la gestion des ressources sont essentiels pour assurer la santé. Plus d'un dixième de la charge de morbidité pourrait être évité en améliorant l'accès à l'eau potable et en réduisant les risques de maladies à transmission hydrique ». En Afrique subsaharienne, 319 millions de personnes n'ont pas accès à une eau potable (OMS,2015). Dans les zones urbaines et dans certaines zones rurales, l'eau desservie à la consommation humaine est transportée à travers un réseau de distribution composé de plusieurs équipements dont les canalisations (objet de notre étude) qui servent de voies de transport de l'eau depuis les points de captage jusqu'au robinet du consommateur.

CONTEXTE DE L'ETUDE

L'accès à une eau de qualité pour tous est l'une des priorités des Objectifs pour le Développement Durable (ODD). En effet l'objectif de l'ODD est d'assurer d'ici 2030 un accès universel et équitable à l'eau potable pour tous à un coût abordable et de qualité acceptable ("Objectif 6 : Développement Durable" 2016). En ce sens, l'ETAT de Côte d'Ivoire à travers l'ONEP n'est pas en marge de cette évolution ; lui qui a fait de l'approvisionnement et de l'accès à l'eau potable pour les populations, un de ces principaux axes prioritaires d'investissement. Pour ce faire, la production, la distribution et l'exploitation de l'eau potable ont été confiées à la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI) qui ne déroge pas à cette règle. Malgré ces actions, la SODECI reçoit de nombreuses plaintes des populations relatives à la qualité du service. Selon elle, cette insuffisance serait due en partie à la vétusté de certaines canalisations du réseau d'eau potable et de leurs détériorations dues à des facteurs physiques, chimiques ou biologiques (Bouttier *et al.*, 2013). La récurrence des plaintes pousse l'Etat ivoirien à travers l'ONEP a initié une étude portant sur l'état des lieux des canalisations de la ville d'Abidjan ; la commune d'Abobo a été choisie pour cette investigation. Un intérêt commun a été établi entre acteurs publics et privés afin de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau potable et à la réduction du risque sanitaire lié notamment à l'état des canalisations dans cette commune.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

PROBLEMATIQUE

Le réseau de distribution de la commune d'Abobo implanté depuis les indépendances fait face aujourd'hui à un risque de contamination de l'eau desservie à travers les canalisations, suite à leurs vétustés. Vu l'âge, le type et la composition des canalisations, un risque probant est à redouter sur la santé des consommateurs. A cela s'ajoute la précarité de certains secteurs qui rendent difficile la desserte de certaines zones. Les habitats situés dans des zones inondables ont pour conséquences des dommages enregistrés sur certaines des canalisations dues notamment à des casses ou à des actes de vandalisme sur le réseau (Barrau et Levy, 2014).

Au vu des effets que peuvent engendrer les canalisations sur la qualité de l'eau en général et sur la santé du consommateur en particulier, plusieurs interrogations se posent :

- ✓ Les différents contaminants issus des canalisations en contact avec l'eau potable sont-ils connus ?
- ✓ Quel risque encourt le consommateur de l'eau contaminée par les produits des différentes canalisations ?
- ✓ Quelles démarches faudra-t-il adopter pour garantir la qualité de l'eau du robinet ?

Voici formulées les principales interrogations auxquelles nous devrions répondre au terme de cette étude.

Pour mener à bien ce travail, l'étude sera scindée en plusieurs phases. D'abord il sera question de collecter des données à travers une recherche documentaire, ensuite il s'en suivra des prélèvements d'échantillons suivis de leurs analyses, enfin la présentation et la discussion des résultats précéderont la conclusion et les recommandations qui seront apportées à la fin de l'étude.

OBJECTIF DU TRAVAIL

▪ OBJECTIF GENERAL

L'objectif global de cette étude est de contribuer à la gestion de la qualité de l'eau par une identification des contaminants issus des canalisations dans l'eau potable de la commune d'Abobo.

▪ OBJECTIFS SPECIFIQUES:

Elle visera particulièrement à :

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

- Rechercher des constituants dangereux pour la santé dans l'eau ;
- Mettre en place un programme de surveillance et de contrôle de la qualité de l'eau en rapport avec ces constituants.
- Proposer des mesures de réhabilitations du réseau

**CHAPITRE I :
REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE**

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

1.1 Processus de contamination de l'eau potable par la dégradation des canalisations

Il existe trois grandes familles de matériaux (CELERIER et al., 2004.), répertoriés dans les trois tableaux présents dans l'annexe 1. Il s'agit :

- ✓ des matériaux métalliques
- ✓ des matériaux à base de ciment ;
- ✓ des matériaux organiques.

La dégradation de ces matériaux aura tendance à jouer sur la qualité de l'eau de plusieurs manières :

- **Au niveau des matériaux métalliques (fonte et acier)**

La principale cause de dégradation de la qualité de l'eau est la corrosion des canalisations. En effet, les réactions de corrosion conduisent à l'émission d'ions métalliques dans l'eau et entraînent

- ✓ la précipitation des ions ferriques pouvant provoquer le percement des parois des conduites en métal ferreux ;
- ✓ la formation d'incrustations (diminution du diamètre).

(Fédération canadienne des municipalités et le Conseil national de recherches du Canada 2002)



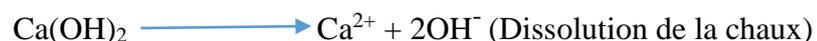
où :

- M est le métal;
- e^{-} est un électron;
- n est la valence et le nombre correspondant d'électrons.

(Gouvernement du Canada 2010)

- **Les matériaux à base de ciment (amiante ciment)**

Du fait de la grande porosité de ces matériaux, l'eau retenue dans les pores dissout les bases et la chaux contenues dans le matériau. Ainsi, au passage de l'eau, ces bases se dissolvent dans le courant d'eau dont elles augmentent le pH de quelques dixièmes d'unités. Ce phénomène est surtout observé dans les mois qui suivent la mise en service du réseau. De plus, au contact d'eaux très agressives, les matériaux à base de ciment se dégradent et le sable de surface se détache des parois. Ce sable est ensuite entraîné dans l'eau distribuée.



(“L'amiante | Anses - Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de L'alimentation, de L'environnement et Du Travail” 2016a)

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

- **Les matériaux organiques (PVC):**

En se dégradant au fil du temps et suite aux éventuels accidents causés sur les canalisations, les matériaux organiques ont tendance à relarguer des métaux lourds, des hydrocarbures et des solvants.

1.2 Historique des types de canalisations utilisées

L'approvisionnement en eau potable se fait au moyen d'ouvrages pour le stockage de l'eau et de canalisations pour le transport de l'eau. Les canalisations utilisées pour ce transport sont de différentes natures et ce, en fonction des matériaux qui les composent. Les matériaux généralement rencontrés dans les réseaux d'AEP sont classés en 3 grandes familles comme indiqué ci-dessus.

La vocation première d'un réseau d'eau potable est d'assurer la desserte des consommateurs la plus efficace possible en perdant le minimum d'eau. La gestion des réseaux d'eau est un point crucial pour les collectivités et représente un enjeu sanitaire et environnemental fort. En France, c'est plus de 560000 km de canalisations qui servent à la distribution de 4 milliards de m³. Jusqu'en 1995, les matériaux constitutifs des canalisations du réseau étaient exclusivement en fonte (représentant 60% du réseau), en acier, en amiante ciment, en PVC et en plomb. ("Plomb Dans Les Canalisations D'eau Potable - Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de La Mer" 2016). Tous ces matériaux sont choisis pour leur résistance à la pression et leur aptitude à lutter contre la corrosion ainsi que pour leur longue durée de vie. En Europe comme aux Etats unis, ces mêmes types de canalisations sont observés avec une prédominance pour le PVC, la fonte et le plomb.

1.3 Conséquences de la dégradation des canalisations

Le mauvais fonctionnement hydraulique du réseau suite au vieillissement en général se traduit par:

- une chute de pression lorsque la section utile de la canalisation diminue à cause de l'entartrage ou des protubérances dues à la corrosion,
- des fuites diffuses, diminuant le rendement du réseau,
- des ruptures dues à l'action combinée de la corrosion et des mouvements de sols.

("Santé et Sécurité" 2016)

Ces différentes dégradations engendrent des pertes d'eau (et par conséquent une augmentation de la production), un accroissement des dépenses d'énergie lié à l'augmentation des temps de

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

pompage, et des interventions directes sur le réseau. Divers dommages sont également engendrés, telle la mauvaise qualité de l'eau, les fuites diffuses qui destabilisent la conduite en érodant le lit de pose, les ruptures qui provoquent des inondations, des coupures du trafic sur les chaussées, des coupures d'eau, des dommages chez les particuliers et des plaintes des abonnés.

1.4 Normes d'utilisation des canalisations

De tous les matériaux cités, certains sont considérés comme obsolètes et vue les problèmes sanitaires causés par certaines canalisations, il a été demandé de retirer les canalisations dangereuses des réseaux d'eau pour aller vers d'autres types de conduites car ne répondant plus aux normes proposées pour les réseaux d'eau potable. Il s'agit notamment des canalisations en fonte grise, en plomb en amiante ciment ainsi que des canalisations en PVC implantées avant 1980. selon le ("guide_materiaux_2015.pdf" 2016), les normes pour les matériaux utilisables dans les réseaux d'eau potables sont:

- ❖ Acier: NF EN 10224
- ❖ Béton: NF EN 639, 640, 641, 642
- ❖ Fonte: NF EN 545
- ❖ Polyester renforcé de fibres de verre (PRV): NF EN 1796
- ❖ Polyéthylène haute densité (PE-HD): Norme NF EN 12201
- ❖ Polychlorure de vinyle (PVC): NF T54-034

Dans le cas particulier de la Côte d'Ivoire, la direction centrale de l'hydraulique (DCH) reconvertissement en Onep depuis 2008 a en charge la gestion du réseau et à mener des actions sur le réseau ; ces actions visaient à doter le pays d'infrastructures fiables pour la desserte de l'ensemble du territoire national en eau de qualité bonne pour la consommation. Pour ce faire plusieurs forages ont été implantés ainsi que des stations de traitements des eaux captées (en surface comme en profondeur), la plupart des réseaux du pays datent des indépendances (1960) et les canalisations implantées n'ont jusqu'à présent subi aucun renouvellement. Les canalisations présentes sont en acier, en fonte, en amiante ciment, en PVC et en PE.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

1.5 Dégradation de la qualité de l'eau

Les conduites métalliques se dégradent lentement par perte progressive de métal sous l'effet de la corrosion ce qui diminue leur résistance mécanique et les rendent inutilisables ("Electrosteel, Fonte Ductile Pour Assainissement, Adduction D'eau, Irrigation" 2016).

Un réseau d'eau potable vieillit et avec ce vieillissement une dégradation progressive des canalisations se manifeste au fil du temps (Bouttier et al. 2013), il y a entre autre une diminution des performances hydrauliques du réseau, mais également des ruptures qui entraînent différents types de dommages, la rugosité qui change, et la dégradation avec le revêtement intérieur, cette dégradation va entraîner un impact sur la qualité de l'eau. Dans la présente étude, nous abordons seulement le vieillissement des conduites.

Plusieurs accidents sanitaires ont été relevés au fil du temps, c'est le cas par exemple de FLINT une ville du Michigan aux Etats Unis qui a connu une catastrophe sanitaire suite au relargage par les conduites du plomb dans l'eau de consommation ce qui a entraîné une augmentation du nombre de personnes atteintes d'éruption cutanée, d'arrachement de cheveux ainsi qu'un fort taux de plomb dans le sang des malades. Plus de 8.000 enfants ont notamment été exposés à cet empoisonnement irréversible ("Etats-Unis: Intoxication Au Plomb, L'état D'urgence Décrété À Flint - Amériques" 2016).; A cela s'ajoute des nombreux cas de cancer lié à l'état des canalisations notamment celles en amiante ciment et à leurs incidences sur la qualité de l'eau potable, c'est le cas de Figuig au Maroc ("Figuig: Eau Potable À L'amiante !!!" 2013). En France, les canalisations en plomb ont été à la base de plusieurs maux tels que la baisse des capacités cognitives, un retard du développement psychomoteur et des troubles du comportement ont été relevés pour des mesures de plomb dans le sang supérieures ou égales à 100 µg/L, mais des effets sur le développement neurologique et une perte de QI sont constatés à des niveaux plus faibles. Le plomb est actuellement reconnu comme un toxique sans seuil, notamment pour les enfants âgés de moins de 6 ans et les femmes enceintes (HCSP 2013).

Les canalisations présentes dans le réseau déterminent la nature des contaminants qui aboutiront dans l'eau du robinet. Les contaminants les plus inquiétants issus du relargage sont : l'aluminium ; l'antimoine, l'arsenic le bismuth, le cadmium, le chlorure de vinyle, le cuivre, l'étain, le fer, le nickel, le sélénium et le zinc (Gouvernement du Canada 2010). En fonction des canalisations présentes dans le réseau de distribution d'Abobo, nous montrerons les éventuels contaminants de l'eau.

**CHAPITRE II :
MATERIEL ET
METHODES**

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

2.1 METHODOLOGIE

2.1.1 Présentation du cadre de l'étude

a. La commune d'abobo

Abobo est une commune de Côte d'Ivoire située au nord du district d'Abidjan (Annexe 2). Elle a acquis le statut de commune de plein exercice en 1980 par la loi N° 80-1182 du 17 Octobre 1980 relative à l'organisation municipale. C'est l'une des communes les plus peuplées du district sur une superficie de 10 000 ha, soit une densité de 167 habitants à l'hectare, en 2014 elle abritait une population de 1.030.658 habitants (RGPH). Le taux d'accroissement annuel a subi une baisse passant de 4,6 % en 1998, à 2,6 % en 2014. La commune (Figure 1: CARTE DE LA COMMUNE D'ABOBO compte plus d'une dizaine de quartiers précaires où vivent 60 % de sa population et un bidonville (Lazare et Ghislain, n.d.). Elle fait frontière au sud avec le parc national du Banco qui s'étend sur la plus grande nappe d'eau souterraine de la ville d'Abidjan. Situé sur un vaste plateau de 125 m d'altitude maximale, Abobo constitue la zone la plus élevée de l'agglomération d'Abidjan. La commune d'Abobo est bordée par des talwegs qui couvrent près de 2460 ha de sa superficie (24,6 %). Elle est située dans les formations d'argile sableuse des plateaux dont l'épaisseur varie de 5 à 50 m. La nappe principale alimentée par l'eau de pluie est exploitée depuis plus de 30 ans et est contenu dans les sables fins, les sables grossiers et parfois des sables moyens (Lazare et Ghislain, n.d.). Comme la ville d'Abidjan qui l'abrite, la commune d'Abobo est sous l'influence d'un climat de type équatorial de transition, avec d'importantes précipitations (1400 à 2500 mm/an) centrées sur les mois de juin et octobre.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

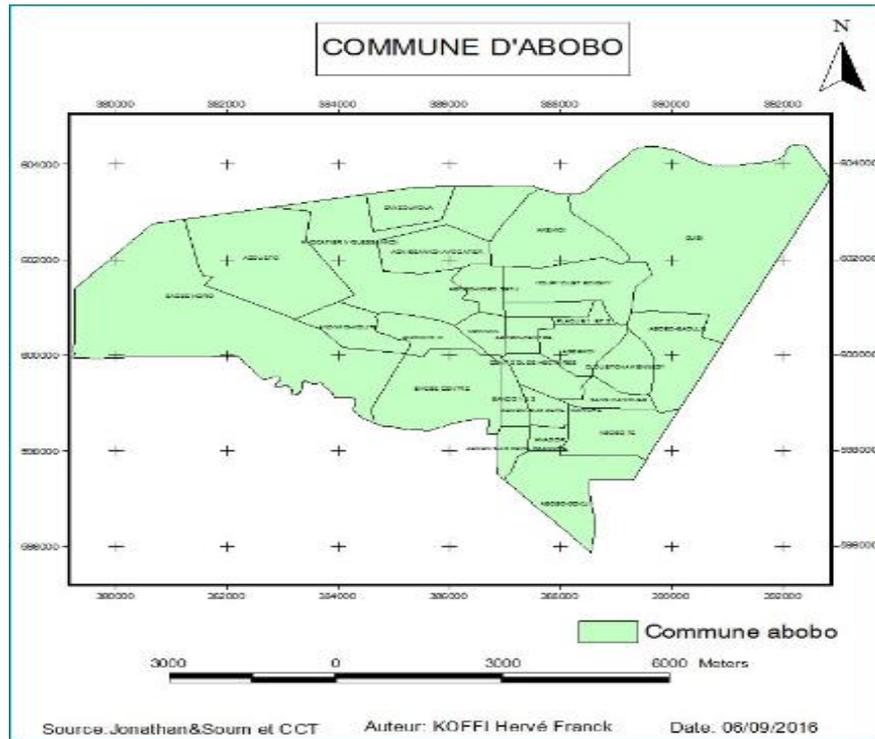


Figure 1: CARTE DE LA COMMUNE D'ABOBO

b. Dynamique ou fonctionnement du réseau

❖ La source d'eau

L'eau de la commune provient d'un champ captant abritant treize (13) forages d'exploitation implantés depuis 1960. Tous ces forages fonctionnent 24h/24. Lorsque les 13 forages sont en service, la production est de 37466 m³/j environ. Depuis 2005, 2 forages sont en service à la mini station d'Avocatier et produisent environ 7667 m³/j

