



**AMÉLIORATION DE LA DESSERTE EN EAU DE LA VILLE DE
LIBREVILLE : IMPACT DES FUITES SUR LA DISTRIBUTION. CAS
SPÉCIFIQUE DE NZENG-AYONG VILLAGE**

**MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGÉNIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : EAU ET ASSAINISSEMENT**

Présenté et soutenu publiquement le 29/06/2017 par :

MOUKET BEMBA Yannick

Travaux dirigés par :

Bega OUEDRAOGO

Ingénieur de l'équipement rural,
DESS en génie sanitaire,
Enseignant AEPA/Pompe à 2iE

Wilfrid ANDJAYI

S.E.E.G

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. DIARRA Abdoulaye, Enseignant 2iE

Membres et correcteurs : Moussa FAYE, Enseignant 2iE
Bega OUEDRAOGO

Promotion [2015/2016]

AMÉLIORATION DE LA DESSERTE EN EAU DE LA VILLE DE
LIBREVILLE : IMPACTS DES FUITES SUR LA DISTRIBUTION. CAS
SPÉCIFIQUE DE NZENG-AYONG VILLAGE

« Amélioration de la desserte en eau de la ville de Libreville : impacts des fuites sur la distribution. Cas spécifique de Nzeng-ayong village »

DÉDICACE

*« CE MÉMOIRE EST DÉDIÉ À TOUS LES HABITANTS DES SECTEURS EN
CONTRAINTES DE LIBREVILLE »*

REMERCIEMENTS

J'adresse mes sincères remerciements à :

- Monsieur Bega OUEDRAOGO, Enseignant au sein de l'Institut International de l'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Encadreur interne de ce mémoire, pour son entière disponibilité et ses conseils et critiques qui ont permis d'améliorer ce travail ;
- Monsieur Wilfrid ANDJAYI, Chef de service exploitation au Département Eau Estuaire à la S.E.E.G pour son entière disponibilité ;
- Monsieur Aimée NTCHANDI-TEVENET, chef de service Maitrise des pertes au Département Eau Estuaire, pour ces précieux conseils et son soutien ;
- Monsieur NZAMAGANGUE Ghislain « cerveau », contremaître exploitation pour son entière disponibilité. La caution technique de ce mémoire ;
- À tous les agents de la DOL, qui ont facilité mon travail sur le réseau de Libreville ;
- Amir NAFI du Laboratoire GESTE de l'ENGEES pour son regard extérieur sur ce travail ;
- Mon frère MOUKET Dorian Boris, sans qui cette belle aventure n'aurait pas eu lieu.
Merci mon frère ; enfin
- Mes parents, qui ont toujours cru en moi ;
- Ma Famille, mes Amis.

Mes sincères remerciements

Il y a plusieurs causes aux problèmes de desserte en eau que rencontrent la ville de Libreville mais dans le cas de Nzeng-ayong village, c'est principalement l'abandon d'une distribution gravitaire, à partir des réservoirs, au profit d'une distribution par refoulement (contournement partiel des réservoirs pour alimenter de nouvelles zones) dans une ville au relief très vallonné (avec des dénivelés de plus de 100 mètres parfois) qui est à l'origine de la dégradation de la desserte dans ce secteur. Le niveau d'eau en permanence bas du réservoir de tête du PK9 ne permet pas la mise en pression de la DN600 Bangos et les pertes de charge sont importantes sur le linéaire de conduites alimenté par le refoulement de la DN1000. Il y a une forte baisse de pressions sur le trajet, échangeur de Nzeng-A. (départ DE315 PEHD) – entrée Nzeng-ayong village à cause des dénivelés. Une identification du nombre et du type de fuites dans plusieurs secteurs en situation de contrainte dont Nzeng-ayong village ont permis de voir que les fuites ont un impact limité sur l'inconstance de l'offre en eau de ces secteurs bien qu'elles aggravent la situation (pertes en eau, interruption du service à certains points et exposition du réseau aux pollutions). Une étude de l'évolution du rendement primaire et de l'indice linéaire de pertes a montré l'urgence d'adopter une véritable politique de réduction des pertes physiques et commerciales. Une prévision du rendement primaire à montrer qu'à l'horizon 2025, ce rendement ce serait égale à 43,99%.

Mots clés :

- Desserte en eau de Libreville
- Perte de charge
- Inconstance de l'offre en eau
- Fuites
- Pertes physiques

ABSTRACT

There are several reasons for the problems of water supply in the city of Libreville, but in the case of Nzeng-ayong village, it is mainly the abandonment of a gravity distribution, from the reservoirs, to the benefit of a distribution by backflow (partial by-passing of the reservoirs to supply new zones) in a city with very undulating terrain (with vertical differences of more than 100 meters sometimes) which is at the origin of the degradation of the service in this sector. The permanently low water level of the head tank of the PK9 does not allow the pressure of the Bangos DN600 and the pressure drops are high on the linear pipes fed by the DN1000 discharge. There is a sharp drop in pressure on the path Nzeng-ayong village interchange (Departure DE315 HDPE) - entrance Nzeng-ayong village due to the unevenness. An identification of the number and type of leaks in several constrained areas of which Nzeng-ayong village have shown that leakage has a limited impact on the inconstancy of the water supply of these sectors although they aggravate the situation (loss of water, interruption of service at certain points and exposure of the network to pollution). A study of the evolution of primary yield and the linear loss index showed the urgency of adopting a genuine policy of reducing physical and commercial losses. A primary yield forecast to show that by 2025, this yield would be equal to 43,99%.

Keys Words :

- Libreville water supply
- Hydraulic pressur drop
- Inconstancy of water supply
- Leaks
- Water losses

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AFD	:	Agence Française de Développement
AWWA	:	American Water Works Association
CARL	:	Current Annual Real Losses
DE	:	Diamètre Extérieur
DN	:	Diamètre Nominal
DOL	:	Division Eau Libreville
EN	:	European Norm
ENGEES	:	École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement
EP	:	École Primaire
GENA	:	Gendarmerie Nationale
GESTE	:	Gestion Territoriales de l'Eau et de l'Environnement
ILI	:	Infrastructure Leakage Index
ILP	:	Indice Linéaire de Pertes
ILVNC	:	Indice Linéaire des Volumes Non Comptés
ISO	:	International Organization for Standardization
IWA	:	International Water Association
LP	:	Lycée Public
LTNOB	:	Lycée Technique National Omar BONGO
NF	:	Norme Française
NTU	:	Nephelometric Turbidity Unit
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé
PEHD	:	Polyéthylène Haute Densité
PL	:	Point de Livraison
RF	:	Rendement Financier
RPK9	:	Réservoir du Parcours Kilométrique 9
RPQS	:	Règlementation sur le Rapport sur le Prix et la Qualité du Service
S.E.E.G	:	Société d'Énergie et d'Eau du Gabon
UARL	:	Unavoidable Annual Real Losses
USS	:	Université des Sciences de la Santé
PCO	:	Poste Conduite Eau

SOMMAIRE

Dédicace	i
Remerciements	ii
Résumé	iii
Abstract	iv
Liste des abréviations	v
Sommaire	6
Liste des tableaux	9
Liste des figures	10
Introduction	12
Chapitre 1. Contexte et problématique	13
1.1. Contexte de Libreville.....	13
1.2. Problématique	14
1.3. Causes possibles des déficits observés à Nzeng-ayong village	15
1.4. Objectifs.....	15
1.4.1. Objectif global	15
1.4.2. Objectifs spécifiques	15
1.5. Hypothèse de travail	16
Chapitre 2. Cadre conceptuel de l'étude.....	17
2.1. Principaux textes qui encadrent le secteur de l'eau potable au Gabon	17
2.2. Taux d'accès à l'eau potable au Gabon	17
2.3. La structure d'accueil.....	18
2.4. Production et distribution de l'eau potable dans la région de Libreville	19
2.5. Gestion des fuites à la S.E.E.G	20
2.6. Présentation de la zone d'étude.....	21
2.6.1. Localisation et description de Nzeng-ayong village	21
2.6.2. Relief de la région de Libreville	22
2.6.3. Caractéristique socio-économique de Libreville et de Nzeng-ayong village	23
2.6.4. Taux d'accès à l'eau potable à Nzeng-ayong village.....	24
2.6.5. Description du réseau d'alimentation de Nzeng-ayong et de Nzeng-ayong village.....	24
Chapitre 3. Matériels et Méthodes.....	28
3.1. Collecte des données.....	28
3.2. Matériels	29

3.3. Méthodologie	30
3.3.1. Diagnostic du système d'alimentation de Nzeng-ayong village	30
3.3.2. Impact des fuites sur la desserte de Nzeng-ayong village	31
3.3.3. Impacts Socio-économiques de l'inconstance de l'offre en eau et des fuites.....	33
Chapitre 4. Résultats et Discussion	36
4.1. Diagnostic du système d'alimentation de Nzeng-ayong village.....	36
4.1.1. Analyse de la consommation comptabilisée de Nzeng-ayong village.....	36
4.1.2. Analyse du remplissage du réservoir de tête qui influence la desserte de Nzeng-ayong village	37
4.1.3. Analyse de la répartition des flux du PK 9 et de la DN1000	38
4.1.4. Analyse du débit de la DE315 PEHD échangeur de Nzeng-ayong	40
4.1.5. Mesure de pression sur le réseau de Nzeng-ayong et de Nzeng-ayong village	41
4.1.6. État des organes hydraulique sur le réseau de Nzeng-ayong village	43
4.1.7. Nombre de fuites détectées, diamètres et matériaux le plus impactés par les fuites	44
Évaluation de l'impact des fuites sur la distribution de Libreville et de Nzeng-ayong village	51
4.2.....	51
4.2.1. Quel sont les type de fuites détectées dans les secteurs en contrainte de Libreville	51
4.2.2. Interruption de la fourniture en eau à certain point de Nzeng-ayong village	54
4.2.3. Estimation des pertes en eau sur le réseau de Nzeng-ayong village.....	55
4.2.4. Impactes des fuites sur la qualité de l'eau à Nzeng-ayong village	56
4.2.5. Évaluation des gaspillages : fuites après compteur dans les hôpitaux, les internats scolaires et étudiantins, les casernes militaires	58
4.3. Évaluation de l'impact socio-économique de l'inconstance de l'offre en eau et des fuites à Libreville.....	65
4.3.1. Impact économique des fuites assumés par la S.E.E.G	65
4.3.2. Prévision des pertes en eau et des pertes financières sur le réseau de Libreville à l'horizon 2025	66
4.3.3. Coût de la réparation de fuites sur le réseau de Nzeng-A. village	68
4.3.4. Impacts sociaux de l'inconstance de l'offre en eau et des fuites sur les populations de à Nzeng-ayong village.....	70
4.3.5. Impacts économiques de l'inconstance de l'offre en eau et des fuites sur les populations de à Nzeng-ayong village	72

4.4. Propositions de stratégies de résolution du problème.....	74
4.4.1. Amélioration de la desserte de Nzeng-ayong village	74
4.4.2. Limitation des gaspillages au sein des édifices publics	76
4.4.3. Optimisation de la gestion des fuites	76
4.4.4. Optimiser la recherche de fuites et la réduction des pertes.....	79
4.4.5. Analyse de la cause des pertes	80
Conclusion et recommandations	83
Bibliographie	85
Webographie	88
Annexes	89

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Services chargés de la gestion des fuites au niveau de la S.E.E.G.....	20
Tableau 2. Répartition de la population de Libreville par arrondissement	23
Tableau 3. Caractéristiques du réservoir de tête du quartier PK 9 qui influence la zone d'étude	25
Tableau 4. Synthèse des arrivées d'eau du quartier Nzeng-ayong.....	25
Tableau 5. Description du réseau de distribution de Nzeng-ayong Village.....	27
Tableau 6. Volumes qui transitent par les principales conduites de la zone Sud et du secteur Bambochine-Nzeng-Ayong.....	39
Tableau 7. Événements observés sur les sites de travaux publics durant cette étude	53
Tableau 8. Description des fuites présentes sur le réseau de Nzeng-ayong Village et leurs conséquences.....	55
Tableau 9. Pertes commerciales du secteur Nzeng-ayong village	56
Tableau 10. Résultats d'analyse des prélèvements	57
Tableau 11. État des compteurs des sites investigués	61
Tableau 12. Coûts de l'entretien et de la protection du réseau de desserte de Nzeng-ayong village réalisés par une entreprise sous-traitante de la S.E.E.G en 2016	69
Tableau 13. Difficultés et risques encourus par les riverains à l'utilisation des stratégies compensatoires mis en place par les ménages pour pallier le problème de desserte à Nzeng-ayong village	71
Tableau 14. Estimation du coût indirect concernant l'achat d'eau auprès du revendeur de la zone	72
Tableau 15. Difficultés observées dans la gestion quotidienne des fuites	77
Tableau 16. Chronogramme d'activités de réduction des pertes sur le réseau de Libreville.	81
Tableau 17. Niveaux de dégradation observés sur le terrain pour des échantillons PE en service (de 0 à 25 ans) - valeurs moyennes Température/Désinfectant/Pression.....	101

LISTE DES FIGURES

Figure 01.	Localisation de Libreville.....	13
Figure 02.	Casses provoquées à Nzeng-Ayong village par les ménages.....	14
Figure 03.	Plan de localisation de Nzeng-ayong village	21
Figure 04.	Image satellite présentant le relief de Libreville	22
Figure 05.	Synoptique des conduites qui desservent le secteur Nzeng-ayong et Nzeng-ayong village	26
Figure 06.	Interface du calculateur du site raymon-plombier-chauffagiste.....	30
	À l'aide de la méthode décrite dans la figure 6, il a été possible d'évaluer de façon très exhaustive les gaspillages dans les institutions visitées.	30
Figure 07.	Évolution du volume consommé comptabilisé de Nzeng-ayong village entre 2010 et 2014	36
Figure 08.	Suivi journalier du volume d'eau dans le réservoir du PK9 du 09 au 10/03/2017 et du 10 au 11/03/2017	37
Figure 09.	Débit transitant par la DE315 PEHD du 04/03/ au 22/03/2017	40
Figure 10.	Évolution des pressions sur le trajet carrefour GP-entrée Nzeng-ayong village	41
Figure 11.	l'évolution des pressions à Nzeng-ayong village au PL 949 104 000 53	42
Figure 12.	Évolution des pressions à Nzeng-ayong village au PL 949 306 000	42
Figure 13.	Nombre de fuites détectées en fonction du diamètre de la conduite	44
Figure 14.	Répartition des réparations sur conduite en fonction de la nature des matériaux en 2016.	45
Figure 15.	Répartition des réparations sur branchements en fonction de la nature des matériaux en 2016.	45
Figure 16.	Oxydation des raccords en laiton qui relient les nourrices au branchement	46
Figure 17.	Évolution entre 2011 et 2015 de plusieurs indicateurs de performance du réseau de desserte de Libreville.....	47
Figure 18.	Indice de réparation du réseau de Libreville et de Nzeng-A.village entre 2014-2016	48

Figure 19. Évolution des pressions du 03/03 au 20/03/ 2017 au niveau de points représentatifs de quatre secteurs en contrainte de Libreville	51
Figure 20. Fuites réparées en 2016 dans quatre secteurs en contrainte de Libreville.....	52
Figure 21. Organigramme présentant les conséquences des fuites au village	54
Figure 22. Branchements individuels après compteurs non enfouis sur le réseau de Libreville (Nzeng-ayong village à gauche et Owendo à droite)	59
Figure 23. Pertes en eau dues à une fuite sur la conduite qui alimente une bouche d'incendie privée du camp de gendarmerie d'Owendo et gaspillage sur le campus de l'USS et à l'école publique de Dragages	60
Figure 24. Nombre de défaillances constatées lors des investigations sur les sites publics.	62
Figure 25. Volumes d'eau perdus par jour sur les différents sites investigués.....	62
Figure 26. Évolution du rendement financier et du rendement primaire du réseau de Libreville à l'horizon 2025.....	65
Figure 27. Évolution des pertes financières en fonction du volume d'eau perdu.....	66
Figure 28. Évolution du volume d'eau perdu sur le réseau de Libreville à l'horizon 2025	67
Figure 29. Évolution du rendement financier du réseau de Libreville à l'horizon 2025.....	67
Figure 30. Évolution des pertes financières dues aux pertes en eau sur le réseau de Libreville	68
Figure 31. Moyens utilisés par les riverains pour pallier aux déficits de la desserte.....	70
Figure 32. Schéma de principe de la distribution alternée R1/R2 PK9	74
Figure 33. Processus de réduction des pertes et gaspillages au sein des édifices publics ...	76
Figure 34. Présentation des flux entre les différentes cellules.....	78
Figure 35. Évolution du rendement primaire du réseau de Libreville à l'horizon 2025.....	79

INTRODUCTION

Au Gabon, la hauteur moyenne de pluie en 2015 était de 2272,5mm et il a plu pendant 139 jours la même année (*source A.S.E.C.N.A Gabon*). La FAO a estimé les ressources naturelles en eau de ce pays d'Afrique centrale à près de 80 000 m³/habitant/an. En ce qui concerne l'eau potable, la production pour sa capitale Libreville a augmenté de 37,74 % entre 2011 et 2015 (*source S.E.E.G*). Actuellement ce sont 240 000 m³/j qui sont produits pour cette ville de 845 000 habitants soit 284 l/j/hbts. Malgré les ressources en eau importantes (et facilement mobilisables) et la production en eau potable élevée, de nombreux secteurs de la capitale Gabonaise sont en situation de *contrainte* d'approvisionnement en eau.

Les agents de la S.E.E.G désignent par *zone en contrainte*, les secteurs où les pressions sont très inférieures à la pression de service contractuelle qui est de 1,5 bars, où les débits sont faibles et où les manques d'eau sont récurrents et peuvent durer plusieurs jours. Au sein de Libreville, ville qui connaît une forte croissance démographique et une expansion en surface continue, on note une augmentation du nombre de zones en contrainte. Même certains secteurs qui étaient anciennement bien alimentés avec un service en eau en continu ont vu leur desserte se dégrader.

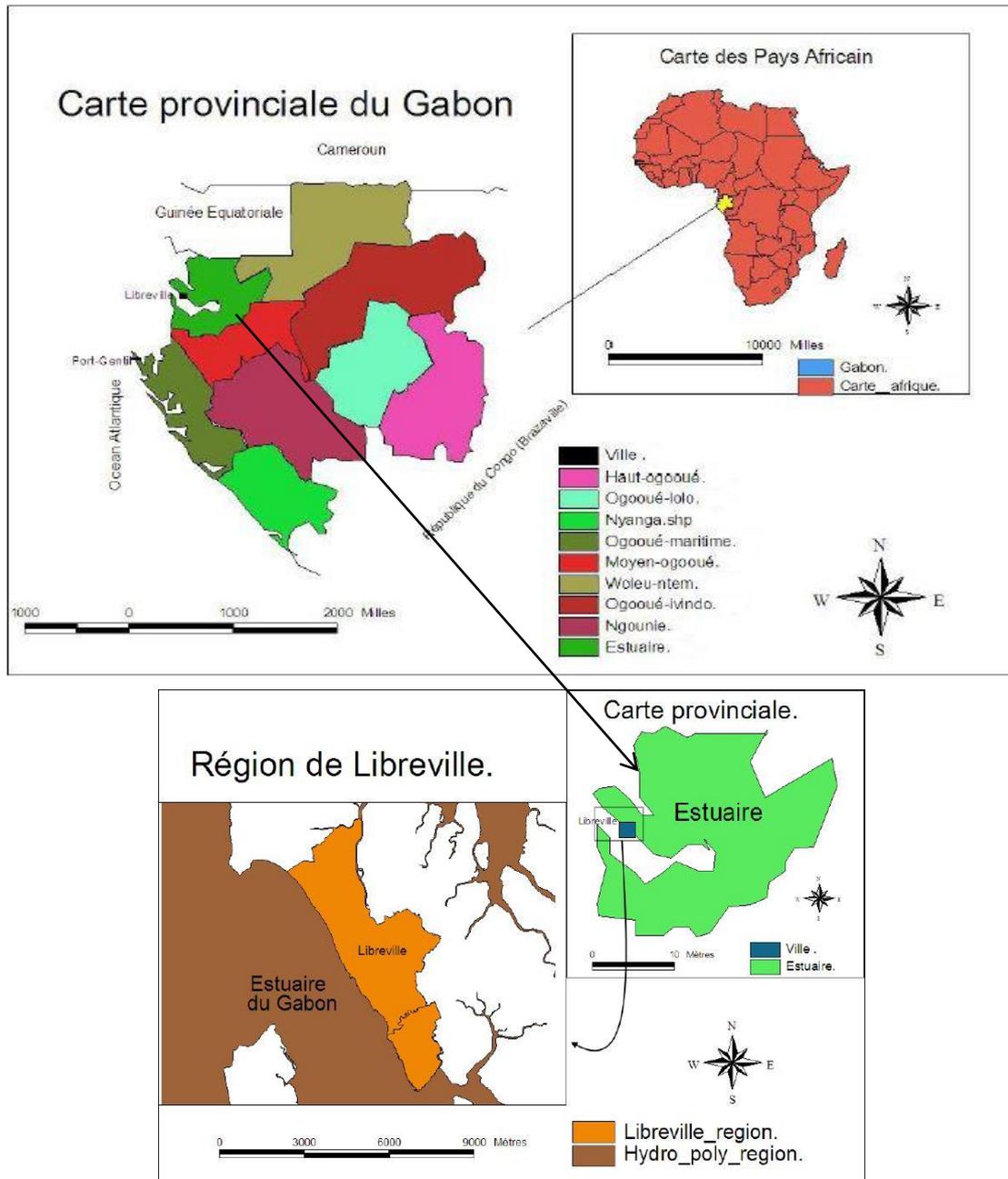
L'une des solutions envisagée par la S.E.E.G pour pallier aux déficits observés sur le réseau de Libreville est l'amélioration du rendement technique de son réseau. Rendement qui est passé de 77 à 71,8 % entre 2007 et 2010 (A. LADLI et al. 2012). En 2012, les pertes réelles sur une partie de ce réseau (transport et distribution) ont été estimées à 34 000 m³/j soit environ 21,05 % de la production journalière qui la même année a été de 161 474 m³ (A. LADLI et al. 2012). C'est dans cette optique d'amélioration, que des programmes de recherche et de localisation de fuites ont été mis en place. Mais aucun travail, préalable à ces campagnes de recherche, n'a été réalisé pour savoir quelle est la part réelle des fuites dans les problèmes que rencontre la desserte en eau de Libreville. Dans la présente étude, un regard particulier est donc porté sur l'impact des fuites sur la distribution en eau de Libreville en général et de Nzeng-ayong village en particulier qui est la zone d'étude de ce mémoire.

Ce mémoire est composé de 5 parties: d'abord (i) une partie contexte et problématique; (ii) une présentation du cadre conceptuel de l'étude; (iii) une partie matériel et méthode; ensuite (iv) une partie résultats et discussion ; et enfin (v) la conclusion et les recommandations.

Chapitre 1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

1.1. CONTEXTE DE LIBREVILLE

Libreville, capitale administrative du Gabon, est située sur l'estuaire du Gabon, sur la côte nord-ouest du pays. Ses coordonnées géographiques sont de 0° 23' 24" latitude Nord et 9° 27' 15" Longitude Est. Elle s'étend sur 65,42 km².