Tableau 1: Production des forages d'Anonkoua KOUTE

FORAGES	Débit (m3/h)	temps pompage (h/j)	débit (m ³ /j)
Forage 1	140	22	3080
Forage 2	120	22	2640
Forage 3	132	22	2904
Forage 4	140	22	3080
Forage 5	112	22	2464
Forage 6	140	22	3080
Forage 7	130	22	2860
Forage 8	150	22	3300
Forage 9	117	22	2574
Forage 10	130	22	2860
Forage 11	142	22	3124
Forage 12	120	22	2640
Forage 13	130	22	2860
TOTAL			37466

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

Tableau 2: Production des forages d'Avocatier

FORAGES	Débit (m ³ /h)	temps pompage (h/j)	débit (m ³ /j)
Forage 1	175	22	3850
Forage 2	173,5	22	3817
TOTAL			7667

❖ La station de traitement

La station d'Anonkoua KOUTE est la première station en service de la commune d'Abobo. Elle permet le traitement de l'eau qui sera desservie à la population de la commune. Mise en service depuis les années 1960, et remise à niveau en 1984, sa capacité était de 1878 m³/h soit environ 41000 m³/j. Face à la croissance démographique de la population, les minis stations ont vu le jour et misent en service en 2005 à Avocatier et à FILITISAC, la station d'Avocatier à une capacité de 7667 m³/j, tandis que celle de FILITISAC est de 5500 m³/j. Aujourd'hui, c'est environ près de 45.133 m³/j de capacité installée de production cumulée qui sont traitées et éjectées dans le réseau à travers des canalisations de différents diamètres. Ces ouvrages sont surexploités à hauteur de 60.000 m³/j soit 122% de la capacité de production

❖ Présentation des composantes du réseau d'eau potable de la commune

La commune d'Abobo dispose d'un réseau d'eau potable datant du début des années 1960, elle a connu quelques extensions au fil des années. Ce réseau est essentiellement maillé et les canalisations le caractérisant sont de natures différentes ainsi que la profondeur de pose qui est d'environ 1 mètre à partir du terrain naturel. Hormis les quartiers de Banco Ouest, Anokoua, Blankro, Agoueto, AKeikoi, Djibi et Biabou, le réseau d'AEP couvre la quasi-totalité des ménages de la commune avec une superficie de pose de 72 Km² environ (Figure 2: CARTE DE COUVERTURE RESEAU). Ce réseau est composé de plusieurs éléments nous citerons par exemple les stations de traitement, les réservoirs (03) ainsi que des canalisations (objet de notre étude) qui servent de point de ralliement entre les forages, les stations, les réservoirs et les ménages (figure 3)

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

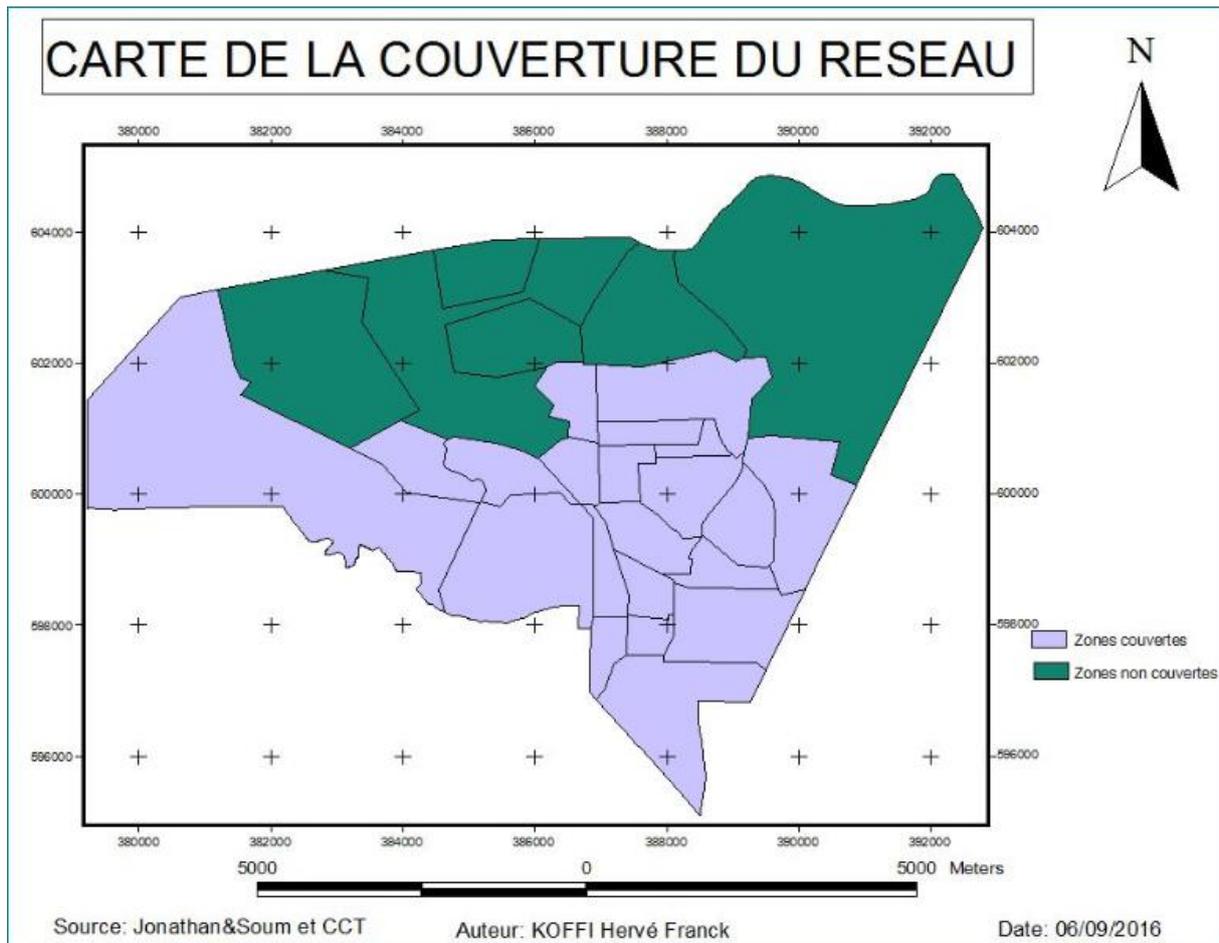


Figure 2: CARTE DE COUVERTURE RESEAU

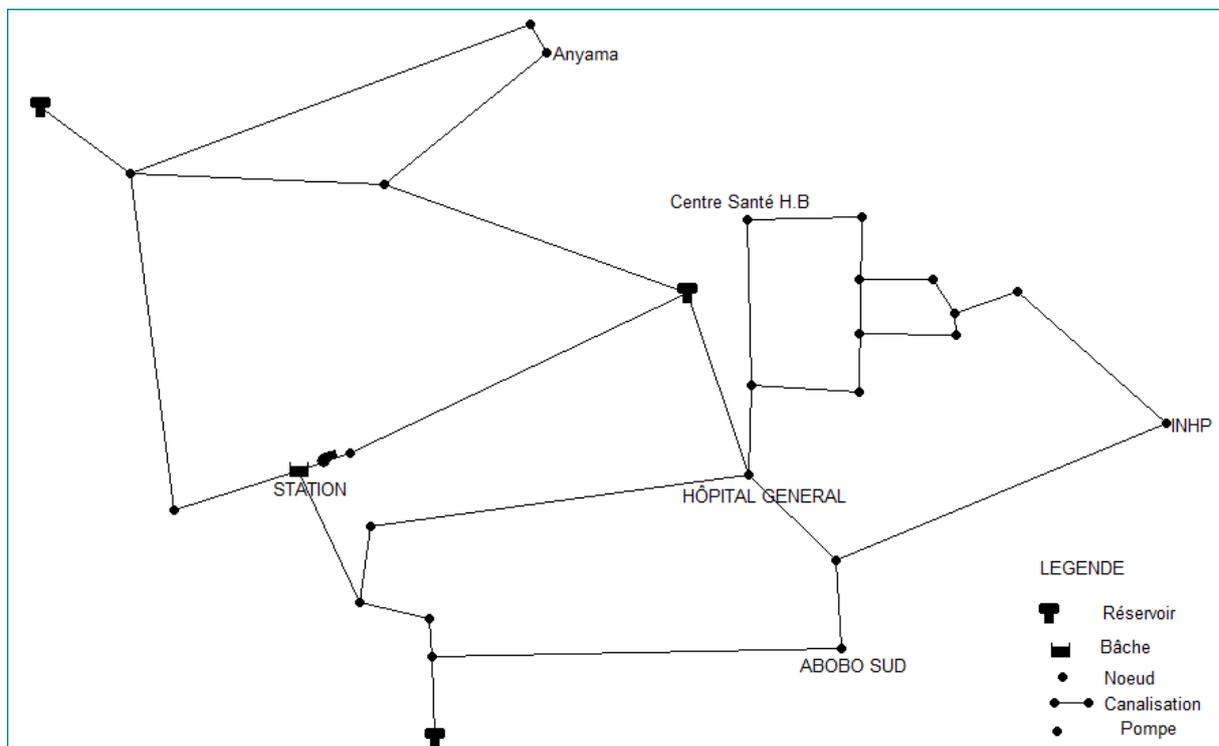


Figure 3: Réseau de distribution d'eau potable d'Abobo

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

2.1.2 Identification des contaminants

La première étape de notre travail est d'arriver à identifier les contaminants qui sont présents dans les canalisations. Pour ce faire, nous y sommes allés en deux temps ;

Dans un premier temps nous avons identifiés tout ce qui existe comme type d'équipements en place ; et ensuite sur la base d'une recherche documentaire nous avons cherché à savoir les contaminants probables que pouvaient relarguer les principales canalisations implantées dans la commune. Cela nous a permis d'avoir une liste de contaminants probables.

❖ Justificatif des points de prélèvements

A la suite de la détection des différents contaminants, il a ensuite fallu vérifier si ces contaminants se retrouvaient effectivement dans le réseau ; pour ce faire, nous avons choisi sur le réseau un certain nombre de points de prélèvements, Trois (03) critères ont dictés le choix des points de prélèvements :

- le type de lieu prévu au Règlement sur la qualité de l'eau potable ou dans les documents de soutien (station, milieu du réseau, fin du réseau).
- La présence dans le lieu sélectionné de caractéristiques au regard visé par l'analyse (lieu possédant une entrée de service en fonte, en amiante, en pvc, et en acier)
- Chaque point est sélectionné à la suite d'une évaluation de la représentativité de ce lieu compte tenu des exigences applicables au type de paramètre mesuré.
- Les prélèvements se feront sur le réseau principal ainsi que sur le réseau secondaire (au niveau des ménages)

2.1.3 Etude physico-chimique et microbiologique

L'étude physico-chimique s'est faite par un échantillonnage sur terrain et mesure in-situ suivi d'une analyse au laboratoire en vue de déterminer les métaux susceptible d'être relargués par les canalisations de la commune. Les échantillons ont été effectués de 09h à 13h, elle a été menée en accord avec la Société de distribution d'eau (SODECI) et avec les services de l'Institut National de l'hygiène publique (INHP). Il faut noter que cette plage d'horaire est imposé par les services de l'INHP et fait suite aux nombreux prélèvements à effectuer par ce service . En effet, l'INHP est la seule qui s'occupe de l'analyse de l'eau potable des réseaux de la ville d'Abidjan. Les prélèvements ont eu lieu à l'entrée de la station, au robinet de sortie de la station, ainsi qu'aux niveaux des ménages.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

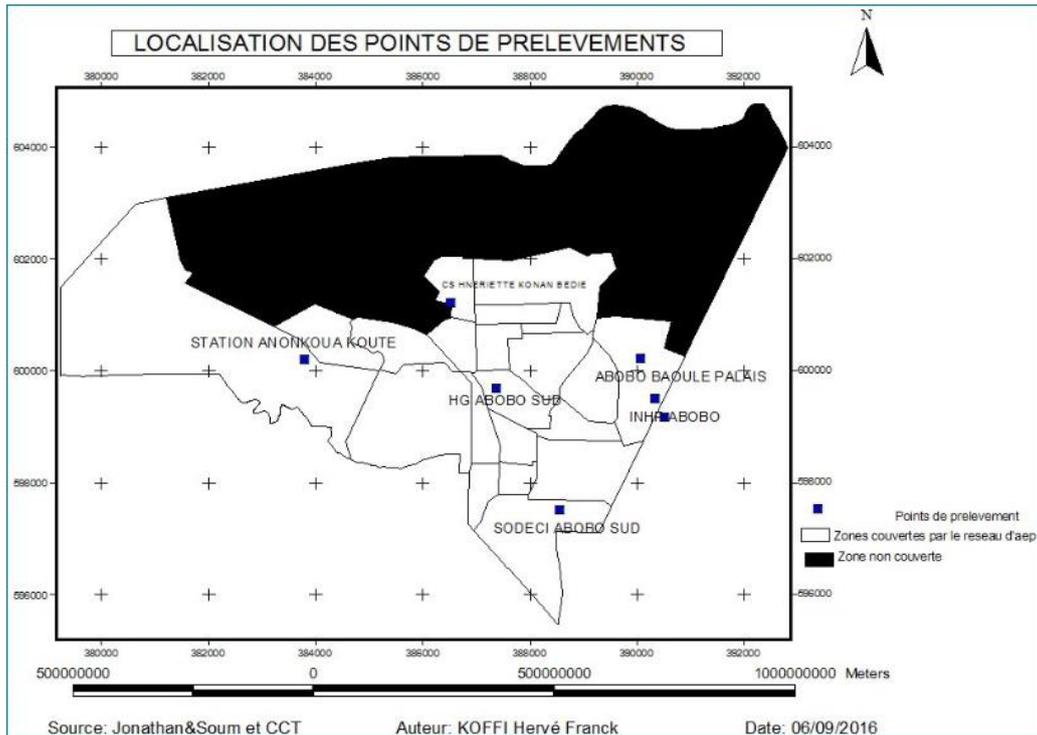


Figure 4: CARTE DE LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENTS

➤ Prélèvement physico chimique

Les échantillons pour les analyses physico-chimiques ont été conservés dans des flacons borosilicatés de forme cylindrique gradués de 1 L et nettoyés à l'eau ultra pure (Figure 5: Flacon de prélèvement physico chimique). L'échantillon a été prélevé juste à l'ouverture du robinet sans laisser couler l'eau au préalable dans le souci d'obtenir une concentration optimale des métaux lourds relargués par les canalisations. Laisser couler l'eau reviendrait à laisser passer une concentration assez importante de ces métaux et donc à ne recueillir qu'un taux qui ne reflète pas la réalité. Une quantité de 100 ml par flacon a été prélevée pour les analyses au laboratoire.