Source : Maurice LE FLEM, 2012/2013

Figure 01. Localisation de Libreville

Libreville a connu, ces dernières années une forte extension, parfois anarchique, sur le plan des infrastructures et une hausse de sa population. Cette extension se manifeste par un désenclavement et une urbanisation de nombreuses zones et par l'apparition de nouvelles aires d'habitation périphériques. L'un des corollaires de cet agrandissement est l'accroissement de la demande en eau potable. La zone de Nzeng-ayong village est dans cette situation.

1.2. PROBLÉMATIQUE

Depuis quelques années Nzeng-ayong village est alimentée en eau potable de façon intermittente. Comme de nombreuses zones en contrainte de Libreville, parfois dans ce secteur, l'eau n'arrive qu'une ou deux fois sur une longue période (une semaine, un mois) pendant quelque heures et très souvent tard le soir. À cause de cette inconstance du service en eau, le réseau de distribution de Nzeng-ayong village est la cible d'actes de vandalismes récurrents de la part des habitants de la zone : les conduites sont sectionnées à l'aide d'objets tranchants et les agents de la S.E.E.G sont parfois victimes d'agressions. Les visites dans ce secteur n'ont rien révélé concernant les véritables auteurs de ces actes de vandalismes mais deux groupes se distinguent clairement : (i) les personnes qui ont accès à l'eau potable par branchement individuel qui ont du mal à comprendre que le service ne soit pas de qualité bien qu'ils aient des branchements individuels et qu'ils paient régulièrement leurs factures ; (ii) les Ménages qui n'ont pas accès à un branchement individuel mais qui voudraient avoir accès à l'eau potable. Du coup pour exprimer leur colère ou leur frustration l'un de ces deux groupes (ou les deux) s'attaquent régulièrement aux conduites enterrées de Nzeng-Ayong village.



Figure 02. **Casses provoquées à Nzeng-Ayong village par les ménages (MOUKET, 2017)**

Sur le réseau de Nzeng-ayong village quatre casses de ce genre ont été signalées pendant cette étude.

1.3. CAUSES POSSIBLES DES DÉFICITS OBSERVÉS À NZENG-AYONG VILLAGE

Durant notre période d'étude, il a été constaté qu'au niveau de Libreville, les secteurs qui rencontrent des problèmes de desserte en eau ont un certain nombre de points communs. Ce sont : (i) des zones qui sont généralement raccordées au réseau de desserte; (ii) Ce sont des zones qui ont vu leur desserte se dégrader au fil des années ; (iii) Ce sont des secteurs ont un service intermittent ; (iv) Le relief de ces zones est très accidenté; (v) Ces secteurs dépendent de réservoirs qui sont sous-alimentés ou pas du tout alimentés. Ces observations ont permis d'émettre certaines hypothèses. Les déficits dans la desserte en eau observés à Nzeng-ayong village sont probablement dus :

- au(x) problème(s) d'alimentation et/ou de distributions du réservoir qui influence l'alimentation en eau de la zone ;
- ou au(x) problème(s) que rencontrent les principales conduites de desserte qui alimentent le secteur (conduites pas en charge, pertes de charge du au relief) ;
- ou à un problème de fuites au niveau du réseau de distribution de ce secteur.

Au vu de ces causes probables plusieurs questions peuvent être posées : Quelle est la situation du réservoir de tête qui influence la desserte de la zone d'étude? Quelle est la situation des conduites qui desservent la zone? Quel est l'état du réseau de distribution de Nzeng-ayong village? Quelle sont les causes de l'apparition récurrentes des fuites dans cette partie de la ville? Les fuites ont-elles un véritable impact sur la desserte en eau du secteur? C'est pour tenter d'éclaircir toutes ces questions que la présente étude est menée.

1.4. OBJECTIFS

1.4.1. OBJECTIF GLOBAL

L'objectif global de cette étude est d'améliorer la desserte dans la ville de Libreville en général et dans Nzeng-ayong village en particulier.

1.4.2. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Les objectifs spécifiques à atteindre, qui découlent de l'objectif global, sont :

- Établir un diagnostic du système d'alimentation de Nzeng-ayong village ;
- Évaluer l'impact des fuites sur la distribution de Libreville en générale et de Nzeng-ayong village en particulier ;
- Évaluer l'impact socio-économique des fuites et de l'inconstance de l'offre en eau à Nzeng-ayong village ;
- Proposer des stratégies de résolution du problème.

1.5. HYPOTHÈSE DE TRAVAIL

Les causes probables de la mauvaise desserte de Nzeng-ayong village sont :

- Le réservoir qui influence la desserte de Nzeng-ayong village ne fonctionne pas de façon optimale ;
- À cause de la topographie, les pertes de charges sont importantes au niveau des conduites qui desservent la zone d'étude ;
- Les volumes envoyés vers Nzeng-ayong et Nzeng-ayong village sont insuffisants ;
- Les fuites impactent fortement la distribution en eau de Nzeng-ayong village.

Chapitre 2. CADRE CONCEPTUEL DE L'ÉTUDE

2.1. PRINCIPAUX TEXTES QUI ENCADRENT LE SECTEUR DE L'EAU POTABLE AU GABON

Trois lois encadrent la distribution de l'eau au Gabon :

- la loi n°08/93 du 7 avril 1993 fixant le régime juridique de la production, du transport et de la distribution de l'eau potable et de l'énergie électrique. C'est cette loi qui régit le fonctionnement de la S.E.E.G ;
- la loi n°09/93 du 7 avril 1993 portant création du fond spécial de l'eau. En son premier article il est stipulé que ce fond permettra de couvrir les dépenses de consommations d'eau des collectivités locales, ainsi que le financement du développement et de l'entretien de leurs installations à usage public alimentées en eau ;
- la loi n°14/95 du 23 novembre 1995 portant création, composition et fixant les attributions et le fonctionnement du Conseil National de l'Eau et de l'Électricité. Ce Conseil s'assure de la disponibilité et de la bonne distribution de l'eau et de l'électricité sur tout le territoire national.

Un projet de révision de la loi n°08/93 est actuellement sur la table du gouvernement. Le nouveau régime juridique va ouvrir le secteur de l'eau à d'autres entreprises au travers la prise en compte de plusieurs activités non-encadrées par la loi 08/93. Il va s'agir ici de faire la promotion des énergies nouvelles et renouvelables, l'importation et l'exportation de l'énergie électrique, de l'eau potable ainsi que le recyclage des eaux usées.

Par ailleurs, ni la constitution, ni aucune autre législation Gabonaise ne reconnaît l'eau et l'assainissement comme un droit de l'homme.

2.2. TAUX D'ACCÈS À L'EAU POTABLE AU GABON

Au Gabon, selon les statistiques issues du Ministère de la Planification (Huber IBANGA 2005) :

- 66 % de la population total ont accès à l'eau potable ;
- 36 % de la population ont accès directement à l'eau potable dans leur logement ;
- 21% de la population ont accès à l'eau potable auprès d'un voisin ;

« Amélioration de la desserte en eau de la ville de Libreville : impacts des fuites sur la distribution. Cas spécifique de Nzeng-ayong village »

- 7 % de la population ont accès à l'eau potable à la borne fontaine.

Selon la même source, 34 % de la population totale n'a pas accès à une eau traitée et distribuée. En 2009 selon l'AFD, à Libreville, 72% de la population est raccordée au réseau de distribution soit 424 800 personnes (AFD 2009). Ces chiffres concernant l'accès à l'eau potable à Libreville sont théoriquement satisfaisants mais la réalité est tout autre. Il n'est rare que dans de nombreux quartier les coupures d'eau durent des mois entiers.

2.3. LA STRUCTURE D'ACCUEIL

La Société d'Énergie et d'Eau du Gabon voit le jour en 1963. Elle résulte de la transformation de la société d'Énergie de Port-Gentil, créée en 1950 pour assurer d'une part la distribution de la vapeur industrielle au compte de la Compagnie Forestière du Gabon et d'autre part la distribution d'électricité. Dans le cadre de l'exécution du volet privatisation du programme économique décidé en 1995, qui consacre le désengagement de l'État de la gestion du secteur productif, le gouvernement décide de mettre en concession privée le secteur de l'électricité et de l'eau. Cette mise en concession s'inscrit dans le cadre de la loi 8/93 qui fixe le régime juridique de la production, du transport et de la distribution de l'eau potable et de l'énergie électrique au Gabon. C'est ainsi qu'en 1996, le gouvernement lance un appel d'offres dans le but de trouver un actionnaire de référence à la S.E.E.G. Le 17 juin 1997, l'État gabonais signe une convention selon laquelle il cède ses actions estimées à 64% à Vivendi : la S.E.E.G est dès lors privatisée.

Les missions de la S.E.E.G s'articulent autour de deux aspects majeurs : le pôle énergétique « l'électricité » et le pôle hydraulique « l'eau ». Chaque pôle renferme plusieurs activités relatives à la production, au transport et distribution d'énergie électrique et de l'eau potable. Sa mission principale est de mettre à la disposition de sa clientèle la fourniture en eau et en électricité de façon fonctionnelle et pratique. Elle repose essentiellement sur : (i) la production d'électricité et de l'eau potable ; (ii) le transport de l'énergie et de l'eau des sites de productions vers les sites de distribution ; (iii) la distribution de ses produits aux abonnés sur l'ensemble du territoire.

2.4. PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE DANS LA RÉGION DE LIBREVILLE

Libreville et toutes les villes situées entre Ntoum et le PK 12 (Bikéle, Essassa) sont alimentées par trois stations de traitement situées dans la ville de Ntoum : Ntoum 3&4, Ntoum 5&6 et la station de traitement des eaux de l'ancienne cimenterie fonctionnel depuis décembre 2015 (station de CIM-Gabon). Les stations de la ville Ntoum, situé à plus de 40 km de Libreville, captent essentiellement les eaux de la rivière NZEME mais plusieurs forages sont aussi en fonction. La production globale actuelle pour la ville de Libreville et de Ntoum est de 240 000 m³/j. La station CIM-Gabon produit en moyenne 17 000 m³/j. En période d'été, en août et septembre, la station Ntoum 3&4 produit en moyenne 67 000 m³/j et celle de Ntoum 5&6 150 000 m³/j (source SEEG). Cette production est acheminée vers Libreville grâce à un réseau d'adduction long de 105 km composé d'une PEHD DN450, d'une Fonte Ductile DN800, DN1000 et DN1200. La production pour la région de Libreville peut être stockée dans seize réservoirs en béton (château d'eau, réservoir de tête) ou container étanche (bâches), répartis sur l'ensemble de la capitale, d'une capacité totale de 29 150 m³.

Le schéma actuel de l'alimentation en eau de Libreville est du type refoulement-distribution confondu. Une grande partie de la distribution d'eau de Libreville se fait de façon gravitaire à partir des réservoirs de tête du PK 6 (capacité totale 23 000 m³) et du PK 9 (capacité totale 15 000 m³). Les conduites du transport assurent aussi de la distribution par refoulement : la DN450 PEHD entre Ntoum (Ntoum y compris) et le PK 6 refoule sur plusieurs conduites. La DN1000 qui en plus d'alimenter le PK 9 et le PK 6 refoule aussi sur la DN400 Owendo et la DN600 Owendo. Des surpresseurs ont été aussi installés pour améliorer la desserte de certains points hauts de la capitale (Suppresseur SBG, suppresseur PK 6, suppresseur Awougou). Mais il est à noter que beaucoup de points de stockages ne sont plus en fonction (château d'eau du Centre-ville et de Sotéga) et que certains ne se chargent presque plus (réservoir de tête PK9).