Figure 5: Flacon de prélèvement physico chimique

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

a. Mesure in situ du pH et de la turbidité et de l'oxygène dissous

Des prélèvements in situ pour l'analyse du pH de la turbidité et de l'oxygène dissous ont également été effectués. Le but de cette opération a été d'évaluer le risque de dégradations des canalisations et de prolifération bactérienne. En effet selon (CELERIER *et al.*, 2004.), une eau agressive a tendance à attaquer les matériaux qu'elle rencontre avec des conséquences importantes : dissolution de ciments, attaque des métaux ferreux (corrosion). Elle se comporte dans ce cas comme une eau corrosive. ("Agressivité - Corrosivité: Notions de Base (1 de 3) - Méditerranée" 2016). Pour ce faire une détermination du caractère de l'eau de la commune sera effectuée en comparant le pH de l'eau et le pH de saturation. Aussi, une turbidité supérieure à 0,4 NTU a tendance à indiquer une dégradation importante des canalisations, une précipitation du fer et l'aluminium suite à une oxydation dans le réseau ainsi que des précipités formés qui dégradent la qualité organoleptique de l'eau et conditionnent la prolifération de microorganismes. La détermination de l'oxygène dissous a enfin été effectuée ; car toujours selon les auteurs Toute baisse de la teneur en oxygène dissous détectée sur le réseau peut être interprétée comme un signe de croissance biologique.(CELERIER *et al.*, 2004.).

Cette opération in situ s'est effectuée au niveau des points de prélèvement.

La mesure du pH s'est faite avec le HQ 40d (matériel qui permet de faire la mesure du pH, de la température, de la conductivité, de l'oxygène dissous) qui a d'abord été étalonné (Figure 6:Processus d'étalonnage du HQ 40d. L'étalonnage a servi à vérifier la fiabilité du matériel lors du prélèvement sur terrain. L'étalonnage du HQ 40d s'est fait à l'aide à partir de 3 solutions tampon à pH 4, pH 7 et pH 10. La sonde de l'appareil est plongée dans la solution tampon après avoir été rincée à l'eau ultra pure, ensuite la mise en marche de l'appareil s'effectue.



Figure 6:Processus d'étalonnage du HQ 40d

La lecture des résultats est effectuée après un bip sonore émis par l'appareil. L'opération est répétée pour les autres solutions tampons. L'exactitude ou une marge de 0,02 dans les résultats

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

marque le bon étalonnage de l'appareil. Les valeurs de pH et de température sont lu après la mise en marche du pH mètre puis de sa stabilisation caractérisée par un bip sonore.

b. Analyse des paramètres physico chimique

Après l'identification des contaminants pouvant être relargués par les conduites, des analyses de confirmations ont été effectuées. Ces analyses ont porté que sur le fer et l'aluminium. Les autres contaminants (tableau 9) n'ont pas pu être analysés compte tenu du fait que le laboratoire de l'ONEP ne dispose pas de matériels adéquats pour leurs analyses. En plus de cette insuffisance, il faut également signifier les coûts élevés lorsque les analyses doivent se faire dans un autre laboratoire. Deux méthodes ou test ont été effectuées pour l'analyse du fer et de l'aluminium. Ce sont :

❖ La spectrophotométrie DR 2800 a permis de déterminer la présence de fer dans l'eau. Le programme d'analyse du fer a été sélectionné dans le DR 2800 (255), une éprouvette graduée préalablement rincés à l'eau stérilisée a été remplie avec 25 ml de l'échantillon ensuite le contenu d'une pochette de réactif pour fer ferreux (Ferover) a été transféré dans l'éprouvette graduée, après fermeture de l'éprouvette, il s'en suit une homogénéisation. Le spectrophotomètre DR 2800 est activé avec un minuteur de 3 minutes. La préparation du blanc est ensuite effectuée pour ce faire, 25 ml de l'échantillon sont ajoutés dans une cuve graduée de 1''. Après retentissement de la minuterie, l'extérieur du flacon contenant le blanc est nettoyé et la cuve est déposée dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite. **Zéro** est sélectionné sur l'appareil (l'écran indique 0,00 mg/L Fe^{2+}), ensuite le blanc est retiré, l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon de 10ml est introduit dans le DR 2800 en dirigeant le trait de remplissage vers la droite, le résultat de la concentration du fer est donné après avoir appuyé sur **Mesurer**.

❖ La spectrophotométrie a également permis de déterminer la présence de l'aluminium. Cette analyse s'est faite avec la DR 2800. Tout d'abord il a fallu laver préalablement la verrerie avec une solution d'acide chloridrique 6,0 N et de l'eau déionisée pour éliminer tous les contaminants du verre. Pour l'exactitude des résultats, la température de l'échantillon sera comprise entre 20 et 25°C (68-77°F). Le programme d'analyse de l'aluminium a été sélectionné dans le DR 2800 (10), une éprouvette graduée a été remplie avec 50 ml de l'échantillon ensuite le contenu d'une pochette de réactif à l'acide ascorbique a été transféré dans l'éprouvette graduée, il s'en suit une homogénéisation jusqu'à dissolution de la poudre. Une pochette d'Alu ver 3 (réactif pour l'Aluminium) est ajoutée au contenu de l'éprouvette et est homogénéisé

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

pour permettre une dissolution complète de la poudre ceci dans le but d'éviter des résultats aberrants, il s'en suit une coloration rouge-orange cela marque la présence d'aluminium. La préparation du blanc a lieu à la suite ; une cuve graduée est rempli avec 10 ml du contenu de l'éprouvette, ensuite, une pochette de réactif décolorante Bleaching 3 y est ajouté et le contenu est agité pour bien homogénéiser ; il apparait une coloration orange moyennement faible. Le DR 2800 est alors mis en marche et un temps de 15 minutes est alors observé. 5minutes après le retentissement de la minuterie, l'extérieur du blanc est essuyé et introduit dans le compartiment de cuve du DR 2800 pour lecture. Zéro est sélectionné sur l'écran (l'écran indique 0,000 mg/L AL Al^{3+}), ensuite le blanc est retiré, l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon de 10ml est introduit dans le DR 2800 en dirigeant le trait de remplissage vers la droite ; le résultat de la concentration de l'aluminium est donné après avoir appuyé sur **Mesurer**.



Figure 7: Matériels d'analyses physico chimiques

2.1.4 Etude microbiologique

a. Prélèvement microbiologique

En ce qui concerne l'analyse microbiologique, il a fallu stériliser tout d'abord les flacons de prélèvements en verres borosilicatés de 500 ml à l'autoclave pendant 15 minutes à 121° C avant de nous rendre sur le site de prélèvement. Une stérilisation des bouches de robinet a été effectuée grâce à un chalumeau pendant environ une (01) minute. A la suite de cela, l'échantillon a été prélevé en laissant couler l'eau du robinet pendant deux minutes (02) (figure8). Chaque point de prélèvement a été localisé grâce au un (01) GPS. Les échantillons ont été déposés dans une glacière muni d'accumulateurs de froid à une température de 4°C pour le transport des échantillons au laboratoire.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo



Figure 8: Etapes de prélèvement pour les analyses microbiologiques

Avec ces échantillons prélevés, nous nous sommes rendus au laboratoire pour leurs analyses. Plusieurs tests chimiques et microbiologiques ont à cet effet été effectués.

b. Analyse des paramètres microbiologique

Une analyse microbiologique a été effectuée, elle visait à faire le diagnostic de l'état des canalisations et le risque de pénétration ou d'intrusion des bactéries dans le réseau de distribution d'eau potable suite à une dégradation des canalisations causée par des casses ou à des fuites). Selon AJUSTE *et al*, (2004), une croissance excessive en nutriment dû à la détérioration des canalisations peut favoriser une prolifération d'organismes pathogènes à savoir les bactéries, les virus, les champignons et les organismes pluricellulaires (annexe 2). Un accent sera alors mis sur la recherche bactérienne.

Pour ce faire nous nous sommes basés sur la méthode de mise en évidence des indicateurs de pollution ou de contamination fécale (coliformes et entérocoques fécaux) aux points de prélèvements du réseau (figure 4). Cette méthode est la plus adéquate pour évaluer la qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation parce que d'une part, l'analyse de chacune ces bactéries pathogènes est onéreuse et d'autre part, les indicateurs de pollution ou de contamination fécale renseignent sur la présence des bactéries pathogènes, cette analyse tien

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

compte également du protocole d'analyse de l'eau de consommation proposé par les services d'analyse de l'ONEP et de l'INHP. Deux (02) milieux de culture à savoir le milieu Chromocult Coliform Agar ES (Extra sélectif) et le milieu Slanetz Bartley Agar ont été préparés pour la mise en évidence et le dénombrement. Le premier milieu pour les coliformes totaux ainsi que les coliformes thermotolérants (*Coliformes fécaux et E. Coli*) puis le second milieu pour les *streptocoques fécaux*.

▪ *Préparation des milieux de culture*

Le milieu Chromocult Coliform Agar ES (Extra sélectif) :

34,5 grammes de poudre de Chromocult Coliform Agar est recueilli après une pesée sur une balance électronique. Après pesée et dans une fiole en verre de 2 litres, la poudre est dissoute dans 1 litre d'eau déminéralisée. Après homogénéisation du contenu, la fiole est déposée sur une plaque chauffante pendant environ 45 minutes à l'issue de l'expiration de ce temps, la fiole est enlevée de la plaque et laissée pour refroidissement.

Le milieu Slanetz Bartley Agar :

Après avoir agité le milieu déshydraté, il faut peser 43,4 grammes de poudre de Slanetz Bartley agar à l'aide d'une balance électronique. Ensuite, le dissoudre dans un litre d'eau purifiée contenu dans une fiole en forme de ballon en verre de 2L, attendre 5 minutes, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'une suspension homogène avant de porter à ébullition jusqu'à complète dissolution tout en évitant le chauffage excessif. Pour ce faire, nous avons utilisé une plaque chauffante munie d'un agitateur magnétique pour le chauffage et l'agitation régulière.

▪ *Ensemencement*

Après chauffage, la fiole est déposée pour être refroidie à 45-50°C, puis couler dans les boîtes de pétri. Il s'en suit une filtration sur membrane, la membrane est ensuite déposée sur la gelose (Chromocult Coliform Agar ou Slanetz Bartley Agar) préalablement posée dans les boîtes de pétri. Les boîtes de pétri sont placées dans des incubateurs : celles contenant le milieu de culture Chromocult Agar E. S à 44.5°C pendant 24h et le milieu de culture SLANETZ et BARTLEY à 36°C pendant 48h soit 2 jours. Ensuite les boîtes contenant le milieu de culture SLANETZ et BARTLEY sont exposées à une température de 44° C pendant 2h l'objectif est de dénombrer les *enterococcus faecalis*.

Lorsque le temps d'incubation est atteint, les boîtes de pétri sont retirées de l'incubateur et ensuite s'opère un comptage des colonies suivant les couleurs (bleu ou violet pour les *E.coli* et

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

rose pour les enterococcus *faecalis*). Après le dénombrement des bactéries coliformes, les boîtes de pétri ont été jetées dans un sac en polyéthylène.

2.2 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES A L'ETAT DES CANALISATIONS ET COMPARAISON AVEC LA NORME OMS

En deuxième lieu, il s'agit d'évaluer le risque sanitaire, pour cela à partir des polluants trouvés et en fonction du taux trouvé lors de l'analyse au laboratoire, une comparaison avec la norme OMS a été faite. Cela permettra d'identifier les polluants présents et au-dessus de la norme : que nous les appellerons polluants critiques, les polluants présents au-dessus de la norme mais pas très alarmant ; nous les appellerons polluants acceptables, un troisième lot de polluant qui est en dessous de la norme et donc à surveiller : nous les appellerons polluants sensibles ; et enfin, un type de polluants très en deca de la norme et donc quasi inexistant dans le réseau que nous identifierons comme polluants négligeables. De cette façon, une classification des polluants a été effectuée.

2.3 PROPOSITION D'UNE SURVEILLANCE SANITAIRE

En dernier lieu nous avons procédé à une surveillance sanitaire ; nous nous sommes basé pour cela, sur les règles du contrôle de la qualité de la Direction du Contrôle d'Exploitation et de la Qualité (DCEQ) de l'ONEP et nous avons essayé de voir dans quelle mesure nous pouvions ajouter d'autres paramètres non pris en compte dans l'analyse de routine de l'eau de consommation dudit réseau. Ensuite, nous avons sectorisé les zones afin de voir les zones où il y a plus de dangerosité du fait de la présence des polluants jugés critiques, les zones où il y a moins de dangerosité.

En somme nous avons faire une répartition des fréquences de suivi, de définir les types de prélèvements et d'analyse sanitaire à opérer dans ces zones.

CHAPITRE III :
RESULTATS ET
DISCUSSION

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

3.1 DIAGNOSTIC DE L'EXISTANT

3.1.1 Les canalisations du réseau de la commune

Les conduites d'adduction et de distribution sont les moyens permettant de relier la production aux zones de consommation. Elles constituent le cœur même du réseau matériel, leur bonne connaissance est la base d'une bonne gestion.

A l'instar des autres communes du district, les canalisations caractérisant le réseau d'adduction d'eau potable existent en Fonte ductile, en Amiante ciment, en PVC (polyvinyle de chlorure) et en Acier. Selon la SODECI, le choix de ces canalisations est fonction de la variation de leurs comportements face à l'environnement de pose et de la pression de l'eau qui les traversera. Généralement choisis en fonction de la pression de service, les PVC sont utilisés à des PN 10 et PN16, La fonte est utilisée lorsque les PN 16 ne sont plus adaptée. En plus de cela, le cadre réglementaire de la SODECI stipule que le PVC est utilisé à des $DN \leq 300 \text{ mm}$, au delà du DN 300, l'utilisation de la fonte est conseillée.

3.1.2 Les canalisations d'adduction et de distribution

Les types de canalisations posées pour l'adduction sont en acier, en PVC, en fonte et en amiante ciment, avec une pression de service qui varie de 4 à 6 bars.

Les canalisations de distribution quant à elles ont pour objectif de ramener l'eau à partir des réservoirs jusqu'aux abonnés. Les conduites sont interconnectées et fonctionnent sous pression tout en assurant l'alimentation de la commune. Elles sont en PVC, en fonte, en acier et en Amiante ciment également. Les conditions de pose sont les mêmes qu'en adduction, elles suivent de préférence les artères principales et évitent les terrains accidentés et les domaines privés.

a. Les canalisations en fonte ductile

Elles sont produites grâce à une faible dose de magnésium ajoutée à de la fonte grise et sont constituées d'alliages de fer, de cuivre, de nickel et d'étain employé comme stabilisant ("Matériaux et Techniques, Cours No 8" 2016). Les canalisations en fonte utilisées pour l'adduction en Côte d'Ivoire proviennent toutes de l'Europe (France). Elles sont choisies à cause de leurs propriétés exceptionnelles en termes de leur longue durée de vie estimée à 100 ans et parce qu'elle résiste mieux à la pression que le PVC (50 bars pour le PVC contre 62 bars pour la fonte ductile). Elles ont un revêtement intérieur composé de mortier de ciment et un revêtement extérieur composé de zinc métallique et de peinture bitumineux ("Matériaux et Techniques, Cours No 8" 2016).

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

Au niveau du réseau de distribution de la commune d'Abobo, les canalisations en fonte ductile ont une longueur totale de 65471 m avec des diamètres variant respectivement de 60 mm à 800mm. Ci-dessous un tableau présentant les différents composants des canalisations en fonte.

Tableau 3: Diamètres et linéaires des canalisations en fonte ductile dans la commune d'Abobo:

NATURE	DIAMETRE INTERIEUR (mm)	LINEAIRE ABOBO-SUD	LINEAIRE ABOBO-NORD
<u>FONTE</u>	60	242	0
	80		0
	100	5 325	868
	125	0	0
	150	5 549	213
	200	19 572	2 504
	250	269	974
	300	3 179	3 212
	350	0	0
	400	11 614	4 267
	500	432	1 659
	600	2 391	1 196
	700	0	1 632
	800	0	373
	TOTAL		48 573
% PAR NATURE		13,05%	8,00%

b. Les canalisations en acier

Présentes dans le réseau d'adduction dans la même période que les autres conduites, les canalisations en acier ont été utilisées pour leur résistance à la pression et pour leur longue durée de vie qui est également estimée à 100 ans (SODECI). Ils sont retrouvés dans les réseaux apparents, dans les chambres de vannes ou au pied d'un réservoir en hauteur; elles sont souvent utilisées comme pièces de raccordement et comme baïonnettes. Elles n'ont pas de revêtements. Elles proviennent de l'Europe également (France). Toujours selon la SODECI la société gestionnaire du réseau, les canalisations en acier ont une longueur totale de 235 m avec des diamètres variant respectivement de 60 mm à 400mm.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

Tableau 4: Diamètres et linéaires des canalisations en Acier dans la commune d'Abobo

NATURE	DIAMETRE INTERIEUR (mm)	LINEAIRE ABOBO-SUD	LINEAIRE ABOBO-NORD	
<u>ACIER</u>	60	0		
	80	0		
	100	0	0	
	150	0	0	
	200		0	
	300		0	
	400	235		
	500/600			
	TOTAL		235	0
	% PAR NATURE		0,06%	0,00%

d. Les canalisations en pvc

Les canalisations en PVC sont à haute pression (>10 bars) et à pression normale (<16 bars). Elles sont sans revêtements et composées de PVC et stabilisants, de colorants et de lubrifiants.

Ci-dessous un tableau présentant les différents composants des conduites en PVC.

Tableau 5: Les composés des canalisations PVC

PVC + Stabilisants	Colorants	Lubrifiants
Calcaire	Noir de carbone	Cirre
Zinc	Dioxyde de titane (TiO ₂)	
Etain		

Selon la SOTICI (la société qui fournit les canalisations PVC), plusieurs tests sont effectués sur les conduites en vue de s'assurer de leur qualité ; ce sont entre autre :

- ✓ Le test de gélification qui sert à déterminer la fiabilité de la structure moléculaire
- ✓ Le test de choc qui permet de déterminer la résistance du matériau
- ✓ Le test d'allongement et de traction et le test de retrait.

Toutes ces analyses sont effectués suivant des normes de qualité NR 1452 relatif « aux systèmes de canalisations en plastique pour l'alimentation en eau pour le branchement et les collecteurs d'assainissement enterrés et aériens avec pression et norme ».

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

La durée de vie des canalisations en PVC selon le fabricant est estimé à 50 ans, ce délais a été approuvé après des analyses de pressions effectuées au laboratoire. La longueur totale de pose du PVC est de 511197 m avec des diamètres variant de 42 mm à 300mm.

Tableau 6: Diamètres et linéaires des canalisations en PVC dans la commune d'Abobo

<u>NATURE</u> <u>P.V.C</u>	DIAMETRE INTERIEUR (mm)	LINEAIRE ABOBO-SUD	LINEAIRE ABOBO-NORD
	42/50	2 779	880
	53/63	204 591	145 608
	63/75	13 774	1 179
	75/90	0	0
	78/90	0	0
	80/90	22 421	14 413
	98/110	49 000	24 540
	125/140		0
	144/160	19 513	3 354
	179/200	4 868	4 277
	224/250	0	
	300	0	
	TOTAL	316 946	194 251
	% PAR NATURE	85,12%	92,00%

e. Les canalisations en amiante ciment

Elles proviennent également de l'Europe ; L'amiante-ciment est une association de ciment et de fibre minérale naturelle (silicate magnésium ou calcium) ("Grudibat FGS" 2016). Généralement utilisée dans le bâtiment, elle est aussi employée pour le transport de l'eau dédiée à la consommation. Comme dans la plupart des villes Ivoiriennes, son implantation dans la commune d'Abobo date des années 60, elle a été utilisée pour ses propriétés, de résistance mécanique et de protection contre les incendies (inflammable) ; son revêtement est à base de mortier ciment. Avec un linéaire total de 10.173 mètres et des diamètres variant de 60 mm à 400mm elles représentent 1,77% des canalisations implantées dans la commune.

Tableau 7: Diamètres et linéaires des canalisations en amiante ciment dans la commune d'Abobo

DIAMETRE INTERIEUR	60	80	100	200	300	400	TOTAL
LINEAIRE (m)	1403	543	2500	1177	2135	2415	10.173

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

RECAPITULATIF DU LINEAIRE PAR TYPE DE CANALISATION

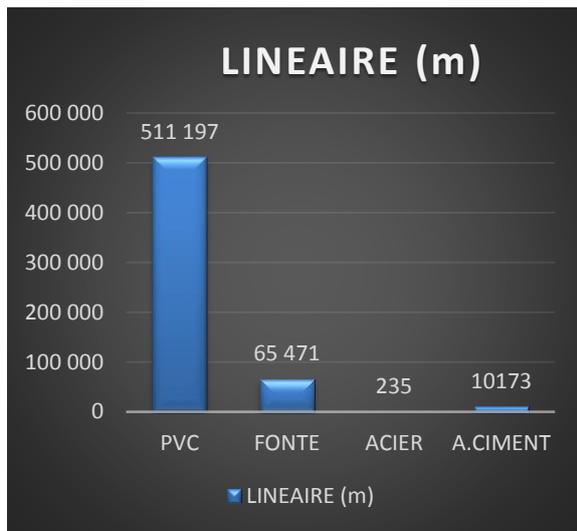


Figure 9: Répartition des canalisations d'Abobo:

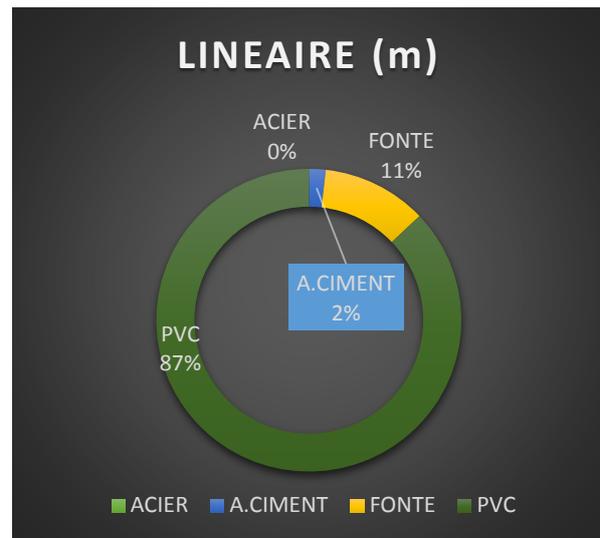


Figure 10: Taux de couverture des types de canalisations d'Abobo

✚ ETAT ACTUEL DES CANALISATIONS

La commune d'Abobo dispose d'un réseau d'eau potable qui a connu quelques extensions au fil des années mais pas encore de renouvellement de conduites.

Malgré l'âge des canalisations, elles sont pratiquement toutes en service, Cependant, une opération de renouvellement de ces canalisations est en cours.

Tableau 8: Tableau récapitulatif de l'état actuel des canalisations

	Année	Saine	renforcée	Vieille	En service	Extension	Renouvelée	Hors service
PVC	1960						NON	
Fonte	1960						NON	
ACIER	1960						NON	
AMIANTE CIMENT	1960						NON	
		Etat des conduites						

3.1.3 Contaminants probables

➤ Les canalisations à base de ciment telle que l'amiante ciment et les revêtements en mortier de ciment

Elles sont détériorées en présence d'une eau agressive (Kleiner and Rajani 2002). Ce type de canalisation libère au contact de l'eau, de l'hydroxyde de calcium dans l'eau distribuée ce qui peut entraîner une augmentation du pH, de l'alcalinité de la teneur en calcium, et une libération

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

de l'aluminium et de l'amiante (Gouvernement du Canada 2010). Des taux élevés de ces métaux (supérieurs à la norme) peuvent entraîner des incidences sur la santé du consommateur ; Les fibres d'amiante par exemple sont à l'origine de crises d'asthme, d'ulcères, de cancers et même d'arrêt cardiaque. ("Santé et Sécurité" 2016)

➤ **Les canalisations à base d'alliage de fer telles que les fontes et l'acier**

Elles libèrent du nickel et du fer dès les premiers contacts avec l'eau (Gouvernement du Canada 2010). La plupart des problèmes d'eaux rouges sont causés par de vieilles canalisations en fonte car leurs surfaces étant recouvertes de nombreuses tubercules liées notamment à la corrosion, relarguent de la rouille responsable de la couleur de l'eau. Hormis la rouille, un autre métal se dépose aussi lors de la détérioration des canalisations, il s'agit du cuivre ; en effet des chercheurs ont montrés que les microparticules de cuivre mélangés à l'eau desservie et consommés pendant une longue période peuvent entraîner un excès de cuivre dans le corps et engendrer la maladie d'Alzheimer, des problèmes cardiaques ou le diabète. ("PVC - Toxipedia" 2016)

Le fer et le cuivre sont présents dans l'eau sous forme inorganiques, ainsi les personnes qui consomment une eau contenant un taux élevé de cuivre et de fer (supérieur à la norme) peuvent voir leur espérance de vie diminuer de 10 à 15 ans. ("Les Canalisations En Cuivre, Un Risque Pour La Santé?" 2016)

➤ **Cas des canalisations en PVC**

Deux types de canalisations en PVC sont actuellement présents dans le réseau de la commune d'Abobo. Ce sont les canalisations posées avant 1980 et ceux acquis avec la SOTICI depuis après 1980.

• **Avant 1980**

Les canalisations en PVC utilisées avant 1980 rejettent **un gaz particulièrement toxique** : le chlorure de vinyle monomère (CVM) dans l'eau. Ces rejets génèrent un risque avéré d'angiosarcome hépatique, un cancer « rare et de très mauvais pronostic » *selon l'Institut de veille sanitaire (Invs)* (PETIT 2016).

Un cancer d'autant plus difficile à détecter qu'il peut mettre 20 à 50 ans avant de se déclarer. Elle peut également entraîner des cancers du foie. ("Des Canalisations D'eau Potable En PVC À Surveiller - Règles Techniques" 2012)

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

- **Depuis 1980**

La dégradation des canalisations en PVC a tendance à relarguer des contaminants dans l'eau destinée à la consommation. Ces contaminants sont généralement les additifs apportés à la canalisation en PVC; dans notre cas il s'agit, du CVM, de l'étain, du zinc, du titane ("PVC - Toxipedia" 2016), du phtalate ainsi que du plomb ("PVC et Environnement" 2016)

Tableau 9: Récapitulatif des contaminants probables issus des canalisations de la commune d'Abobo

CANALISATIONS	COMPOSITIONS	CONTAMINANTS PROBABLES
FORTE	Fer, cuivre	Fer, cuivre
ACIER	Fer, cuivre, Nickel	Fer, cuivre, Nickel
PVC	CVM, étain, titane, zinc, noir de carbone, calcaire	CVM, l'étain, zinc, titane, plomb, phtalate
AMIANTE CIMENT	Fibre d'amiante, aluminium, calcium	Fibre d'amiante et aluminium

3.1.4 Résultats de prélèvements et d'analyses (physicochimique et microbiologique)

Dans le contrôle de l'agressivité de l'eau, un suivi du pH a été mené sur onze (11) semaines. Le graphe suivant montre une évolution du pH de l'eau de la commune durant cette période. Les résultats montrent une baisse du pH de l'eau de la semaine 1 à la semaine 3 et de la semaine 6 à la semaine 8, des légères hausses sont observées entre la semaine 3 et la semaine 6, c'est aussi le cas de la semaine 8 à la semaine 10. En somme, l'eau desservie dans la commune d'Abobo a un pH en dessous de 8 et donc respecte la directive OMS (6,5-8,5). La moyenne du pH après traitement déterminé au cours des opérations de prélèvements évaluée à environ 7,8 traduit un caractère acceptable de l'eau. Cependant une prolongation des résultats démontre une baisse progressive du pH indiquant que l'eau a tendance à atteindre des pH acides. Une étude menée au Canada converge dans le même ordre d'idée ; elle indique qu'une eau à pH bas, est particulièrement corrosive pour les matériaux qu'elle rencontre en particulier les matériaux comprenant du ciment dans leur composition tel que les canalisations en amiante-ciment qui sont particulièrement sensibles à l'eau à faible pH (pH <7,5 à 8,0). ("Recommandations Pour La Qualité de L'eau Potable Au Canada : Document Technique - pH" 2016).

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

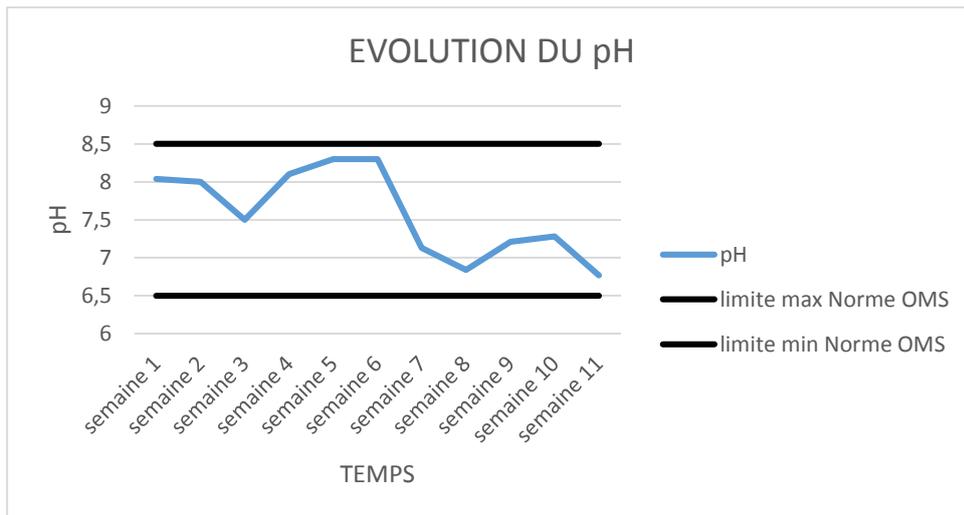


Figure 9: Evolution du pH

Une détermination du caractère de l'eau sera donc effectuée à la suite pour se rassurer effectivement du caractère de l'eau et déterminer par conséquent le risque de corrosion à partir de l'eau qui traverse les canalisations. Pour ce faire une comparaison entre le pH et le pH optimal d'attaque des canalisations a été nécessaire.

a. Détermination du caractère de l'eau

Le graphe ci-dessous met en exergue la comparaison entre le pH et le pH d'attaque. L'étude menée sur onze (11) semaines révèle une infériorité du pH par rapport au pH d'attaque à plusieurs points et pendant plusieurs semaines. Ce résultat est en phase avec les conclusions du questionnaire du réseau et permet de conclure que l'eau présente dans le réseau de la commune d'Abobo a tendance à avoir un caractère agressif et traduit par conséquent un risque d'effritement des canalisations notamment celles en amiante ciment.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

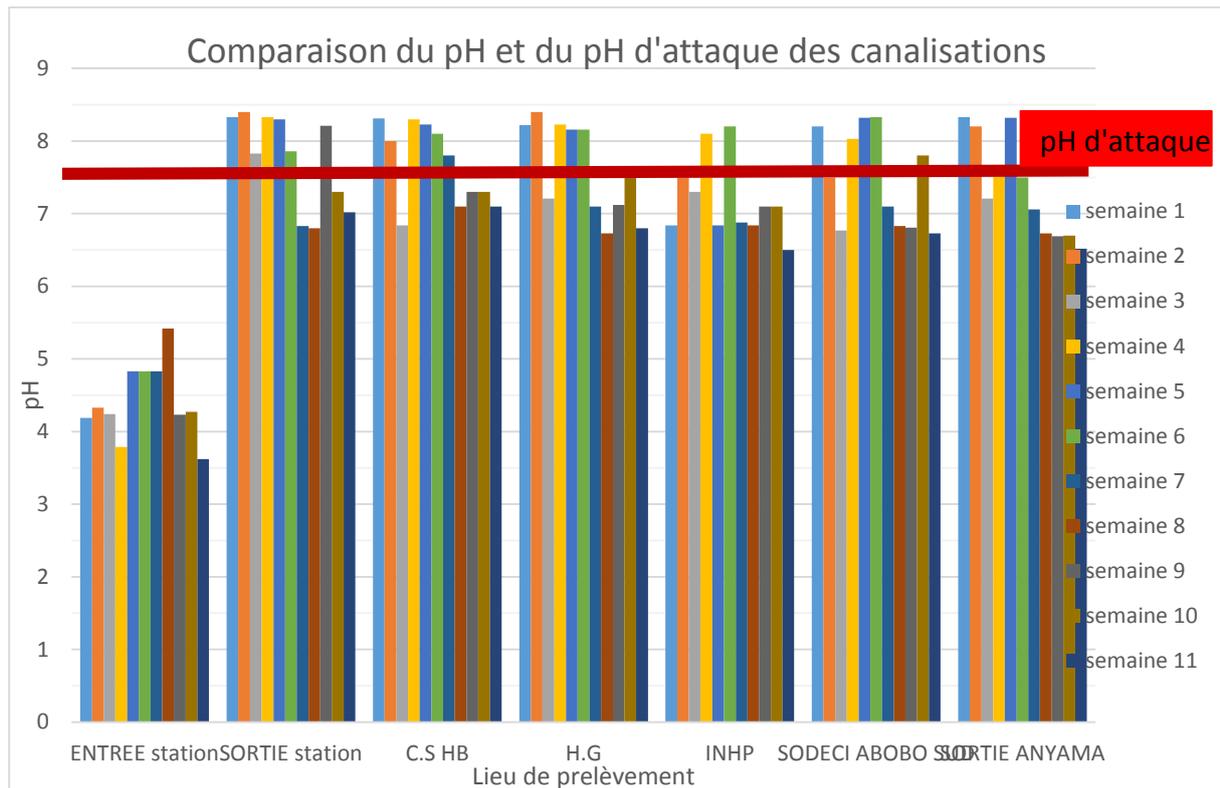


Figure 10: Comparaison pH d'attaque et pH

a. Analyse la turbidité et de l'oxygène dissous

❖ **CAS DE LA TURBIDITE**

Le graphe ci-dessous met en exergue une évolution de la moyenne de la turbidité en fonction de la valeur limite pour un développement de microorganismes. L'eau de la commune fait état d'une quasi stabilité depuis la semaine 1 à la semaine 11 évaluée à environ 1,6. Cette turbidité (supérieure à 0,4 NTU) tend à montrer que l'eau desservie à la commune présente des conditions optimales pour une précipitation de fer, de l'aluminium et pour une prolifération de microorganismes ("fndaehs12.pdf," n.d.).