Avec ses 104 108 abonnés eau (*estimation S.E.E.G 2015*), la ville de Libreville dispose du plus grand réseau de distribution d'eau du Gabon. Il peut être très anciens (réseau du Centre-ville) mais aussi récent (réseau de distribution de la commune d'Akanda). Long de 703 km il est très dense et maillé au centre-ville et dans les secteurs proches ; plus ou moins ramifié en zone périphérique (Owendo). Les anciens réseaux sont essentiellement en amiante-ciment (ETERNITE) et acier galvanisé (GALVA) alors que les nouveaux réseaux sont en PEHD et FONTE. Comme tous les réseaux de distribution, celui de Libreville a de nombreuses fuites.

2.5. GESTION DES FUITES À LA S.E.E.G

La gestion des fuites sur le réseau de distribution de Libreville est assurée par trois services au travers de trois cellules dont les missions sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. **Services chargés de la gestion des fuites au niveau de la S.E.E.G**
(MOUKET, 2017)

SERVICE	CELLULE	NOMBRE ÉQUIPE	MISSIONS
Gestion du Réseau	Réparation fuites	Quatre équipes S.E.E.G d'au moins deux personnes par équipe + la sous-traitance	Réparer les fuites et les casses sur conduites et branchements. Gestion administrative de la réparation des fuites.
Maîtrise des pertes	Recherche des fuites	Deux équipes de deux personnes chacune	Localiser et détecter les fuites et casses. Réparer les joints sur branchements. Retrouver les organes enterrés et les consommations frauduleuses.
Centre d'appel	Allô fuites		Collecter les signalisations de fuites par téléphone

La cellule Allô fuites, depuis sa mise en place en 2015, a permis la collecte de plus de 4 000 appels pour fuites (*source* S.E.E.G). Mais ceux qui appellent ne font pas toujours la différence entre une fuite avant et après compteur et une fuite peut-être signalée plusieurs fois. Les équipes de recherche et de réparation de fuites parcourent tous les jours Libreville pour détecter, localiser et réparer les fuites. Chaque jour un secteur géographique de Libreville est choisi et une recherche de fuite est effectuée dans ce secteur. Cette recherche se fait parfois à l'aide d'une tige d'écoute (avec possibilité d'écoute au sol) et d'un corrélateur acoustique. La détection de filets d'eau en surface est le moyen généralement utilisé lors des opérations de recherche de fuites. Il n'y a pas d'isolement hydraulique (fermeture des vannes d'isolement) des secteurs lors des recherches de fuites.

2.6. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

2.6.1. LOCALISATION ET DESCRIPTION DE NZENG-AYONG VILLAGE

Nzeng-ayong Village, qui est une partie du quartier Nzeng-ayong, est situé dans le 6^{ème} arrondissement de Libreville juste après l'école Dragage. Il y a deux postes électriques dans la zone : le poste 949 et le poste 950. Nzeng-ayong village forme une entité unique dirigé par un chef de quartier qui fait office de relais avec la mairie de Nzeng-ayong.

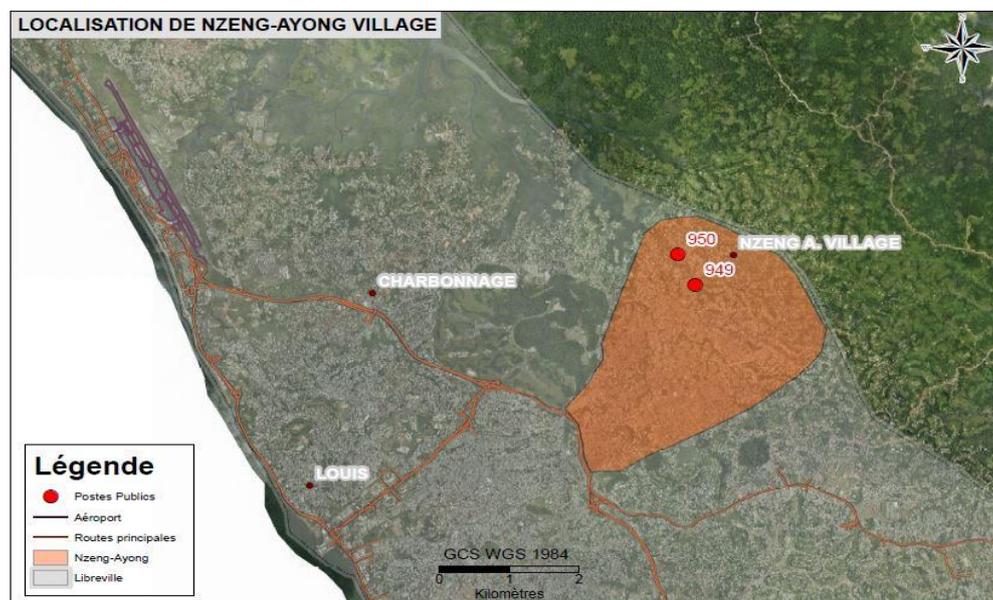
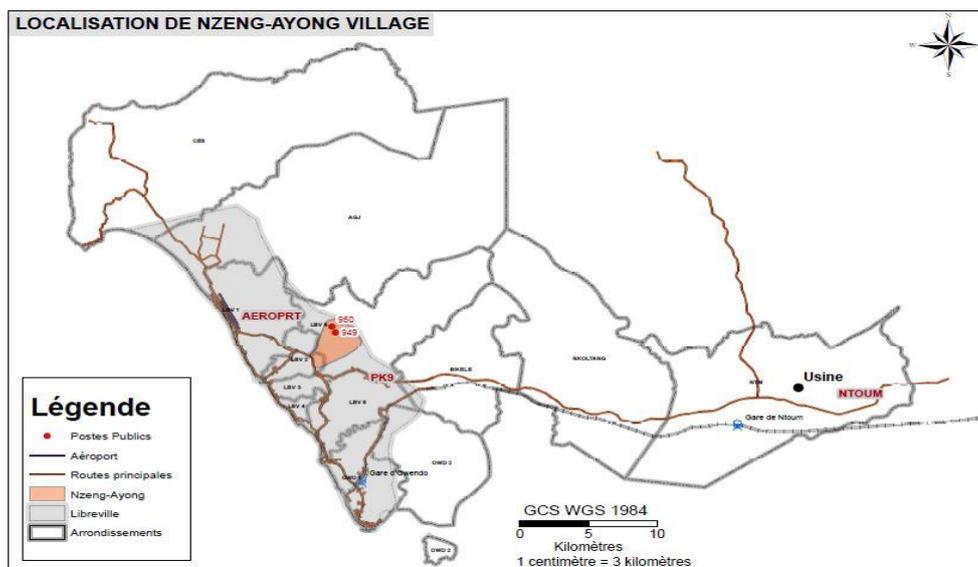


Figure 03. **Plan de localisation de Nzeng-ayong village (MOUKET, 2017)**

La zone d'étude a une superficie de 0,92 km² et un relief très vallonné. C'est une zone résidentielle de type semi-urbaine presque rural : voies de communication en latérite à certains endroits, présence d'habitations bas-standing, absence de circuit d'évacuation des eaux usées et des eaux de pluie. Il n'y a pas d'industrie et pas d'usine. Il y a une briqueterie dans le secteur qui sert parfois de point de revente d'eau. Il y a un marché situé à l'entrée de Nzeng-ayong village et une école primaire située à 350 m de cette entrée.

2.6.2. RELIEF DE LA RÉGION DE LIBREVILLE

Libreville est édifiée sur relief accidenté, parsemé de multiples collines et de vallons traversés par des cours d'eau plus ou moins importants qui se jettent dans l'estuaire du Gabon (estuaire du *Komo*). Parmi les cours d'eau les plus connus, on peut citer *l'Arambo*, *la Nomba*, *Batavéa*.

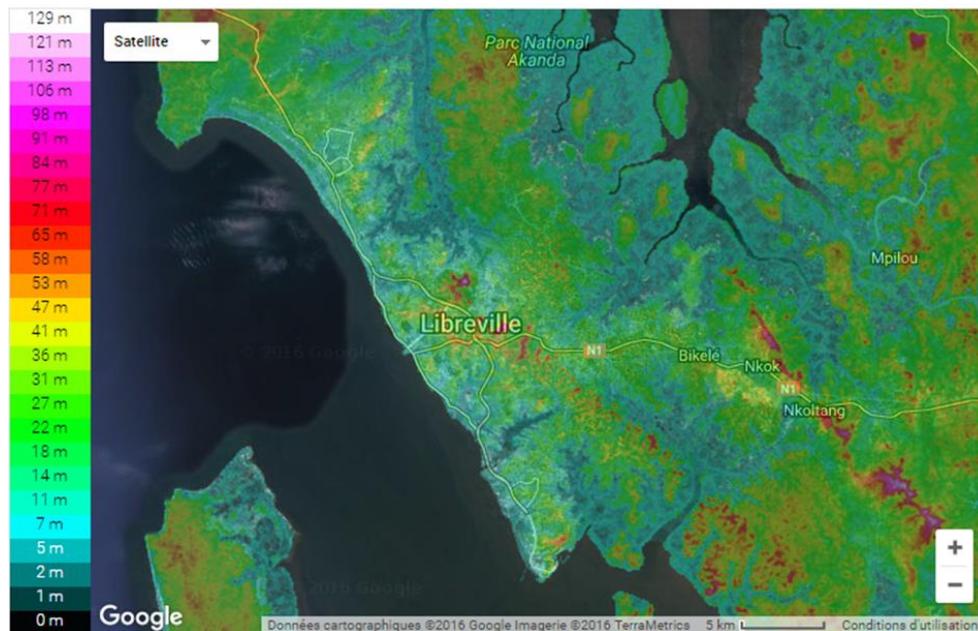


Figure 04. Image satellite présentant le relief de Libreville (Google Earth, 2017)

L'image satellite ci-dessous montre que le relief de Libreville présente des variations d'altitude sur toute sa surface qui est de 65,42 km². Cette ville côtière a des dénivelés de plus de 100 m parfois.

2.6.3. CARACTÉRISTIQUE SOCIO-ÉCONOMIQUE DE LIBREVILLE ET DE NZENG-AYONG VILLAGE

2.6.3.1. POPULATION DE LIBREVILLE ET DE NZENG-AYONG VILLAGE

Libreville est une ville de près de 845 000 habitants. La répartition de sa population par arrondissement est contenue dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2. **Répartition de la population de Libreville par arrondissement**

Secteur	1 ^{er} Arr.	2 ^{ème} Arr.	3 ^{ème} Arr.	4 ^{ème} Arr.	5 ^{ème} Arr.	6 ^{ème} Arr.	OWENDO
Population 2012	57 568	75 779	99 206	24 471	59 786	72 792	70 000
Superficie (ha)	2208,82	782,78	737,47	419,61	1198,05	1198,05	3140
Densité population (hab./km ²)	2606,28	9690,41	13452,21	5840,33	4990,48	6076,13	2229,30

(Source : mairie de Libreville 2012)

Le 6^{ème} arrondissement, arrondissement dans lequel se trouve Nzeng-ayong village, a une population de 72 792 habitants. À partir des 960 habitations recensées et selon l'hypothèse que chaque habitation regroupe au-moins 5,2 personnes (source Ministère de la planification), le nombre d'habitants de Nzeng-ayong Village a été évalué à environ 5 000 personnes.

2.6.3.2. STRUCTURE ET TAILLE DES MÉNAGES À LIBREVILLE EN GÉNÉRAL ET À NZENG-AYONG VILLAGE EN PARTICULIER

Au Gabon de façon générale l'on retrouve à peu-près 5,2 habitants par foyer pauvre ou non pauvre (Ministère de la Planification and PNUD Gabon 2005). Les ménages de grande taille (9 personnes ou plus) ne représentent que 16 % (Hélène BENGOSANE, Jean NDONG NKOGO, and Noël MOUSSAVOU 2000) Selon un rapport du Ministère de la Planification, à Libreville, 22,19% des ménages ont une femme comme chef de famille.

2.6.3.3. CARACTÉRISTIQUES DES LOGEMENTS

Selon le rapport d'Hélène BENGOSANE (2000) , 90% des ménages urbain ont accès à l'électricité et plus de 9 ménages urbains sur 10 utilisent, pour boire, de l'eau provenant de sources considérées comme salubres. Toujours selon le même rapport, en ce qui concerne les

toilettes, 43% des ménages urbains ne disposent d'aucun équipement ou seulement de fosses sommaires.

2.6.3.4. INDICATEURS ÉCONOMIQUES DE LA VILLE DE LIBREVILLE

En 2005, à Libreville, la population active représentait près de 37,10% de la population totale. Avec un revenu moyen de 150 000 FCFA. La même année, le taux de chômage a été estimé à 23,5%. Selon le Ministère de la Planification (and PNUD Gabon 2005) 22,8% des Gabonais sont pauvres. Par ailleurs, d'autres statistiques, comme ceux de l'ANNUAIRE STATISTIQUE DU GABON indiquent qu'en 2005, 33% des Gabonais ont été classés comme pauvres car, vivant en dessous du seuil de pauvreté nationale établie à 35 778 francs CFA par mois.

Tous ces chiffres montrent que de nombreux ménages Gabonais sont très faibles économiquement et donc très vulnérables face aux difficultés que peut engendrer un service en eau potable faible et intermittent.

2.6.4. TAUX D'ACCÈS À L'EAU POTABLE À NZENG-AYONG VILLAGE

Pour les sociétés d'eau quand on est dans une zone où il y a possibilité de se raccorder au réseau on a accès à la potable. Le nombre d'habitant de Nzeng-ayong village a été estimé à 5 000 personnes. Pour environ 912 abonnés S.E.E.G dans la zone, sachant qu'un branchement individuel alimente au moins 5,2 personnes ce qui fait un total de 4742,4 personnes, le taux de desserte a été estimé à environ 94,85% dans ce secteur. Comme la moyenne nationale qui est de 70%, le taux d'accès de Nzeng-ayong est satisfaisant. Mais la réalité sur le terrain est tout autre. À Nzeng-ayong village les manques d'eau peuvent durer plusieurs jours. Par ailleurs, La zone d'étude ne dispose d'aucuns appareils de fontaineries : borne fontaine, bouche de puisage, bouche de lavage, bouche d'incendie. La distribution en eau dans cette zone se fait essentiellement par branchement individuel. La consommation en eau dans ce secteur est de type domestique: l'eau potable est essentiellement utilisée pour hygiène et les tâches ménagères.

2.6.5. DESCRIPTION DU RÉSEAU D'ALIMENTATION DE NZENG-AYONG ET DE NZENG-AYONG VILLAGE

Les sites de stockage qui peuvent influencer la desserte du secteur Nzeng-ayong sont les sites du PK 9 et du PK 6. Le réservoir du PK 9 est un réservoir semi-enterré. Ses caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3. **Caractéristiques du réservoir de tête du quartier PK 9 qui influence la zone d'étude (MOUKET, 2017)**

Désignation	Capacité	Côte TN	Côte Radier	Côte Niveau Haut	Côte TP	Mode d'alimentation	Source d'alimentation
R1 PK9	7500 m ³	63,95 m	62,02 m	68,02 m	68,20 m	Par le fond	Station Ntoum via DN1000

À partir de ce réservoir, la DN700 Patte d'oie assure ensuite la desserte sur la zone sud de Libreville. La DN600 Bangos directement raccordée à la DN 700, assure la desserte des secteurs Sibang-Bambochine-Nzeng-ayong village. Les descriptions des arrivées d'eau du secteur Nzeng-ayong sont contenues dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4. **Synthèse des arrivées d'eau du quartier Nzeng-ayong (MOUKET, 2017)**

Arrivée d'eau	Lieu de départ de la conduite de desserte	Conduite de desserte	Mode d'alimentation de la conduite de desserte	Autres secteurs alimentés par la même conduite	Station de traitement
1 ^{ère} arrivée d'eau	Échangeur Nzeng-ayong	DE315 PEHD	Refoulement DN1000 du transport	Uniquement Nzeng-ayong	Ntoum 5&6
2 ^{ème} arrivée d'eau	Échangeur Nzeng-ayong	DE315 PEHD	Refoulement DN600 en provenance du PK6	Uniquement Nzeng-ayong	Ntoum 3&4
3 ^{ème} arrivée d'eau	La SGA	DN200 FONTE	Refoulement DN 450 du transport	Sibang	Ntoum
4 ^{ème} arrivée d'eau	Bangos	DN600 BANGOS	Refoulement DN700 du PK9	Sibang-Bambochine-Nzeng-ayong	Ntoum 5&6

Actuellement la liaison DN600-DE315 PEHD est fermée. Seule la DN1000 refoule vers la DE315 PEHD. Le synoptique ci-dessous donne une vue d'ensemble des conduites du transport de la région de Libreville et des conduites de desserte de Nzeng-ayong.

« Amélioration de la desserte en eau de la ville de Libreville : impacts des fuites sur la distribution. Cas spécifique de Nzeng-ayong village »

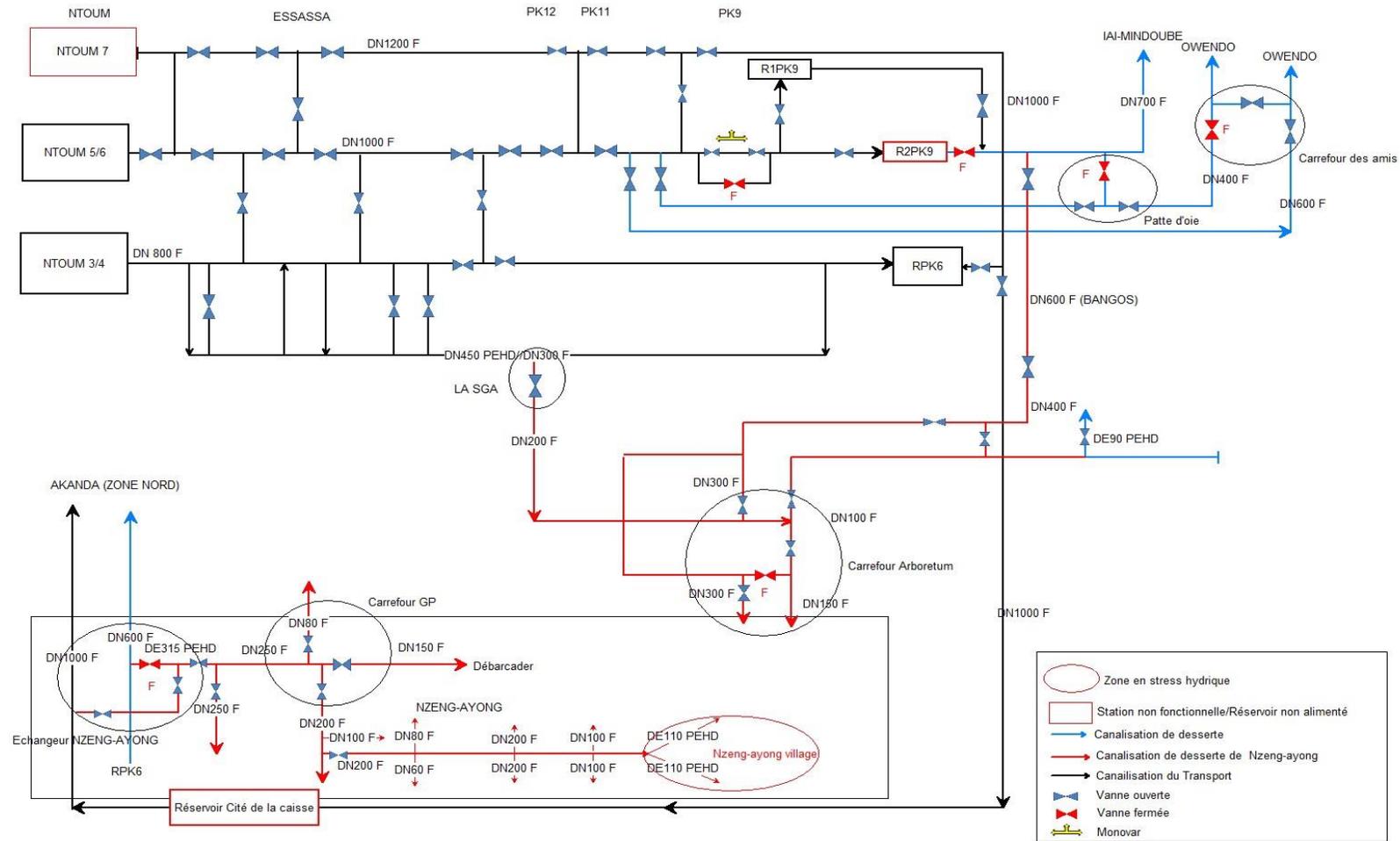


Figure 05. **Synoptique des conduites qui desservent le secteur Nzeng-ayong et Nzeng-ayong village (MOUKET, 2017)**

Le R2 PK 9, d'une capacité de 7500 m³ n'est actuellement pas alimenté. La DN600 Bangos qui alimente le secteur Bambochine Nzeng-ayong est directement raccordé à la DN700 qui sort du R1 PK 9. Une distribution par refoulement se fait aussi à travers la DN600 Owendo et la DN400 Owendo raccorder directement à la DN1000 du transport. Une partie de la production de Ntoun 5&6 est directement envoyée dans ces conduites de desserte sans passer par les réservoirs du PK 9.

Les caractéristiques du réseau de distribution de la zone d'étude sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5. **Description du réseau de distribution de Nzeng-ayong Village (MOUKET, 2017).**

Canalisation	l (m)	Ventouse	Point de purge	Regard enterré	Débitmètre et/ou de compteur	Nombre de branchement individuel
DE110 PEHD	2 600	4	3	2	0	168
DE90 PEHD	1 490	2	0	0	0	63

Deux regards ont été enterrés lors des récents travaux de bitumage d'une partie du *village*. Il a été impossible d'avoir accès aux vannes et à la ventouse qu'ils contiennent afin de voir leurs états de fonctionnement.

Dans ce chapitre on a pu constater que les fuites sont un problème dont a conscience la S.E.E.G vu le nombre de cellule mise en place pour assurer leur gestion au quotidien sur le réseau de Libreville. Il a été aussi possible de voir dans ce chapitre que malgré un taux d'accès à l'eau potable élevé des manques d'eau sont très souvent enregistré au niveau de Nzeng-ayong village. Les méthodes qui ont été utilisées pour déterminer la (les) cause(s) des problèmes de desserte de Nzeng-ayong village sont expliquées au chapitre suivant.

Chapitre 3. MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1. COLLECTE DES DONNÉES

Pour mener à bien cette étude, de nombreux documents ont été consultés :

- **Les rapports d'exploitation (ou point de réseau) :** ces rapports d'exploitation ont permis d'avoir des informations concernant la production et les volumes d'eau journaliers mis en distribution pendant la période d'étude; de connaître les débits qui transitent par les principales conduites de desserte de Libreville ; de connaître les pressions sur le réseau des sites en contrainte de Libreville ; de connaître les manœuvres d'exploitation effectuées pour alimenter les secteurs en difficultés.
- **Les rapports de détection et de réparation de fuites :** ces rapports ont permis de connaître le nombre de fuites détectées et réparées par secteur géographique; de connaître les diamètres et les natures des matériaux sur lesquelles ont eu lieu les interventions.
- **Les tableaux de bord annuels de la DOL :** ces tableaux ont permis de connaître les totaux de fuites détectées et des réparations de fuites sur une année. De connaître le nombre de consommations frauduleuses et de compteurs bloqués sur une année.
- **Les rapports de bilan annuels :** ces rapports ont aidé à connaître les volumes mis en distribution, les volumes comptabilisés et les volumes de services dans la région de Libreville.
- **Les rapports du centre de télésurveillance du réseau :** les niveaux d'eau dans les réservoirs ont été connus au travers de ces rapports.