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

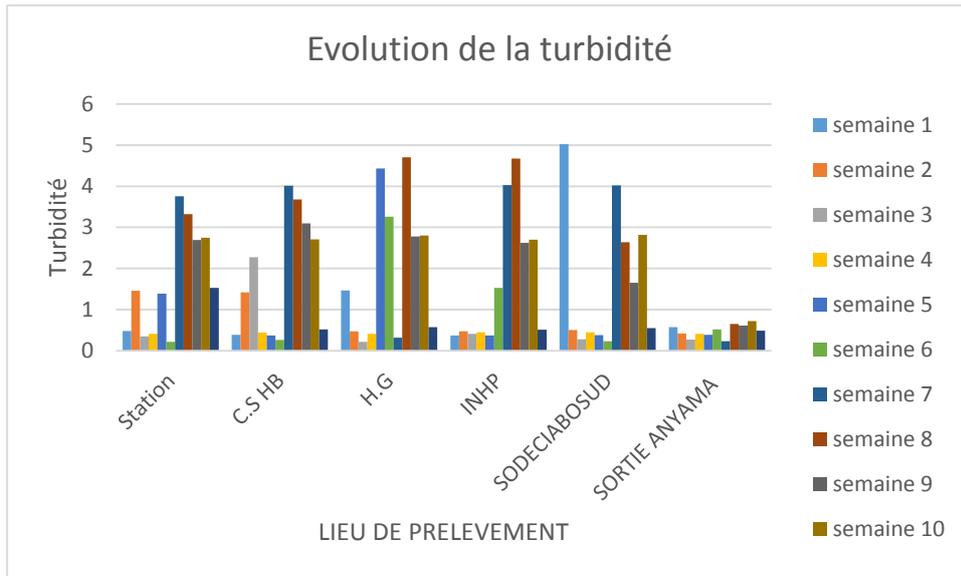


Figure 11: Evolution de la turbidité

❖ CAS DE L'OXYGENE DISSOUS

Le graphe 12 fait état du taux de l'oxygène dissous dans le réseau durant la période de prélèvement et d'analyse de l'eau. La variation de l'oxygène dissous est un indicateur pour la croissance biologique. En effet, selon CELERIER *et al.*, (2004), une baisse de l'oxygène dissous détectée dans le réseau peut être interprétée comme un signe de croissance biologique. Les résultats indiquent une faible hausse de l'oxygène dissous aux différents points durant les semaines de prélèvements. ce qui permet de conclure que ce paramètre ne peut pas être responsable d'une présence de microorganismes dans l'eau du réseau à ces points.

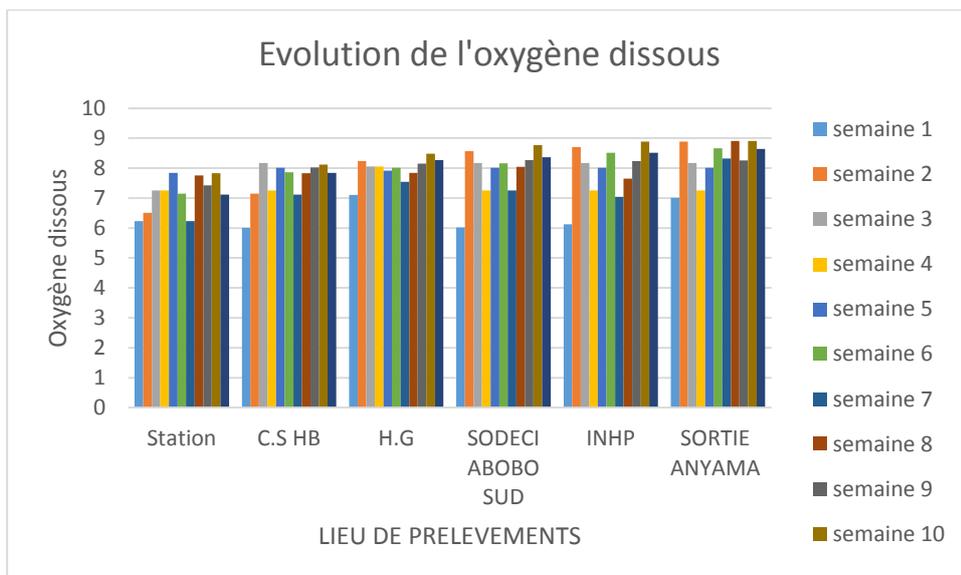


Figure 12: Evolution de l'oxygène dissous dans le réseau d'Abobo

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

3.2 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES A L'ETAT DES CANALISATIONS

❖ CAS DE L'ALUMINIUM ET DU FER

Le tableau suivant donne la moyenne en aluminium et en fer comparé aux différentes plages de leur criticité par rapport à la norme. Les résultats font état d'une évolution de l'aluminium et du fer en dessous de la norme de dangerosité et donc ne peuvent pas normalement causer des désagréments probants sur la santé du consommateur. Ces polluants sont présents dans le réseau en état de trace et la présence du fer est négligeable par rapport à celui de l'aluminium.

Tableau 10: Criticité des contaminants

CLASSE DE POLLUANTS	L'ALUMINIUM		LE FER	
	valeurs	Moyenne en (mg/l)	valeurs	Moyenne en (mg/l)
Polluant critique	0,3 et +		0,4 et +	
Polluant acceptable	0,2-0,3		0,3-0,4	
NORME OMS	0,2		0,3	
Polluant sensible	0,1-0,2	0,16166667	0,2-0,3	
Polluant négligeable	0-0,1		0-0,2	0,0525

Cependant, une surveillance particulière devrait être menée sur la concentration d'aluminium dans l'eau de la commune d'Abobo. En effet, la concentration d'aluminium émise dans l'eau est évaluée à 0,16 mg/l en moyenne sur 0,2 mg/l. Au fil du temps cette concentration aura tendance à augmenter dans l'eau du réseau. Les zones à fort taux de relargage sont les secteurs de Anyama, du centre de santé Henriette Bédié ou la concentration est très proches respectivement (0,18 mg/l et 0.17 mg/l), dans certains secteurs, ces concentrations dépassent même la norme c'est le cas des secteurs de l'INHP Abobo et de du secteur sodeci Abobo SUD présenté par la figure 15 suivante. Cette figure montre la moyenne d'émission de l'aluminium par secteur.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

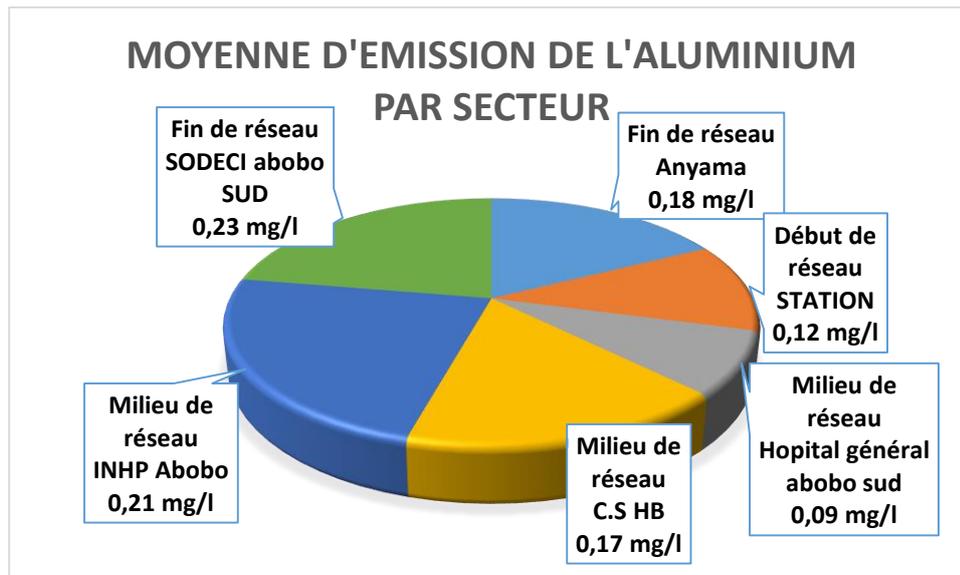


Figure 13: Moyenne d'émission de l'aluminium par secteur

Les résultats présentent un taux assez élevé d'aluminium dans le réseau (supérieur à la norme : 0,2 mg/l) précisément en milieu de réseau (0,23 mg/l au secteur SODECI d'Abobo sud et 0,21 mg/l au secteur INHP). Cela pourrait se traduire par un effritement d'une conduite en amiante ciment (seule canalisation possédant de l'aluminium dans sa composition) vue l'âge d'implantation des canalisations dans la commune. Le rapport de l'OMS indique une concentration de 0,2 mg/l pour l'aluminium dans une eau dédiée à la consommation humaine. Cependant, l'aluminium est présent à des concentrations au-delà de la norme à certains endroits traduisant ainsi une non-conformité de ce contaminant dans l'eau potable de la commune.

L'ingestion d'eau chargée en aluminium, sur une longue période, peut entraîner de graves symptômes : endommagement du système nerveux central, fatigue chronique, démence, perte de mémoire, apathie et tremblements (OMS, 2011).

Certaines corrélations inquiètent la communauté scientifique : il existerait une relation entre la présence d'aluminium dans le corps humain et le développement de démences, telles que la maladie d'Alzheimer. . ("Détection et Analyse Aluminium Dans Votre Eau de Réseau : Quels Tests Effectuer ?" 2016).

Dans le même élan, L'étude française PAQUID parut en 2010 a suivi pendant huit ans plus de 3.700 volontaires. Les auteurs concluent que les personnes dont l'eau de boisson contient plus de 0,1 mg d'aluminium par litre ont deux fois plus de risques de développer la maladie d'Alzheimer. ("Pollution de L'eau - L'aluminium Dans L'eau Du Robinet" 2016).

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

Ces concentrations pourraient faire craindre le relargage d'un autre composant beaucoup plus dangereux de cette canalisation ; il s'agit des fibres d'amiantes qui selon une résolution du parlement européen en 2013 est à l'origine de plusieurs maladies telles que le cancer du poumon et le mésothéliome pleural. L'ingestion d'eau contenant de telles fibres provenant de conduites d'eau en amiante et ont été reconnues comme dangereuses pour la santé. ("Eau Potable : Canalisations En Amiante-Ciment Dangereuses Pour La Santé ? | Alea Contrôles" 2016).

Aussi, selon le Ministre de la Santé et de la lutte contre le Sida, avec le taux de malades du cancer de poumon que connaît le pays depuis pratiquement 20 ans, évalué à environ 200 000 malades par an ("Cancer En Côte d'Ivoire, 16 À 20.000 Nouveaux Cas Chaque Année" 2016), et vu le taux alarmant de guérison, quels que soient les moyens thérapeutiques qui n'excède pas 3% selon le Professeur Echimane Kouassi Antoine (FS 2008) ; il ne serait pas inutile de soupçonner que certaines de leurs causes puissent survenir de l'eau desservie à la population surtout l'eau qui passe par les canalisations en amiante ciment. Cependant ce taux élevé d'aluminium pourrait aussi être due à une source de contamination provenant de la nature notamment aux ruissellements des sols traversés par l'eau captée ; l'aluminium se trouvant dans les sols, dans les minéraux et les roches, et dans les eaux ou il est acheminé jusqu'aux robinets du consommateur. ("Détection et Analyse Aluminium Dans Votre Eau de Réseau : Quels Tests Effectuer ?" 2016). Bien que le corps humain en élimine 99%, le danger apparaît seulement lorsque l'eau est trop chargée en aluminium. À taux élevé, il devient dangereux pour l'homme.

❖ CAS DES BACTERIES

La figure 16 suivant représente la moyenne en coliformes totaux à différents points du réseau. Il montre d'une part une moyenne normale égale à 0 UFC aux endroits que sont INHP abobo et anyama et d'autre part une moyenne anormale de 3UFC, 7UFC et 13 UFC respectivement aux points de prélèvements que sont la station et le centre de santé Henriette Bédié, la SODECI et enfin à l'hôpital générale d'abobo sud. Dans ces derniers secteurs indiqués ci-dessus, la présence de ces microorganismes en milieu et fin de réseau montre une non-conformité de la qualité de l'eau en référence à la norme (OMS, 2011) qui est de 0 UFC.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

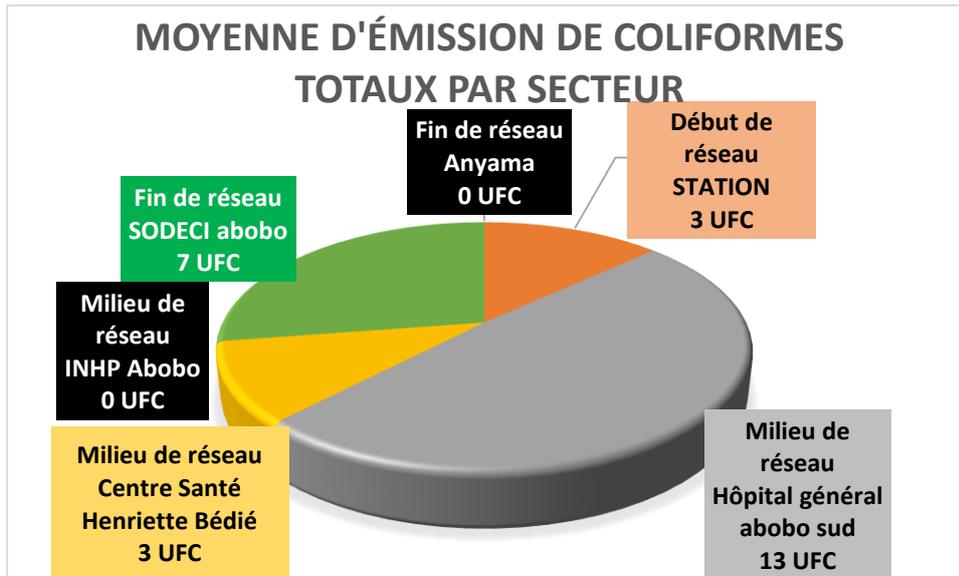


Figure 14: Moyenne d'émission de coliformes totaux par secteur

La figure 17 ci-dessous représente la moyenne en entérocoques aux mêmes points que précédemment. Hormis la station où la moyenne d'entérocoques était de 0 UFC, les endroits suivants tels qu'Anyama, l'hôpital général d'abobo sud et l'INHP ont présenté une moyenne de 1 UFC. Le centre de santé HKB et la SODECI ont présenté une moyenne respective de 3UFC et 7UFC. En générale, une pollution en milieu de réseau est observée par la présence d'entérocoque.