Les enquêtes de LADLI (2012) et de la Générale des eaux (2001) ont permis de connaître la situation hydraulique de Libreville avant cette étude. La consultation du rapport de Philippe POSSEEUW (2001) a permis de savoir si les prévisions en matière de production et de projet d'optimisation du réseau de Libreville ont été atteintes. La consultation de personnes ressources (des chefs de divisions, les chefs de service de la DOL, le personnel permanent de la S.E.E.G etc.) a permis de rassembler et de confirmer certaines informations.

Plusieurs semaines d’immersion dans les différents services de la DOL, ont permis d’apprécier la gestion du réseau de Libreville au quotidien et de connaître les méthodes de détection et de localisation de fuites.

3.2. MATÉRIELS

➤ Logiciels de géoréférencement

Plusieurs logiciels de géoréférencement comme Google Earth, Arcview et Arcgis ont été utilisés. Ces logiciels de géoréférencement ont permis de localiser et d’établir des cartes de Nzeng-ayong village. Les profils de dénivelé des trajets des conduites qui desservent la zone étudiée ont été réalisés sur Google Earth Pro. Pour obtenir ces profils de dénivelé, il a fallu tout d’abord tracer les tronçons choisis sur Google Earth. Ensuite à l’aide de la fonction « *Afficher le profil de dénivelé* » nous avons pu obtenir le profil des tronçons.

➤ Diagram Designer

La réalisation de synoptiques sur Diagram Designer, a permis d’avoir une vue d’ensemble et simplifié du réseau de transport de Libreville et du réseau de desserte de la zone d’étude. Lors des travaux sur le terrain les cartes du réseau ont aidé au repérage des organes hydrauliques (vannes, ventouse etc.).

➤ WinFluid

Le logiciel WinFluid est un logiciel qui permet l’exploitation d’une très large gamme d’enregistreurs et de capteurs pour couvrir tous les besoins de mesures d’analyse. Un manomètre et un logger de type Octopus LX (enregistreur de pression) ont été utilisés pour réaliser des mesures de pression. Le logiciel WinFluid a permis le traitement des données du logger.

➤ Calculateur de fuites du site internet raymond-plombier-chauffagiste

Vu les dysfonctionnements que présentaient certains compteurs (cadrons cassés, absence de comptage), l’inaccessibilité d’autres compteurs (base militaire, compteurs non retrouvés) et la méconnaissance des effectifs des institutions que nous avons visité, l’estimation des gaspillages dans les édifices publics s’est faite à l’aide du calculateur en ligne du site raymond-plombier-chauffagiste (<http://raymond-plombier-chauffagiste.fr/fuites-calcul.htm>). L’interface de ce calculateur est présentée dans la figure 6.

Calculez vos fuites

 **Goutte à goutte (petites fuites)**

Comptez le nombre de gouttes qui tombent en une minute

Note: Au-delà de 300 gouttes par minutes, utiliser la seconde méthode.

Entrez le nombre de gouttes par minute dans la boîte ci-dessous et cliquez sur « Calculer »

<input type="text"/>	Calculer
Litres par jour	
Litres par mois	
Litres par année	

 **Méthode du contenant et du chronomètre (grosses fuites)**

Placez une tasse (23cl) d'eau sous la fuite.

À l'aide d'un chronomètre, mesurez le temps requis afin de remplir la tasse.

Entrez le temps en secondes dans la boîte ci-dessous et cliquez sur « Calculer »

<input type="text"/>	Calculer
Litres par jour	
Litres par mois	
Litres par année	

Figure 06. Interface du calculateur du site raymon-plombier-chauffagiste

À l'aide de la méthode décrite dans la figure 6, il a été possible d'évaluer de façon très exhaustive les gaspillages dans les institutions visitées.

3.3. MÉTHODOLOGIE

3.3.1. DIAGNOSTIC DU SYSTÈME D'ALIMENTATION DE NZENG-AYONG VILLAGE

Avant d'évaluer l'impact des fuites sur la desserte de Nzeng-ayong village, les causes de la mauvaise desserte de ce secteur ont d'abord été déterminées. La démarche utilisée est décrite dans les paragraphes ci-dessous.

3.3.1.1. ANALYSE DE LA DESSERTE DE NZENG-AYONG VILLAGE

La démarche utilisée pour analyser la desserte de Nzeng-ayong village est la suivante :

- Un suivi du niveau d'eau du réservoir qui influence l'alimentation de la zone d'étude a été réalisé. Ce suivi a permis de connaître la charge disponible au niveau de ce réservoir et de connaître de façon globale l'état et les cycles de consommation au niveau de Libreville;
- Les débitmètres placés à l'entrée du réservoir de tête ont permis de connaître le volume journalier envoyé dans ce réservoir;
- Les débitmètres placés à la sortie du PK 9 et au niveau des refoulements de la DN1000 ont permis d'avoir une idée de la répartition des flux de Ntoum 5&6 au niveau de Libreville et des flux envoyés vers la zone d'étude.

3.3.1.2. ÉVALUATION DES PERTES DE CHARGE SUR LE RÉSEAU DE NZENG-AYONG VILLAGE

Vu que Libreville en général et Nzeng-ayong en particulier ont un relief très vallonné, une étude des pertes de charges à cause d'une succession de points hauts a été effectuée. La démarche a été la suivante :

- Le linéaire de conduites qui alimentent principalement Nzeng-ayong village a été évalué à l'aide des cartes réseau de la S.E.E.G;
- Le profil de dénivelé de ce trajet a été obtenu sur Google Earth pro;
- Un repérage des différents organes hydrauliques situé sur le linéaire prédéfini et constat de leur état de fonctionnement ont été effectués ;
- des mesures de pressions à l'aide d'un manomètre au niveau des branchements individuels des abonnés ont été réalisées sur le linéaire de conduites qui a été défini ;

Ces mesures de pression ont permis de connaître l'évolution de la charge sur le tronçon choisi. Cette évolution a été vérifiée de façon expérimentale avec le théorème de Bernoulli.

$$H_1 = H_2 + \sum pdc$$

$$P_2 = (Z_1 - Z_2) + P_1 - \sum pdc$$

3.3.2. IMPACT DES FUTES SUR LA DESSERTE DE NZENG-AYONG VILLAGE

L'état du réseau de Libreville a été évalué en calculant plusieurs indicateurs de performance. Pour évaluer l'impact des fuites sur la desserte de Libreville, des secteurs en contrainte ont été choisis. Au niveau de chaque secteur en contrainte, le nombre d'interventions et les différents diamètres sur lesquels ont eu lieu ces interventions ont été répertoriés. En fonction de la taille des conduites, il a été possible de juger de l'importance des interventions et de l'impact de la fuite ou de la casse sur la desserte du secteur. Au niveau de Nzeng-ayong village, les conséquences des fuites en termes de pertes en eau, de pollution du réseau et d'interruption de service ont été déterminées. Une évaluation des pertes dans le domaine privé a été aussi effectuée pour voir l'impact en termes de demande en eau.

3.3.2.1. RECHERCHE DE FUITE DANS LE SECTEUR NZENG-AYONG VILLAGE

La recherche de fuite dans la zone s'est faite essentiellement par observation de filet d'eau en surface. Une tige d'écoute de la marque SEVERIN a parfois été utilisée pour écouter au niveau des branchements.

3.3.2.2. CALCUL DES INDICATEURS DE PERFORMANCE DU RÉSEAU DE LIBREVILLE

L'analyse temporelle de l'évolution des rendements et indices semble adaptée pour traduire l'amélioration ou la dégradation de l'efficacité fonctionnelle d'un réseau (Rachid MASMOUDI 2009). Trois indicateurs de pertes sont prévus par le RPQS (Eddy RENAUD 2009) : le rendement du réseau de distribution, l'indice linéaire des volumes non comptés et l'indice linéaire des pertes. Pour déterminer ces indicateurs, les volumes recensés sur la ville de Ntoum et Libreville ont été utilisés (voir annexe). L'indice linéaire des pertes pour le réseau de Nzeng-ayong village a été estimé à partir des volumes d'eau perdus au travers de fuites présentes dans ce secteur. L'ILI qui est un indice recommandé par l'IWA et la Banque Mondiale permet d'évaluer le niveau de pertes vraies des réseaux d'eau potable (Eddy RENAUD et al. 2012; Richard Pilcher et al. 2002 ; A.O Lambert et al. 2000).

3.3.2.3. ESTIMATION DES PERTES SUR LE RÉSEAU DE NZENG-AYONG VILLAGE

Afin d'estimer les pertes sur le réseau de Nzeng-ayong village, plusieurs hypothèses ont été prises :

- La population de Nzeng-ayong village est de 5 000 habitants et un compteur alimente au moins 5,2 personnes ;
- La consommation de 2014 a été considérée comme référence (figure 7): la consommation est de 26,45 l/pers/j à Nzeng-ayong village pendant cette étude ;
- Les compteurs endommagés ont été considéré comme étant des pertes commerciales ;
- Vu que les habitants du secteur cassent les conduites et s'alimentent aux fuites, les pertes de Nzeng-ayong village ont été considérés comme étant des consommations frauduleuses ;

- Tous les compteurs dont l'alimentation a été suspendue à causes des casses sur le réseau du *village* ont été considérés comme étant des pertes commerciales.

Les pertes ont été estimées en multipliant le nombre de personne concerné par le compteur endommagé par la consommation spécifique du secteur.

3.3.2.4. ÉVALUATION DE L'IMPACT DES FUTES SUR LA QUALITÉ DE L'EAU

Afin de montrer la conséquence des fuites sur la qualité de l'eau à Nzeng-ayong village, plusieurs prélèvements d'eau potable pour analyse ont été nécessaires. Un prélèvement au niveau d'une fuite et un autre prélèvement en amont de cette fuite au niveau du robinet d'un riverain ont été effectués. Les deux points de prélèvements sont situés sur le même linéaire de conduite. Les prélèvements ont été effectués de suite. Les analyses de ces prélèvements ont été effectuées au laboratoire de l'eau de la S.E.E.G. Les méthodes d'analyse utilisées au laboratoire de la S.E.E.G sont les suivantes : (i) la méthode NF EN ISO 9308-1 pour les bactéries coliformes ; (ii) la méthode NF EN ISO 9308-1 pour E. coli ; (iii) la méthode NF EN ISO 7899-2 pour les Entérocoques. Les analyses du chlore libre, du pH et de la turbidité ont été réalisées in-situ. Pour précision, l'ISO 9308 :2014 spécifie une méthode de dénombrement des E. coli et des bactéries coliformes. La méthode consiste en une filtration sur membrane, suivie d'une mise en culture dans une gélose chromogène et d'un calcul du nombre des organismes cibles présents dans l'échantillon.

3.3.2.5. ÉVALUATION DES PERTES EN EAU DANS LE DOMAINE PRIVÉ

Afin de montrer la pression sur le réservoir du PK 9, la demande fictive créée par les fuites dans le domaine privé (après compteur) a été évaluée. Le site internet raymond-plombier-chauffagiste propose un logiciel de calcul de débit de fuites en ligne grâce auquel les pertes dans ces établissements ont pu être estimées.

3.3.3. IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'INCONSTANTE DE L'OFFRE EN EAU ET DES FUTES

Les fuites génèrent deux types de dépenses : les dépenses dites directes généralement assumées par le gestionnaire du réseau d'eau et les dépenses dites indirectes qui elles sont assumées par les consommateurs (Conseil national de recherches Canada 2004; J. Elnaboulsi and O. Alexandre 1998). Parmi les dépenses directes on a : le cout des réparations, le cout du

renouvellement des conduites et le cout des pertes en eau. Concernant les dépenses indirectes on a les couts qu'entraîne une suspension de service due aux fuites : achat d'eau auprès de revendeur, arrêt d'activités économiques.