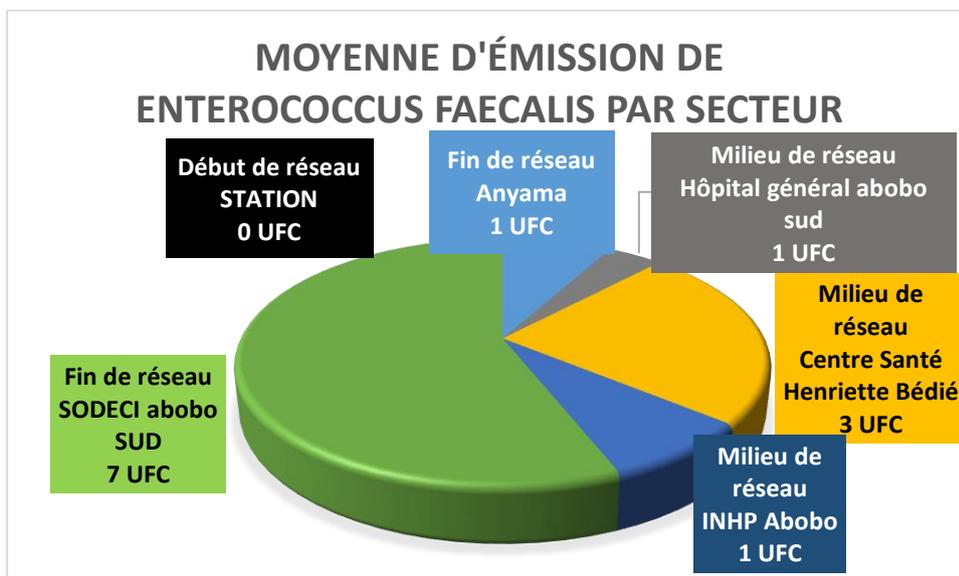


Figure 15: Moyenne d'émission d'entérocoques fécaux par secteur

Les résultats obtenus sur le réseau de la commune d'Abobo font état d'une présence de microorganismes dans le réseau (coliformes totaux et entérocoques fécaux) principalement en

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

milieu et en fin de réseau pour les coliformes ainsi qu'en milieu de réseau pour les entérocoques. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce fait, la turbidité de l'eau qui favorise des conditions optimales pour un développement de bactéries (CELERIER *et al.*, 2014.). Cela pourrait être également dû à un non-respect des normes de pose des canalisations tel que la séparation des canalisations d'eau potable avec des ouvrages d'assainissement (conduites d'eau usée, ouvrages de drainage d'eaux pluviales, bassin de lagunage...) ou à une dégradation d'une ou plusieurs canalisations suite aux actes de vandalisme opérés sur le réseau, ou par une inadéquation dans le mode de purge et de clarification de l'eau pour rendre l'action du chlore résiduelle efficace. (AJUSTE *et al* 2004); La conséquence directe de ces faits implique une intrusion de ces microorganismes dans le réseau et donc à une contamination de l'eau par une source extérieure. La présence de coliformes fécaux et/ou d'entérocoques indique qu'il y a présence d'une source de matières fécales (fumier, fosse septique ...). Les semaines 6,7 et 11 notamment dans les zones de l'hôpital général et du centre de santé Henriette Bédié indiquent que les entérocoques sont présents en nombre beaucoup plus élevé que les coliformes fécaux, cela traduit une persistance des entérocoques puisqu'ils survivent plus longtemps dans l'environnement. (www.infoconceptweb.com 2012).

Hormis une absence d'*Escherichia Coli* et de coliformes thermo tolérants, l'analyse de avril à juin 2016, révèle une présence de coliformes totaux à plusieurs secteurs ainsi que d'entérocoques fécaux de dans le réseau. La présence de ces contaminants montre une non-conformité de la qualité de l'eau en référence à la norme ("OMS | Directives Pour La Qualité de L'eau de Boisson" 2016) qui stipule qu'une eau de consommation ne doit pas contenir de microorganismes. Aussi les résultats montrent une persistance des entérocoques fécaux sur deux opérations consécutifs dans la même zone de prélèvement (Centre santé Henriette Bédié). Les entérocoques ont la capacité de croître à une température entre 10 et 45°C. La persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (OMS, 2011) Par ailleurs, puisqu'il n'y a généralement pas de croissance des entérocoques dans un réseau de distribution, leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente (Clausen *et al.*, 1977). La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire sérieusement soupçonner une contamination d'origine fécale et la présence de microorganismes entéro pathogènes. ("Entérocoques et Streptocoques Fécaux | INSPQ - Institut National de Santé Publique Du Québec" 2016).

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

Le taux de malades dues à l'eau de consommation n'est pas clairement établi, cependant de forts soupçons de la part des acteurs de la santé planent sur l'eau utilisée par les populations qui serait à l'origine de maladies hydriques avec d'énormes conséquences sur la santé du consommateur. Un article de l'UNICEF en fait mention en pointant du doigt l'entretien des ouvrages hydrauliques et les conditions sanitaires précaires causés pour la plupart par la crise qu'a connue le pays. Cela a accru le risque de transmission des maladies hydriques, et ce tant en milieu rural qu'en milieu urbain. Conséquemment, de nombreux enfants meurent ainsi chaque jour de maladies diarrhéiques et d'autres maladies transmises par l'eau ("UNICEF Cote D' Ivoire - Eau et Assainissement - EAU ET ASSAINISSEMENT" 2016). Aussi, selon une étude faite à Yaoundé par Nga et al. (2014), qui a montré une relation entre pollution des eaux de source puis de forage et des maladies hydriques enregistrées dans un centre de santé. En effet, il a été détecté dans ces eaux un indice de contamination fécale anormale suite au dénombrement d'Escherichia Coli. Aussi, dans le centre de santé du quartier les statistiques ont montré que 1750 habitants ont souffert de maladies hydriques.

3.3 PROPOSITION D'UNE SURVEILLANCE SANITAIRE

L'ONEP, à travers sa Direction de Contrôle d'Exploitation et de la Qualité (DCEQ) et dans sa démarche pour une amélioration continue dans la fourniture d'une eau de qualité à la population Ivoirienne, a initié un programme de surveillance sanitaire (Figure 20: PROCEDURES DE SURVEILLANCE SANITAIRE DES EAUX DISTRIBUEES) sur l'ensemble du périmètre affermé géré par la SODECI à savoir le milieu urbain. Ce programme est basé sur le prélèvement et l'analyse des eaux (eau brute et eau potable). Cela permet de suivre la qualité de l'eau :

- Au niveau des ressources (eaux brutes)
- A la sortie des stations de traitements (eaux mises **en** distribution) ;
- Sur le réseau de distribution jusqu'au robinet du consommateur final.

Ces analyses, encore appelées analyse de routine sont effectuées en prenant en compte les paramètres organoleptiques (turbidité, couleur/saveur), les paramètres physico chimiques (température, pH, fer, aluminium...) ainsi que les paramètres microbiologiques (coliformes totaux, coliformes thermo tolérants, *Escherichia coli* streptocoques fécaux...). Dans ces paramètres physico chimiques; seuls le fer, l'aluminium, le manganèse et les fluorures sont analysés. Ces paramètres bien qu'importants ne garantissent pas une certitude quant à l'état des canalisations et à la qualité de l'eau distribuée. La présence du taux élevé d'aluminium et

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

la présence d'entérocoques fécaux dans le réseau montrent une intégrité partielle du réseau de la commune. Plusieurs raisons peuvent expliquer cet état de fait :

❖ L'AGE DES CONDUITES

Les premières canalisations implantées date de 1960, des travaux d'extension sur le reseau sont en cours de réalisation en vue de couvrir les besoins de la population. En se referant à la date de pose des premières canalisations, nous remarquons que suls les canalisations en PVC doivent être remplacées, la fonte, et l'acier ont dejat atteind la moitié de leur durée de vie, un renforcement des conduites est necessaire pour garantir le bon fonctionnement de la conduite.

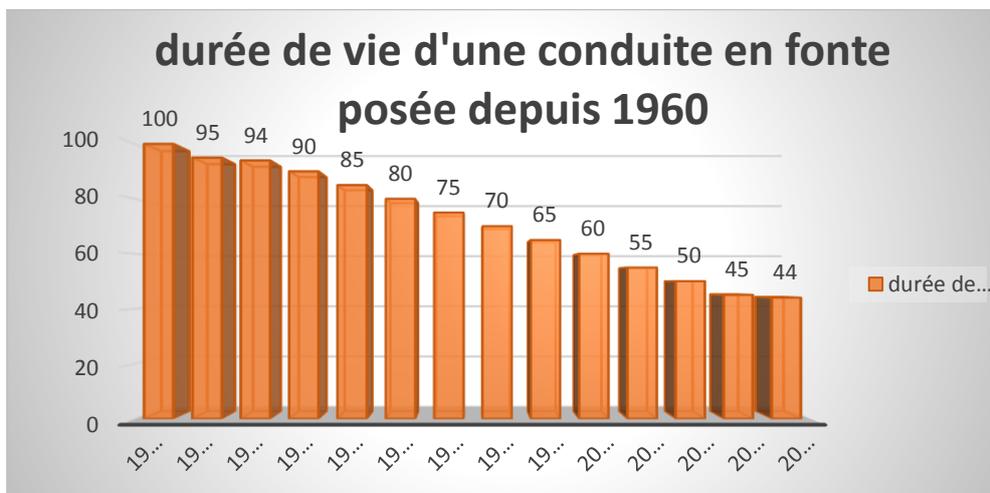


Figure 16: durée de vie d'une conduite en fonte posée depuis 1960

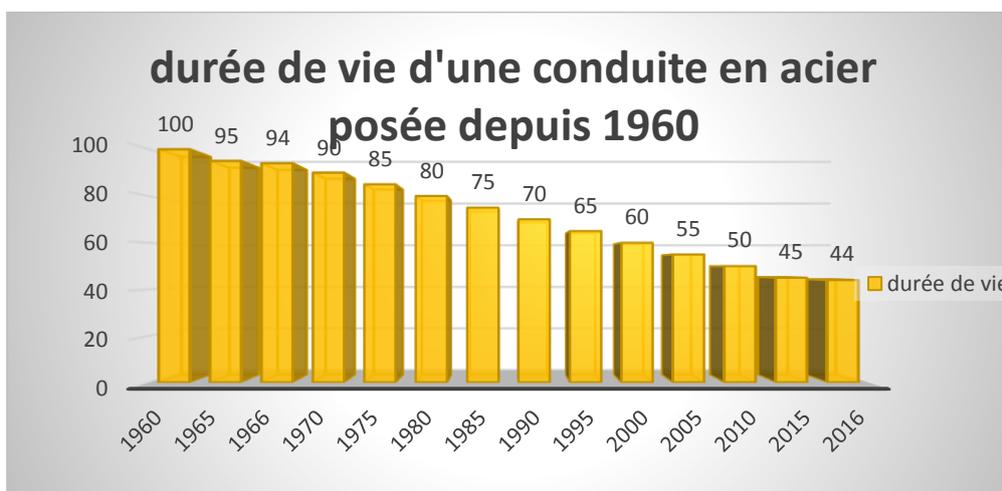


Figure 17: durée de vie d'une conduite en acier posée depuis 1960

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

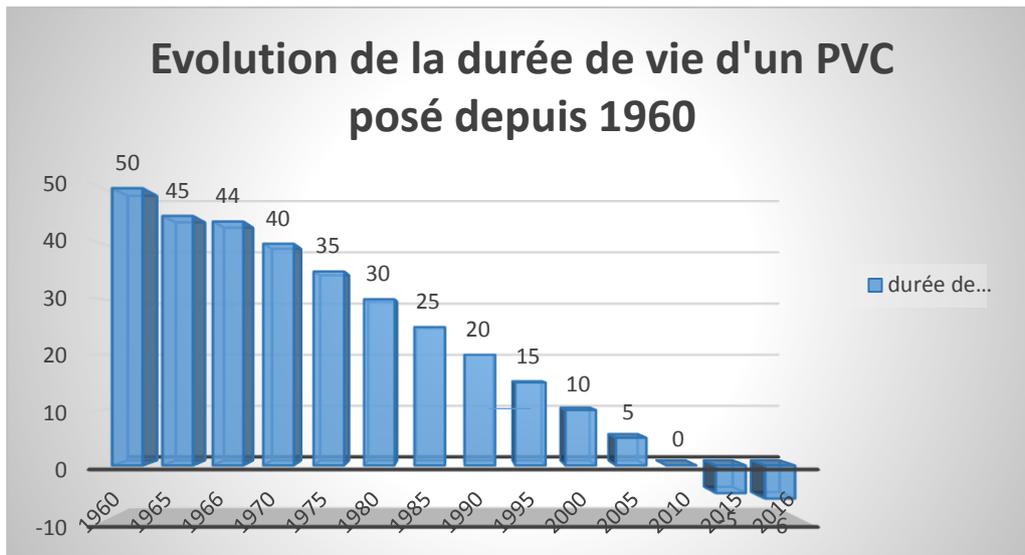


Figure 18: Evolution de la durée de vie d'un PVC posé depuis 1960

❖ LA VITESSE DE CORROSION DES CANALISATIONS METALLIQUES

Les vitesses de corrosion relevées dans la littérature est fonction de la température, du pH et de la nature du sol. La prise en compte de tous ces paramètres nous renseigne sur La vitesse de corrosion de la fonte et de l'acier. En effet, pour une conduite en acier la vitesse de corrosion est évaluée à environ 5 mm/an (GRAS J. M 1995) tandis que selon (Ductile Iron Pipes Research Association 2013) celle d'une conduite en fonte est évaluée à 0,31 mm/an. Partant de ces valeurs, et sachant que la longueur maximale d'une conduite posée sans raccordement est de 6m environ, le temps de corrosion de toute la conduite sera de 19354 ans pour la fonte et de 400 ans pour l'acier. L'impact de la corrosion s'avère dès lors négligeable dans la prise de décision pour un éventuel remplacement de la conduite.

Selon Blindu (2013) , le risque de relargage des composants de ces canalisations reste assez important.

Par conséquent, vue l'âge des canalisations et vue l'utilisation de l'amiante ciment malgré son interdiction, une surveillance poussée de l'état des équipements hydrauliques et l'analyse d'autres paramètres physicochimiques tels que le cuivre, le zinc, l'étain, le titane... doivent être opérées. Egalement, une opération de remplacement des canalisations en amiante ciment est à encourager. Une fiche modèle de prélèvement pour une meilleure surveillance sanitaire ([Annexe 5: Surveillance Sanitaire de l'Eau d'Adduction Publique](#)).

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

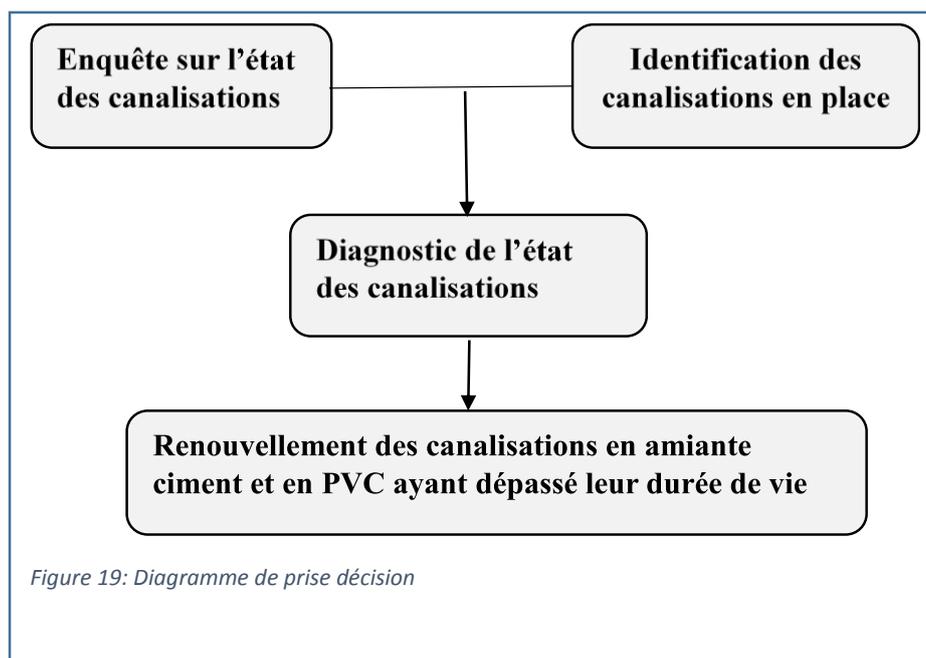
3.4 MESURES DE REHABILITATION DU RESEAU

Suite aux investigations menés sur dans plusieurs services du gestionnaire du réseau ainsi qu'aux informations reçues après analyses de l'eau de la commune, un constat se dégage :

- Plusieurs canalisations ont dépassées la durée maximum de leurs utilisations
- le type amiante ciment est toujours en service dans la commune malgré son interdiction par la communauté internationale depuis pratiquement 18 ans et qui après analyse présente des risques de relargage de contaminants
- La population consommatrice de l'eau de la commune court le risque de développer des symptômes de maladies déjà identifiés dans plusieurs pays possédant au minimum l'un des types de canalisations de la commune (France, Etats Unis, Maroc, Italie...) ("Etats-Unis: Intoxication Au Plomb, L'état D'urgence Décrété À Flint - Amériques" 2016).; ("Figuig : Eau Potable À L'amiante !!!" 2013), (HCSP 2013).