Concernant l'impact social de l'inconstance de l'offre en eau, des interviews des habitants de la zone ont été réalisées à l'aide d'un questionnaire (Cf. Annexe 4). Des séances d'échanges ont été organisées avec le chef du quartier et d'autres habitants de la zone.

3.3.3.1. ESTIMATION DES COUTS DIRECTS

Pour le réseau de Libreville, les pertes économiques dues aux fuites ont estimées ont multipliant le volume d'eau utilisé pour estimer l'ILP par le prix de vente d'un mètre cube d'eau aux abonnés qui est de 440,80 FCFA.

$$\text{Cout des pertes en eau} = \text{prix } m^3 \text{ d'eau} \times (\text{volume distribué} - \text{volume autorisé})$$

Le cout des réparations des fuites sont des prix forfaitaires discutés entre la S.E.E.G et les entreprises sous-traitantes. Le prix des réparations des fuites est fixé en fonction du diamètre de la conduite et de la nature du terrain sous lequel se trouve la fuite (bitume, latérite etc.).

3.3.3.2. ESTIMATION DES COUTS INDIRECTS

Le principal moyen d'alimentation adopté par les habitants des secteurs qui ont un service intermittent est l'achat d'eau auprès de revendeur. À chaque zone et à chaque revendeur son prix de revente. Mais le prix de vente de l'eau chez les revendeurs d'eau au niveau de Libreville se fait très souvent en fonction de la capacité du contenant. À Nzeng-ayong village, le remplissage d'un bidon de 5 l coute 50 FCFA et 200 FCFA le remplissage d'un bidon de 20 l. De façon globale on a :

$$\begin{aligned} \text{Coût de l'achat d'eau pour un ménage/j} \\ = \text{Prix de remplissage du contenant} \times \text{Nombre de contenant} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coût indirect total dans la zone d'étude/j} \\ = \text{Prix moyen dépensé par un ménage} \\ \times \text{Nombre potentiel de ménage acheteur d'eau} \end{aligned}$$

3.3.3.3. IMPACT SOCIAL DE LA MAUVAISE DESSERTE EN EAU DE NZENG-AYONG VILLAGE

Des interviews des habitants du secteur ont été réalisées sur la base d'un questionnaire (Cf. Annexe 4). Ces interviews ont permis de connaître les difficultés causées par l'inconstance de l'offre en eau. Environ 15 personnes sur un peu plus de 5 000 habitants ont été interrogées de façon aléatoire. Plusieurs rencontres ont été organisées avec le chef du quartier et d'autres habitants de la zone.

Les données qui ont été collectées et l'utilisation des méthodes qui ont été expliquées dans ce chapitre ont permis d'avoir les résultats qui sont présentés dans le chapitre suivant.

Chapitre 4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1. DIAGNOSTIC DU SYSTÈME D'ALIMENTATION DE NZENG-AYONG VILLAGE

À Nzeng-ayong village, la consommation en eau est très souvent nocturne. Certains riverains ne voient arriver l'eau chez eux qu'au-delà de minuit quand les pressions sont généralement plus fortes. D'après les recherches effectuées, aucun document de la S.E.E.G ne donne les causes de l'intermittence du service en eau à Nzeng-ayong village.

4.1.1. ANALYSE DE LA CONSOMMATION COMPTABILISÉE DE NZENG-AYONG VILLAGE

Chaque mois, des agents de la S.E.E.G relèvent les compteurs d'eau. Une étude de l'évolution, sur cinq ans, de la consommation comptabilisée en eau potable, a permis d'avoir une représentation des problèmes de desserte que rencontre Nzeng-ayong Village.

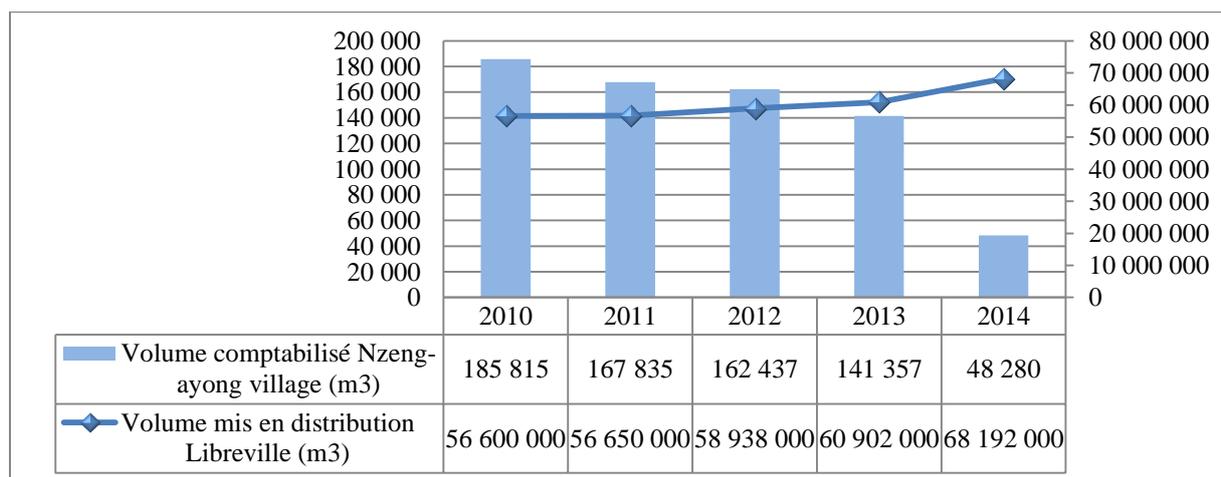


Figure 07. **Évolution du volume consommé comptabilisé de Nzeng-ayong village entre 2010 et 2014 (MOUKET, 2017)**

Malgré une évolution à la hausse du volume d'eau envoyé dans le réseau de Libreville et bien que Nzeng-ayong village d'après les riverains, ne cesse de grandir, sa consommation comptabilisée est en baisse. La différence entre 2010 et 2014 est estimée à près de 137 535 m³ soit une baisse de 74,01 % en cinq ans. Pour une population estimée à 5000 personnes, la consommation spécifique est passée de 101,81 l/j/habitant en 2010 à 26,45 l/j/habitant en 2014. À partir de la consommation spécifique du secteur et du volume distribué spécifique du réseau de Libreville, il a été estimé que le rendement de la zone est passé de 55,48% en 2010 à 11,96% en 2014. Une baisse des volumes envoyés vers Nzeng-ayong combinée à une

réurrence de coupures prolongées dans la zone d'étude du fait de faibles pressions peuvent expliquer en partie la baisse de la consommation dans cette partie de Libreville. Une analyse de la répartition des flux au niveau de Libreville et une présentation des résultats de mesures de pressions sont effectuées dans les paragraphes suivants.

4.1.2. ANALYSE DU REMPLISSAGE DU RÉSERVOIR DE TÊTE QUI INFLUENCE LA DESSERTE DE NZENG-AYONG VILLAGE

Le R PK 9 est alimenté par la DN1000 F qui transporte, jusqu'à Libreville, l'eau de la station Ntoun 5&6 qui produit en moyenne 163 703 m³/j. Une sonde piézométrique de niveau d'eau placée sur le radier de ce réservoir permet de connaître l'évolution journalière du niveau d'eau dans ce point de stockage. Les résultats de deux jours d'observation de l'évolution du niveau d'eau du R PK9 sont présentés dans la figure ci-dessous.

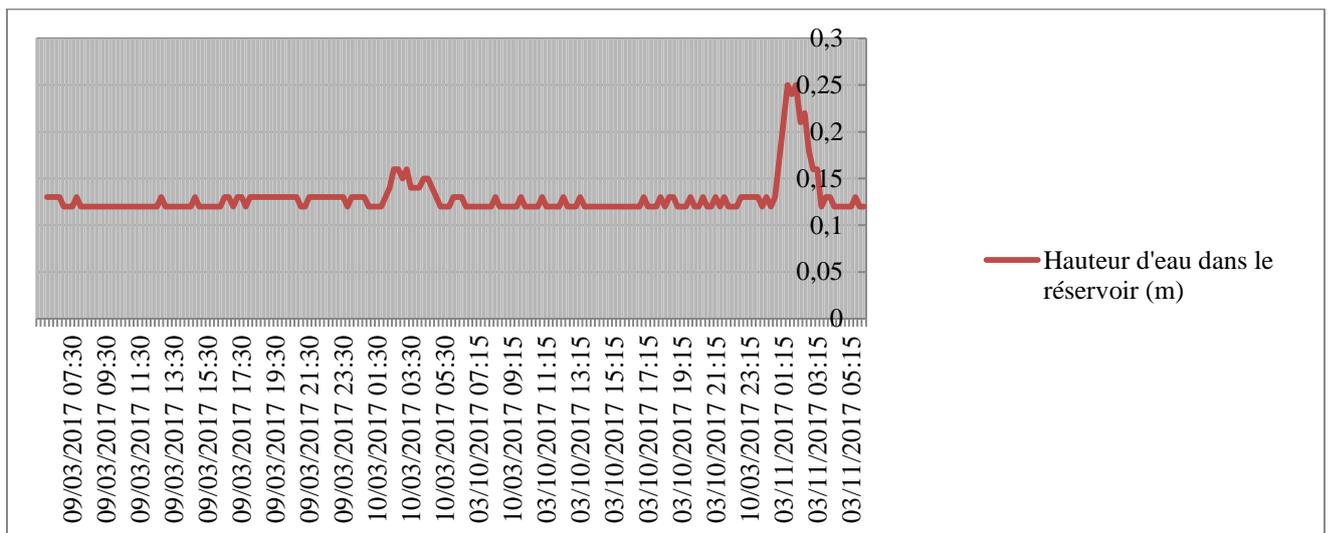


Figure 08. Suivi journalier du volume d'eau dans le réservoir du PK9 du 09 au 10/03/2017 et du 10 au 11/03/2017 (MOUKET, 2017)

La figure 08 montre que le niveau du réservoir fluctue très peu. Sur ce graphique, on peut voir que du 09 au 10/03/2017, le niveau d'eau dans le réservoir a été stable et très bas sauf entre 00 h et 3 h du matin où l'on a pu observer une légère montée du niveau d'eau. Globalement pendant la journée du 10 au 11 mars 2017, le niveau n'a pas dépassé les 0,15 m sauf entre 00h et 3h du matin où il a atteint 0,25 m. Ce qui est faible par rapport à la capacité de ce réservoir qui a une cote trop plein à 5,90 m. En 2012, le rapport de SEURECA-VEOLIA (A. LADLI et al. 2012) a déjà fait état de la situation du réservoir du PK 9. Pendant leurs investigations, ils ont constaté que toute l'eau qui rentrait dans ce réservoir était immédiatement mis en

distribution à cause de la très forte demande en eau. Cette situation faisait en sorte que le réservoir n'avait presque pas le temps de se remplir : le débit distribué étant égal au débit rentrant. Mais bien qu'il rencontrait des difficultés à se remplir, le niveau d'eau pouvait atteindre jusqu'à 1,60 m en période de faible consommation notamment la nuit ou après des manœuvres de la vanne de distribution ou après la fermeture de la vidange. La situation c'est donc bien dégradée au fil des années. En 2017, pendant la journée du 09 au 10 mars, le niveau d'eau le plus haut atteint a été 0,16 m et cela malgré le fait que le volume actuel qui rentre au PK 9 (54 304 m³/j en moyenne) est supérieur au volume entrant en 2012 (47 760 m³/j en moyenne). L'évolution du niveau du réservoir montre qu'il n'y a pas de baisse de consommation durant toute la journée sur le réseau de Libreville. Les flux envoyés vers le PK 9 semblent insuffisants pour assurer en même temps son chargement et permettre à ce réservoir de tête de répondre à la demande constante.