A partir, de ces constats , des mesures de rehabilitation du réseau a été établi, elles visent principalement à proceder au remplacement des canalisations indexées notamment le PVC et l'amiante cuiment.

Le diagramme ci-dessous indique le déroulé des opérations effectuées qui ont permis d'aboutir au remplacement des dits canalisations. Il s'en suit un tableau indiquant le coût global de remplacement des canalisations.



Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

Tableau 11: Bilan financier de remplacement des canalisations

Diagnostic de l'existant	Âge des canalisations	Durée de vie	Etat actuel des canalisations	Canalisation à remplacer	Linéaire à remplace (m)	Coûts global de remplacement (F.CFA)
FONTE	56	100	bon	NON		
ACIER	56	100	bon	NON		
PVC	56	50	Supérieur à la durée de vie	OUI par le PE	511.197	12.777.925.000
AMIANTE CIMENT	56	75-100	En dégradation	OUI par le PE	10.173	228.892500
COUT TOTAL:						13.006.817.500

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

CONCLUSION

Cette étude a porté sur la contribution à la réduction des risques sanitaires liés à l'état des canalisations du réseau d'eau potable de la commune d'Abobo. Afin de mener à bien ce travail, plusieurs axes ont dégagés. Cela a consisté à faire le diagnostic de l'état des canalisations par identification des contaminants dans l'eau potable, à évaluer le risque sur la santé des consommateurs et à mettre en place une mesure préventive pour le suivie et l'entretien du réseau. A l'issue de la méthodologie mise en place, les principaux résultats ont montré qu'il y avait un relargage de l'aluminium suite à une dégradation d'une ou plusieurs canalisations en amiante ciment ; aussi la présence de bactéries indique une probable casses ou fuites de la canalisation à plusieurs points du réseau. A l'issus de ce travail, nous avons proposé un modèle de surveillance du réseau qui permettra à long terme d'améliorer le suivi de la qualité de l'eau de boisson suite à l'état des canalisations présent sur le réseau de distribution de la commune d'Abobo.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

LIMITES, RECOMMANDATION ET PERSPECTIVES

Les conclusions observées à l'issue de cette étude ont permis d'apporter des éléments de connaissances sur la qualité de l'eau desservie dans la commune d'Abobo suite à l'état des canalisations du réseau. Néanmoins, il reste possible de continuer l'étude sur quelques aspects qui n'ont pas pu être abordé. Plusieurs contaminants tels que le CVM, l'étain, le zinc, le titane, le cuivre, le nickel ainsi que les fibres d'amiantes n'ont pas été pris en comptes lors de cette étude. Ces contaminants qui sont produits suite à leurs relargages par des canalisations en fonte, en acier et en PVC n'ont pas pu être dosés par manque d'équipements ; Pour une meilleure surveillance sanitaire de l'eau desservie aux populations, il faudrait songer à rechercher ces contaminants et voir dans quelle mesure ces contaminants peuvent présenter des risques pour le consommateur ; nous recommandons donc de doter le laboratoire d'analyse du contrôle qualité (LACQUE) de l'ONEP d'équipement adéquat tel que les réactifs d'analyses des métaux lourds. Le réseau sur lequel le travail a porté n'a pas pris en compte les quartiers de la commune qui sont desservie par des stations de la commune de cocody, nous recommandons donc d'élargir l'étude à cette partie à partir des données de ladite commune.

Face à la présence de l'aluminium et de la suspicion du risque de relargage des fibres d'amiantes issus tous deux du même type de canalisation et suite à la réglementation internationale interdisant l'utilisation de l'amiante ciment ("L'amiante | Anses - Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de L'alimentation, de L'environnement et Du Travail" 2016b) , nous recommandons le retrait des canalisations en amiantes ciment du réseau de distribution d'eau potable. Les résultats ont également montré une présence de coliformes et d'entérocoques fécaux en milieu et en fin de réseau, nous recommandons donc une amélioration du traitement de désinfection et le maintien du taux résiduel dans les normes de potabilité.

La santé n'ayant pas de prix nous proposons l'introduction de nouveaux paramètres chimiques à analyser lors des différents prélèvements à effectuer ces paramètres devront être fonction de la composition des différents types de canalisations présent dans le réseau. Il s'agira ensuite de pousser l'étude en vue d'avoir le maximum d'information sur le mode de relargage des canalisations : de leur date de pose jusqu'à leurs fins de vie, afin d'éviter ainsi les dommages causés par celles-ci comme ce fut le cas dans d'autres pays tel qu'aux Etats Unis. Egalement, en plus des capteurs des modulateurs de pression utilisés pour la détection de fuites, nous recommandons à l'ONEP de se doter de logiciel de prévisions des casses utilisés depuis des années maintenant dans plusieurs pays européens ("Logiciel de Prévisions Des Casses Des

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

Réseaux D'eau Potable" 2016) ce qui permettra d'intervenir à temps sur le réseau, de déterminer le moment idéal pour un renforcement des canalisations et ainsi conserver la qualité de l'eau traitée jusqu'au robinet du consommateur. L'intrusion de coliformes et d'entérocoques dans le réseau pouvant insinuer une corrosion des canalisations métalliques, nous recommandons de lutter contre la corrosion en appliquant une protection extérieure supplémentaire par manchon en polyéthylène dans le cas de la fonte ductile, une application de vérine bitumineuse sur les conduites en acier.

Face au risque majeur de contamination de l'eau du réseau par les actes de vandalismes, nous recommandons à la population d'avoir un comportement citoyen en évitant de pratiquer les actions de casses des canalisations pour se procurer de l'eau potable et de respecter les consignes de sécurité du gestionnaire du réseau (SODECI).

Enfin, l'eau de la commune est au vue des resultats impropre à la consommation suite à la présence de coliformes et d'enterocoques en milieu et en fin de réseau, nous recommandon donc à la SODECI de proceder à des opérations de purges afin de rendre l'action du chlore résiduel efficace et maintenir le taux d'aluminium dans les normes de potabilité.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- “Agressivité - Corrosivité: Notions de Base (1 de 3) - Médiaterre.” 2016. Accessed August 31. <http://www.mediaterre.org/international/actu,20121110162310.html>.
- AJUSTE, Cécile, Jean-Marc BERLAND, and Jean-Luc CELERIER. 2004. “Réhabilitation/remplacement des réseaux d'eau potable en zone rurale.” http://www.fndae.fr/documentation/numéro_hs10.html.
- Barrau, Emilie, and Marc Levy. 2014. “Une Innovation Dans La Gestion de L'eau Potable Dans Les Quartiers Précaires de Port-Au-Prince: Expérimentation, Tentatives D'institutionnalisation et D'adaptation Aux Crises.” *Field Actions Science Reports. The Journal of Field Actions*, no. Special Issue 9.
- Blindu, Igor. 2013. “Outil d'aide au diagnostic du r_eseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques.” France: Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne; Universit_e Jean Monnet - Saint-Etienne. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00779032>.
- Bouttier, B, Y Gourbeyre, A Duquesne, S Denhez, and M Hassine. 2013. “Évaluation D'une Technologie Intrusive Pour Le Diagnostic Du Patrimoine Enterré D'eau Potable.” *Techniques Sciences Méthodes*, no. 1/2: 48–55.
- “Cancer En Côte d'Ivoire, 16 À 20.000 Nouveaux Cas Chaque Année.” 2016. *Connectionivoirienne*. Accessed September 5. <http://www.connectionivoirienne.net/67577/cancer-en-cote-divoire-16-a-20-000-nouveaux-cas-chaque-annee>.
- CELERIER, Jean-Luc, Jean-Antoine FABY, Ghislain LOISEAU, and Catherine JUERY. n.d. “LA DEGRADATION DE LA QUALITE DE L'EAU POTABLE,DANS LES RESEAUX.pdf.” Office International de l'Eau SNIDE. www.fndae.fr.
- “Des Canalisations D'eau Potable En PVC À Surveiller - Règles Techniques.” 2012. November 15. <http://www.lemoniteur.fr/article/des-canalisation-d-eau-potable-en-pvc-a-surveiller-19389064>.
- “Détection et Analyse Aluminium Dans Votre Eau de Réseau : Quels Tests Effectuer ?” 2016. Accessed August 31. <http://www.kit-analyse.com/analyse-eau/analyse-aluminium-eau.html>.
- Ductile Iron Pipes Research Association. 2013. “DUREE-VIE-CANALISATIONS-FONTE-DUCTILE_2.pdf.”

Étude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

- “Eau Potable : Canalisations En Amiante-Ciment Dangereuses Pour La Santé ? | Alea Contrôles.” 2016. Accessed August 31. <http://www.aleacontrôles.com/actualites/eau-potable-canalisation-en-amiante-ciment-dangereuses-pour-la-sante>.
- “Electrosteel, Fonte Ductile Pour Assainissement, Adduction D'eau, Irrigation.” 2016. Accessed August 31. <https://www.electrosteel.fr/>.
- “Entérocoques et Streptocoques Fécaux | INSPQ - Institut National de Santé Publique Du Québec.” 2016. Accessed September 1. <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/enterocoques>.
- “Etats-Unis: Intoxication Au Plomb, L'état D'urgence Décrété À Flint - Amériques.” 2016. *RFI*. January 15. <http://www.rfi.fr/ameriques/20160115-etats-unis-intoxication-plomb-etat-urgence-decrete-flint-michigan-enfant>.
- Fédération canadienne des municipalités et le Conseil national de recherches du Canada. 2002. “Détérioration et inspection des réseaux de distribution d'eau_Systemes_FR.pdf.” CNRC.
- “Figuig : Eau Potable À L'amiante !!!” 2013. *Solidarité Maroc* □□□□ □□□ □□□ □□ □. January 20. <http://solidmar.blogspot.com/2013/01/figuig-eau-potable-lamiante.html>. “fndaehs12bis.pdf.” n.d.
- FS, Par. 2008. “Cote d'Ivoire: Cancer Du Poumon: 'Le Taux de Guérison N'excède Pas 3%.” *allAfrica.fr*. July 1. <http://fr.allafrica.com/stories/200807010439.html>.
- Gouvernement du Canada, Santé Canada et l'Agence de la santé publique du Canada. 2010. “Document de conseils sur le contrôle de la corrosion dans les réseaux de distribution d'eau potable.” January 20. <http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-corrosion-eau/index-fra.php?page=4>.
- GRAS J. M. 1995. “LA CORROSION GENERALISEE DES MATERIAUX METALLIQUES.pdf.”
- “Grudibat FGS.” 2016. Accessed November 3. <http://www.grudibatfgs.com/fr/amiante.php>.
- “guide_materiaux_2015.pdf.” 2016. Accessed July 21. http://www.chartes-qualite-lr.org/doc/guide_materiaux_2015.pdf.
- HCSP. 2013. “Plomb dans les canalisations d'eau potable.” Paris: Haut Conseil de la Santé Publique. <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=367>.
- Kleiner, Y, and Balvant Rajani. 2002. “Forecasting Variations and Trends in Water-Main Breaks.” *Journal of Infrastructure Systems* 8 (4): 122–31.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

- “L’amiante | Anses - Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de L’alimentation, de L’environnement et Du Travail.” 2016a. Accessed September 4.
<https://www.anses.fr/fr/content/1%E2%80%99amiante>.
- . 2016b. Accessed September 4.
<https://www.anses.fr/fr/content/1%E2%80%99amiante>.
- Lazare, TIA, and SEKA Séka Ghislain. n.d. “Revue Canadienne de Géographie Tropicale Canadian Journal of Tropical Geography.”
- “Les Canalisations En Cuivre, Un Risque Pour La Santé? - 1er Site Sur La Santé, La Médecine et La Nutrition Naturelles.” 2016. Accessed November 3.
<http://www.santenutrition.net/les-canalisation-en-cuivre-risque-pour-la-sante/>.
- “Logiciel de Prévisions Des Casses Des Réseaux D’eau Potable.” 2016. Accessed September 4. <http://casses.irstea.fr/>.
- “Matériaux et Techniques, Cours No 8.” 2016. Accessed October 17.
<http://www.cvm.qc.ca/geoffrio/index/materiau/cours8/cours8.html>.
- Nga, Emmanuel Nnanga, David Emery Tsala, Jean Pierre Ngene, Christian Ngoulé, Emmanuel Mpondo Mpondo, and Gisèle Etame Loe. 2014. “Relation Entre Pollution Des Eaux de Sources, Forages et Maladies Hydriques Enregistrées Au Centre Hospitalier Dominicain Saint Martin de Porres (CHDSMP) Du Quartier Mvog-Betsi À Yaoundé.” *HEALTH SCIENCES AND DISEASES* 15 (3).
- “Objectif 6 : Garantir L’accès de Tous À L’eau et À L’assainissement et Assurer Une Gestion Durable Des Ressources En Eau - Développement Durable.” 2016. Accessed November 3. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/water-and-sanitation/>.
- “OMS | Directives Pour La Qualité de L’eau de Boisson.” 2016. *WHO*. Accessed September 1. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/fr/.
- PETIT, Pierre. 2016. “Après Le Plomb, Le « Plastique » : Les Canalisations D’eau Potable En Chlorure de Vinyle Monomère (CVM) Sous Haute Surveillance - Igepac - Le Blog Des Consommateurs D’eau Pour Les Futures Générations.” *Igepac - Le Blog Des Consommateurs D’eau Pour Les Futures Générations*. Accessed August 31.
<http://igepac.over-blog.com/article-apres-le-plomb-le-plastique-canalisation-en-chlorure-de-vinyle-monomere-cvm-sous-haute-surveillance-57022435.html>.
- “Plomb Dans Les Canalisations D’eau Potable - Ministère de l’Environnement, de l’Energie et de La Mer.” 2016. Accessed August 31. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-eau-potable-et-les-canalisation,12971.html>.

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

- “Pollution de L'eau - L'aluminium Dans L'eau Du Robinet.” 2016. Accessed August 31.
<http://www.lanutrition.fr/bien-dans-sa-sante/environnement/pollution-de-l-eau/laluminium-dans-leau-du-robinet.html>.
- “PVC et Environnement.” 2016. Accessed November 3.
http://anabf.archi.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=235:pvc-et-environnement&catid=46:etudes&Itemid=82.
- “PVC - Toxipedia.” 2016. Accessed August 31.
<http://www.toxipedia.org/display/toxipedia/PVC>.
- “Recommandations Pour La Qualité de L'eau Potable Au Canada : Document Technique - pH.” 2016. Accessed August 31. <http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-ph-eau/index-fra.php>.
- “Santé et Sécurité.” 2016. Accessed August 31.
<http://www.chrysotile.com/fr/chrysotile/hltsfty/quest6.aspx>.
- “UNICEF Cote D' Ivoire - Eau et Assainissement - EAU ET ASSAINISSEMENT.” 2016. Accessed August 31.
<http://www.unicef.org/cotedivoire/french/waterandsanitation.html>.
- www.infoconceptweb.com, Infoconcept-. 2012. “Interprétation Des Résultats (bactériologie).” *Laboratoire BSL*. April 26. <http://www.labobsl.com/informations-utiles/interpretation-des-resultats-bacteriologie>.

ANNEXES

Etude diagnostique de l'état des canalisations d'AEP pour une meilleure gestion de la qualité de l'eau potable à Abidjan : cas de la commune d'Abobo

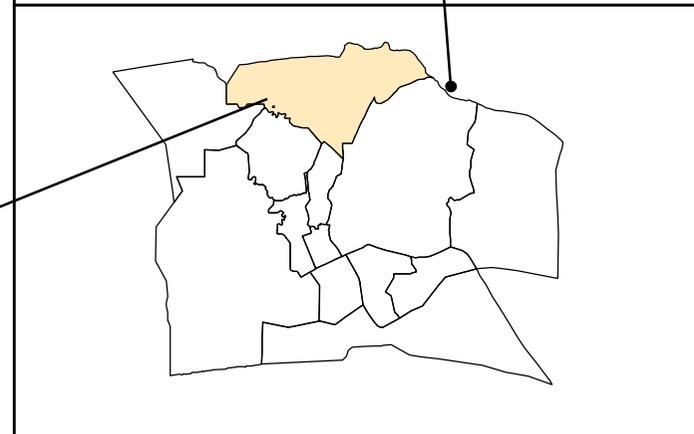
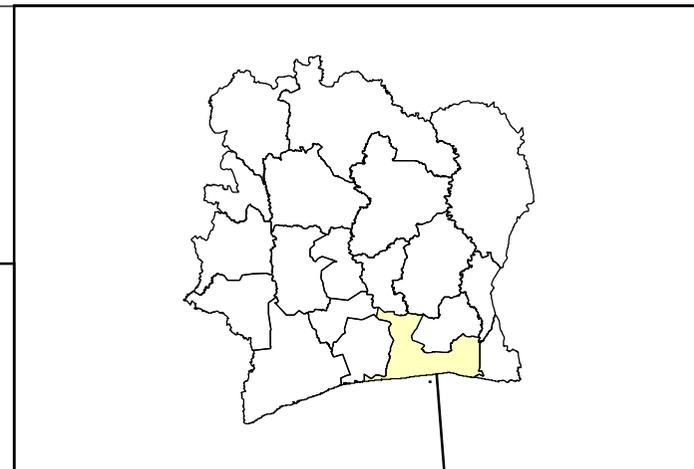
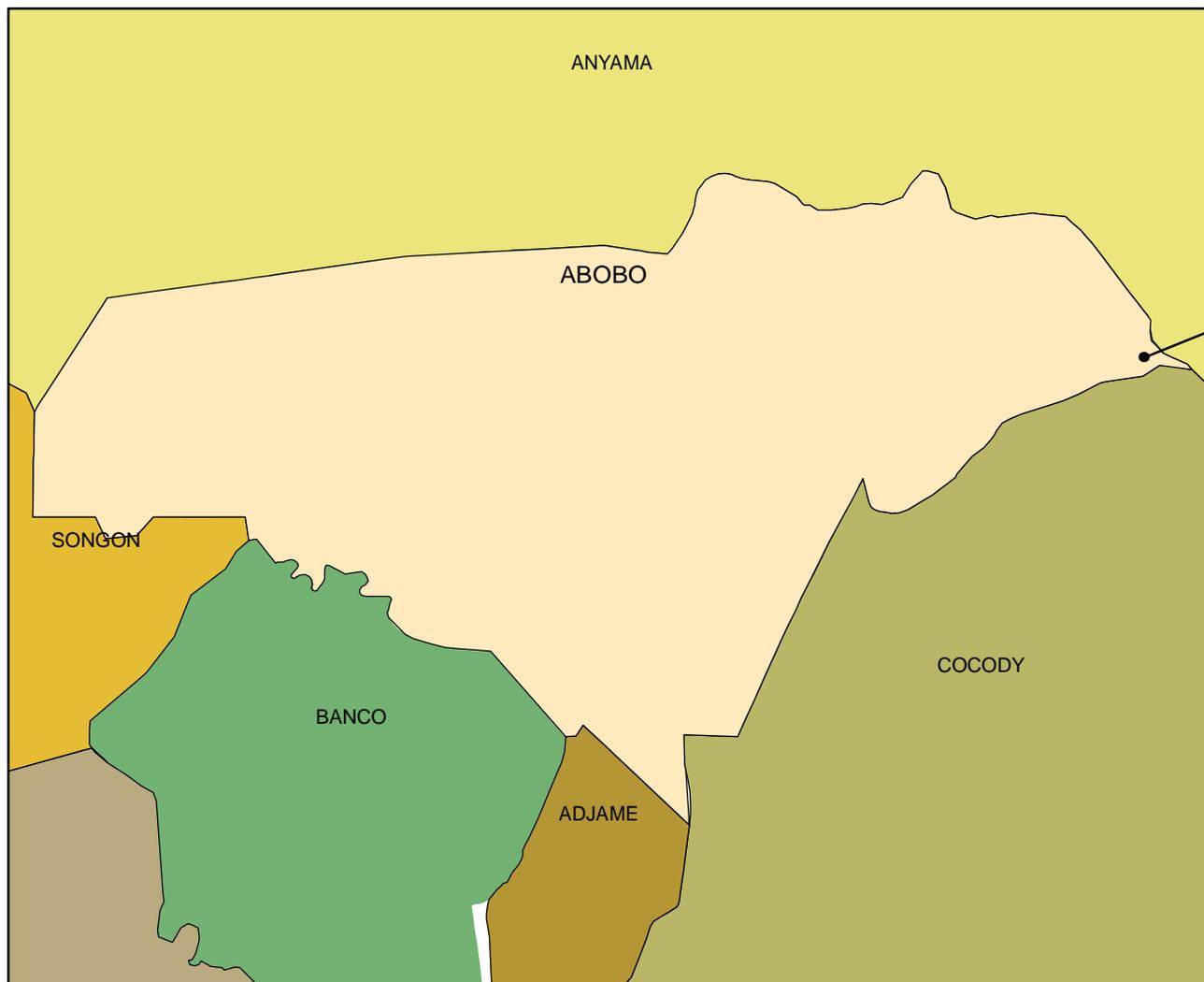
ANNEXE 1 : DIFFÉRENTS TYPES DE CANALISATIONS UTILISÉES EN EAU POTABLE

MATÉRIAUX METALLIQUES	PARTICULARITÉS	ATOUTS	LIMITES / PRECAUTIONS D'EMPLOI
Fonte ductile	revêtement intérieur en ciment	- résistance mécanique	- coûts de manutention (poids) - nombre de joints important - nécessite une protection cathodique passive
Acier	- revêtement intérieur - revêtement extérieur thermo-plastique, depuis 1990 : . polyéthylène tri-couches . polypropylène tri-couches	- bonne étanchéité, - diminution du nombre de joints	- nécessite une protection cathodique active
Fonte grise	La fonte grise n'est aujourd'hui plus posée.		- sensibilité à la corrosion car posée sans protection cathodique (cependant ce type de fonte est moins sensible à la corrosion que la fonte ductile) - sensibilité aux chocs et surpressions (risques de cassures)
Plomb	INTERDIT (décret n° 95-363 du 5 avril 1995 et arrêté du 10 juin 1996)		- Risque de dissolution du plomb dans l'eau lorsque l'eau est agressive

MATÉRIAUX A BASE DE CIMENT	PARTICULARITÉS	ATOUTS	LIMITES / PRECAUTIONS D'EMPLOI
Amiante-ciment	INTERDIT (décret n° 96-1133 du 24 décembre 1996)		- sensibilité au choc - dissolution du liant hydraulique en cas d'eau agressive - exposition des travailleurs à l'amiante, lors de travaux d'entretien sur ces canalisations
Béton	utilisé pour des diamètres de 400 à 4000 mm	bonne résistance mécanique	- possibilité d'affecter les caractéristiques organoleptiques de l'eau par relargage de produits

MATÉRIAUX ORGANIQUES	PARTICULARITÉS	ATOUTS	LIMITES / PRECAUTIONS D'EMPLOI
PVC (polychlorure de vinyle) Joints collés et joints élastomères	diamètres variés, surtout inférieurs à 300 mm	- résiste à la corrosion, - flexible, - légèreté facilitant la pose - raccords faciles.	- matériaux relativement sensibles aux variations de température, - relargage de certaines substances - perméation (hydrocarbures) - remblai à exécuter avec le plus grand soin <u>Pour les vieux PVC :</u> - fuites fréquentes aux niveau des joints collés.
PE (polyéthylène)	existe en deux qualités : - haute densité (PEhd) - basse densité (PEbd)	- résiste aux ultraviolets, - résiste à la corrosion, - flexible, - légèreté facilitant la pose	- nécessite un savoir-faire spécifique pour la réalisation des raccords - dans les sous-sols pollués, risques, à terme, de perméation (hydrocarbures)

Source : Dégénération de la qualité de l'eau potable dans les réseaux (CELIER et al., 2004) ; Page 14.



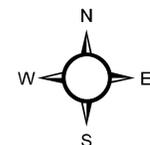
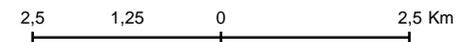
LEGENDE

- YOPOUGON
- ABOBO
- ADJAME
- ANYAMA
- BANCO
- COCODY
- SONGON

Source: CCT

Auteur: KOFFI Hervé Franck

Date : 02/09/2016



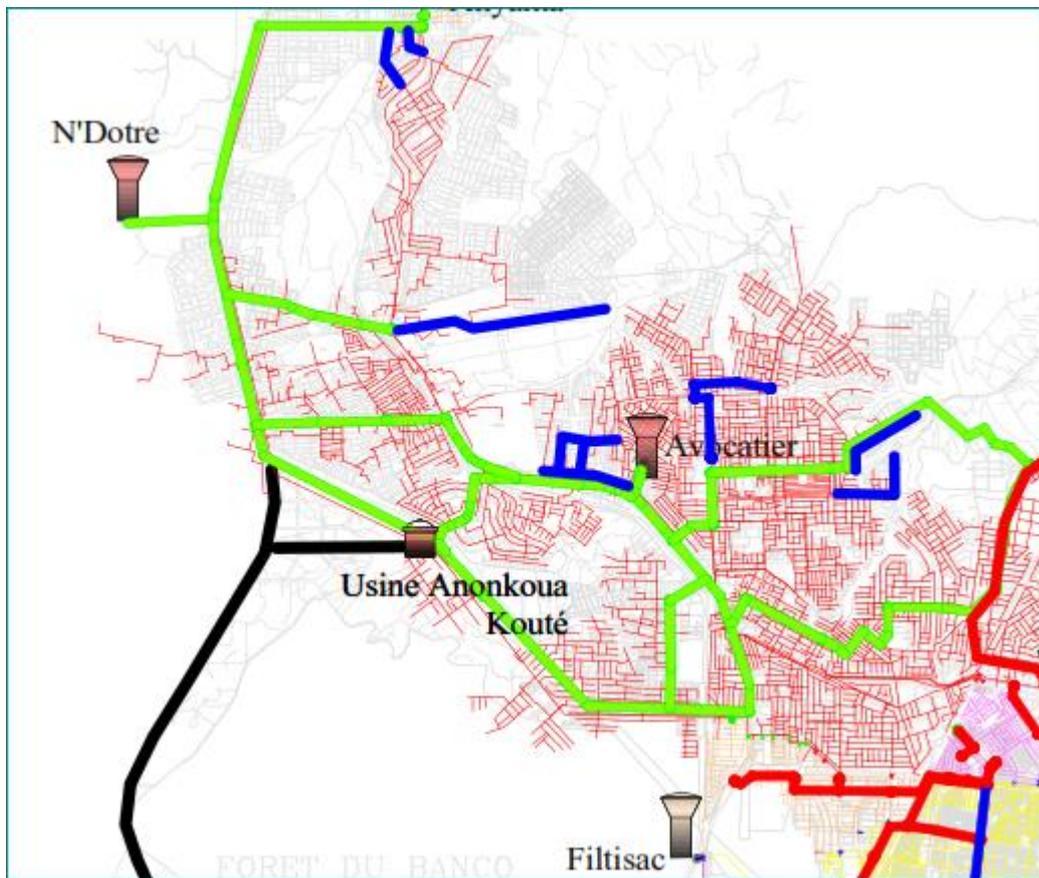
Annexe 3: Organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux (AJUSTE, BERLAND, and CELERIER 2004)

<p>Les Levures telles que <i>Rhodotorula rubra</i> ou <i>glutinis</i>, quelquefois associées aux <i>Pseudomonas</i>, et susceptibles de se maintenir dans des conditions de désinfectant éliminant les <i>Pseudomonas</i>.</p>
<p>Les Champignons inférieurs Caractérisés par des spores abondantes et des membranes de cellules épaisses, ils sont suspectés d'être à l'origine de problèmes de goût, réactions allergiques, voire toxiques (par voie d'inhalation uniquement). Notons la possibilité de formation de trichloranisole par certains champignons.</p>
<p>Les Algues Caractérisées par une forte variation saisonnière dans certaines eaux superficielles, elles parviennent à franchir parfois les filières de traitement notamment lorsque la charge dans la ressource est très élevée, elles apportent des teneurs élevées en matières organiques et génèrent une sapidité de l'eau.</p>
<p>Les Autres Eucaryotes Citons les rotifères, les protozoaires ciliés, flagellés qui sont difficiles à éradiquer par les produits bactéricides classiques et dont certains sont pathogènes avec par exemple des amibes, <i>Cryptosporidium</i> (quelques occurrences récentes aux Etats Unis et en Grande Bretagne), <i>Giardia</i> (kystes résistants à désinfection par le chlore et l'ozonation).</p>
<p>Les Vers Les Nématodes peuvent mesurer plusieurs millimètres et ont une remarquable capacité de survie. Les Oligochètes se multiplient par scissiparité, surtout dans les matériaux filtrants et ont aussi une résistance aux désinfectants.</p>
<p>Les Crustacés Ils sont considérés comme non dangereux mais sont suspectés de fournir une protection pour les bactéries dans leur tube digestif. Ils peuvent atteindre une longueur de plusieurs centimètres. Citons <i>Asellus aquaticus</i> et <i>Gammarus pulex</i>. Une étude d'organismes planctoniques à la sortie des stations de la Société des Eaux de Marseille a également recensé les crustacés suivants <i>Daphnia</i>, <i>Bosmina</i>, <i>Copépoda harpacticoida</i>, <i>cyclopoida</i> <i>Ostracoda</i>.</p>
<p>Les Mollusques et les Insectes Peuvent être aussi présents sous forme de larves ou d'œufs (cas des chironomes pour les insectes) si elles franchissent les matériaux filtrants dans les filières de traitement. Bien qu'elles ne trouvent pas un milieu favorable à leur développement dans le réseau, il est nécessaire de les réduire au maximum pour limiter l'apport de matière organique au réseau.</p>

Pathogènes potentiels et bactéries indicatrices	Bactéries autochtone:	Bactéries de la corrosion	Moisissures et levures
Salmonella Shigella	Acinetobacter Aeromonas Alcaligenes Bacillus	Bactéries Sulfatoréductrices	Penicillium Rhizopus Mycelium Trichomonas
Enterovirus	Enterobacter Flavobacterium Pseudomonas	Bactéries du fer	Mucor Aspergillus
E. coli, Streptococcus	Staphylococcus Corynebacterium		
Legionella	Proteus Yersinia		

Source : *Dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux (CELERIER et al., n.d.) ; Page 14.*

Annexe 4: Plan de réseau de la commune d'ABOBO



Annexe
3 : REEAU DE
LA COMMUNE

Annexe 5: Surveillance Sanitaire de l'Eau d'Adduction Publique

			Code échantillon					
Date de prélèvement				Date d'analyse :				
Stade du réseau				Heure d'analyse				
Heure de prélèvement								
Lieu de prélèvement								
Paramètres Organoleptique	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Références (O.M.S 2011)		
Couleur								
Turbidité						15		
Odeur/Saveur						1		
Physico-chimique								
Température						15		
pH						8,5		
Conductivité						1000 µS/cm		
Chlore libre						0,2 – 5 mg/l		
Oxygène dissous								
DHT						500		
TAC								
Fer						0,3 mg/l		
Manganèse						0,4 mg/l		
Aluminium						0,2 mg/l		
Cuivre						2 mg/l		
Etain								
Zinc						0,5 mg/l (Norme française)		
Titane								
Nickel						20 µg/l		
CVM						0,3 µg/l		
Microbiologique								
Coliformes Totaux						0		
Coliformes Thermotolérants						0		
<i>Escherchia coli</i>						0		
Enterococcus faecalis						0		
Spores de clostridies						0		
Coordonnée GPS des points de prélèvements								

Annexe 6: PROCEDURES DE SURVEILLANCE SANITAIRE DES EAUX DISTRIBUEES