De façon globale, seulement près de 25% de la production totale journalière passe par le PK 9 et seulement 33,42% de la production de Ntoun 5&6. Sur les 54 304 m³ d'eau qui entrent en moyenne par jour au PK 9, environ 45 552 m³/j, soit un débit moyen de 1898 m³/h, sont directement mis en distribution au travers la DN700. Le reste est acheminé vers les réservoirs de tête du PK 6 par la liaison DN1000 qui relie le PK 9 au PK 6 ou vers les châteaux de la zone Nord (commune d'Akanda). Le réservoir de tête du PK 9 n'assure plus sa fonction de stockage et tout au long de la journée, le niveau d'eau dans ce réservoir ne garantit pas un niveau d'énergie suffisant afin de permettre la distribution de l'eau à une pression suffisante et stable aux secteurs qui dépendent de ce réservoir.

4.1.3. ANALYSE DE LA RÉPARTITION DES FLUX DU PK 9 ET DE LA DN1000

En 2015, la consommation spécifique sur l'ensemble du réseau de Libreville est de 164,49 l/j/habitant. En regardant sur Nzeng-ayong village l'on s'aperçoit que cette consommation est de 26,45 l/j/habitant la même année. Une répartition des volumes produits en défaveur de Nzeng-ayong peut expliquer cet écart. Les flux à la sortie de ce réservoir et une grande partie de l'eau acheminée par la DN1000, sont majoritairement dirigés vers la zone sud (I.A.I, Mindoubé, Owendo).

Tableau 6. **Volumes qui transitent par les principales conduites de la zone Sud et du secteur Bambochine-Nzeng-Ayong (MOUKET, 2017).**

	Zone Sud			Bambochine - Sibang - Nzeng-ayong			
	DN400 Owendo	DN600 Melen	DN700 patte d'oie avant départ DN600 Bangos	DE315 Échangeur Nzeng-ayong	DN600 Bangos de 1h 15 à 3h 34 du matin	DN600 Bangos (estimation 2012)	DN200 la SGA (estimation 2012)
Volume (m ³ /j)	1 200	19 920	45 552	8 400	1 192	7 600	3 027
Débit (m ³ /h)	50	830	1 898	350	514	316,66	126
Vitesse (m/s)	0,18	0,84	1,48	1,51	0,30	0,32	1,23

C'est à peu-près 59 072 m³ qui sont envoyés chaque jour vers la zone sud et seulement 19 027 m³ vers le secteur Bambochine, Sibang et Nzeng-ayong. Cet écart est dû au fait que la zone sud est avantagée à cause de sa population qui est largement supérieur à celle des secteurs Bambochine, Sibang et Nzeng-ayong réunis. Par ailleurs, bien que la population de Nzeng-ayong se rapproche de celle d'Owendo, la commune d'Owendo est en plus une zone industrielle. La société de brasserie et le plus grand port du Gabon (pour ne citer ceux-là) se trouvent dans cette ville. Cela peut expliquer qu'une grande partie des flux de la DN1000 soient envoyé vers ce secteur. La DN600 Bangos, qui est raccordée la DN700 PK 9, alimente Nzeng-ayong en passant d'abord par les quartiers Sibang et Bambochine. Les mesures effectuées par le débitmètre fixé sur cette conduite ne sont fiables qu'entre 1 heure et 4 heures du matin parce-que c'est seulement dans cette plage horaire que la DN600 Bangos est en charge. En dehors de cette plage horaire la conduite est dénoyée. La période de la journée où la DN600 est en charge correspond au moment où les pressions sont meilleures sur le réseau de Nzeng-ayong village.

Mais en tenant seulement compte du volume transitant par la DE315 PEHD qui alimente uniquement Nzeng-ayong, pour un volume de 8 400 m³/j et une population estimée à 72 792 habitants en 2012 (*source Mairie de Libreville*) l'on s'aperçoit que cela fait près de 115,39 l/j/habitant. Ce qui est largement supérieur à la consommation spécifique de Nzeng-ayong village qui est à peu-près égale à 20 l/j/habitant à l'heure actuelle. Mais l'on s'aperçoit surtout que ce ne sont pas les quantités d'eau qui posent problème mais que le véritable problème est que ces volumes d'eau sont envoyés dans le réseau sans pressions suffisantes pour alimenter

les points hauts et éloignés de la source. Quand la pression fait défaut, l'eau a tendance à rester au niveau des points bas. Le *village* est un secteur en bout de réseau de Nzeng-ayong ce qui complique son alimentation en eau au vu des pressions actuelles.

4.1.4. ANALYSE DU DÉBIT DE LA DE315 PEHD ÉCHANGEUR DE NZENG-AYONG

Les mesures du débitgraphe placé sur la DE315 PEHD entre l'échangeur Nzeng-ayong et les bureaux de la poste a donné les résultats contenus dans la figure 9.

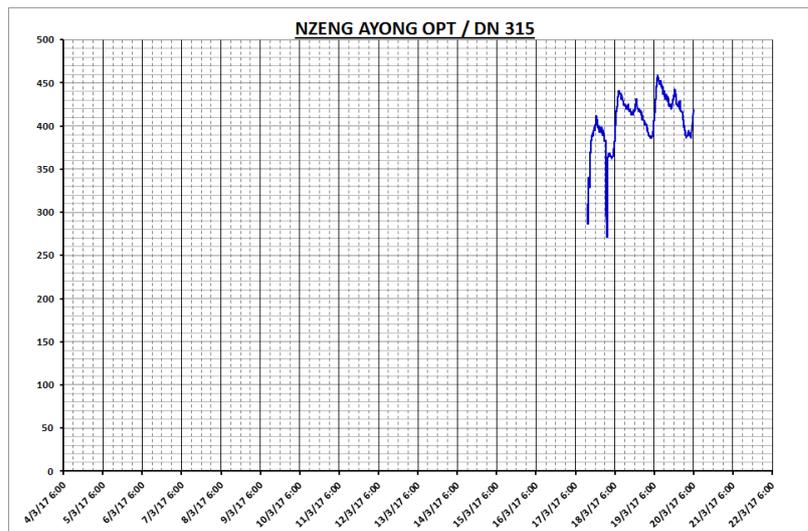


Figure 09. Débit transitant par la DE315 PEHD du 04/03/ au 22/03/2017 (MOUKET, 2017)

Seule la période du 18 au 20/03/2017 a été interprétée. La figure ci-dessous présente des pics aux alentours de 6 heures du matin avec des débits pouvant atteindre 450 m³/h. Ensuite on peut observer une chute de ce débit tout au long de la journée. La consommation nocturne reste néanmoins élevée avec des débits supérieurs à 380 m³/h. Ce débit nocturne élevé peut s'expliquer par le fait que certains points hauts de Nzeng-ayong (Nzeng-ayong village, Ondogo) ne reçoivent l'eau que pendant la nuit quand les consommations en amont ont baissé et que le réseau est en charge. Les populations de ces points ont donc une forte consommation nocturne. Mais il est possible que cette forte consommation nocturne masque des fuites. Une écoute de bruit de fond sur cette conduite permettrait de confirmer la nature de ce volume.

4.1.5. MESURE DE PRESSION SUR LE RÉSEAU DE NZENG-AYONG ET DE NZENG-AYONG VILLAGE

Des mesures de pressions sur le tronçon échangeur de Nzeng-ayong (linéaire DE315 PEHD)- Carrefour école Dragages qui est la principale entrée d'eau de Nzeng-ayong ont été effectuées. Des enregistreurs de pressions et des mesures ponctuelles au manomètre sur le réseau de Nzeng-ayong et de Nzeng-ayong village ont donné les résultats ci-dessous.

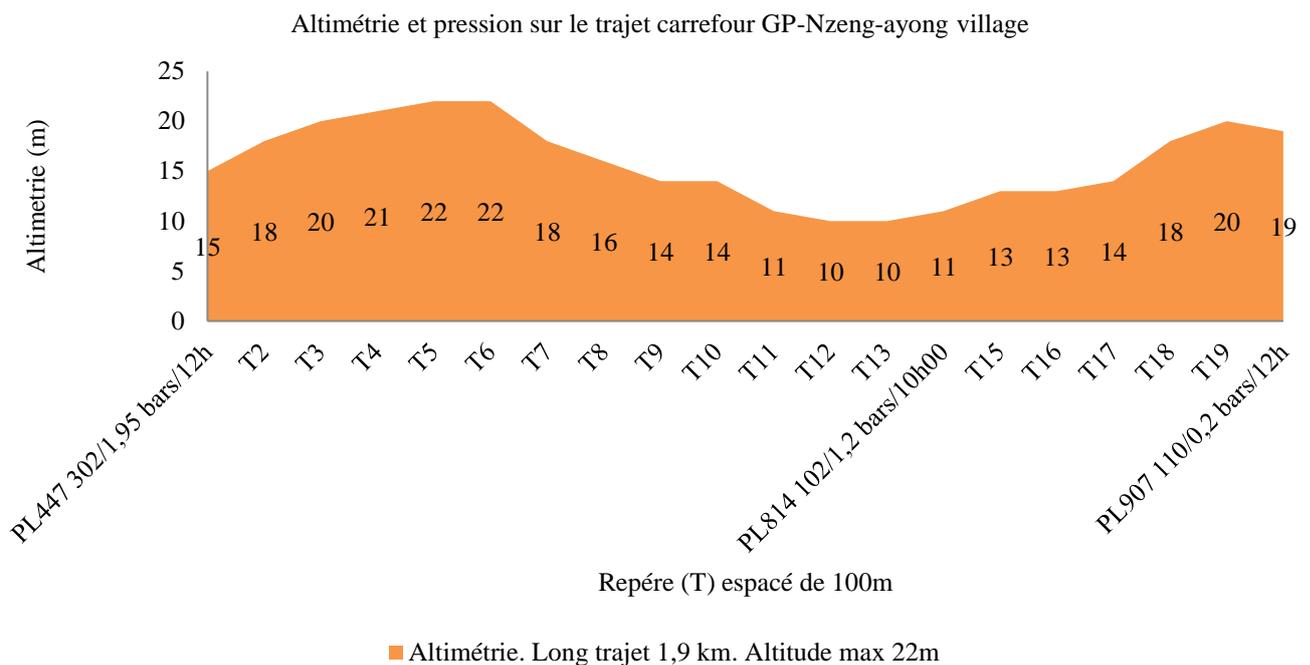


Figure 10. **Évolution des pressions sur le trajet carrefour GP-entrée Nzeng-ayong village (MOUKET, 2017)**

Le relief vallonné de la zone d'étude cause des pertes de charges importantes. Avec la topographie du trajet des conduites, la pression de 1,95 bars au départ n'est pas suffisante pour garantir une pression de service de 1,5 bars en bout de réseau. Une mesure ponctuelle de pression avec manomètre à 12 heures a donné 0,2 bars à l'entrée de la zone étudiée. Par ailleurs, des mesures de pressions entre l'école Dragages et l'entrée de Nzeng-ayong village (entre le PL 814 102 et PL 907 110) n'ont pas pu être faites parce-que aucun robinet n'était visible à cause des nombreux commerces qu'il y'a au bord de la route. Afin de connaître les pressions sur réseau de Nzeng-ayong village, plusieurs enregistreurs ont été placés sur ce réseau. Un enregistreur a été placé au PL 949 104 000 53 et un autre, 320 m plus loin, au PL

949 306 000. L'altimétrie du premier point est de 11 m et celle du second point est de 17 m. Ces enregistreurs ont donné les résultats ci-dessous.

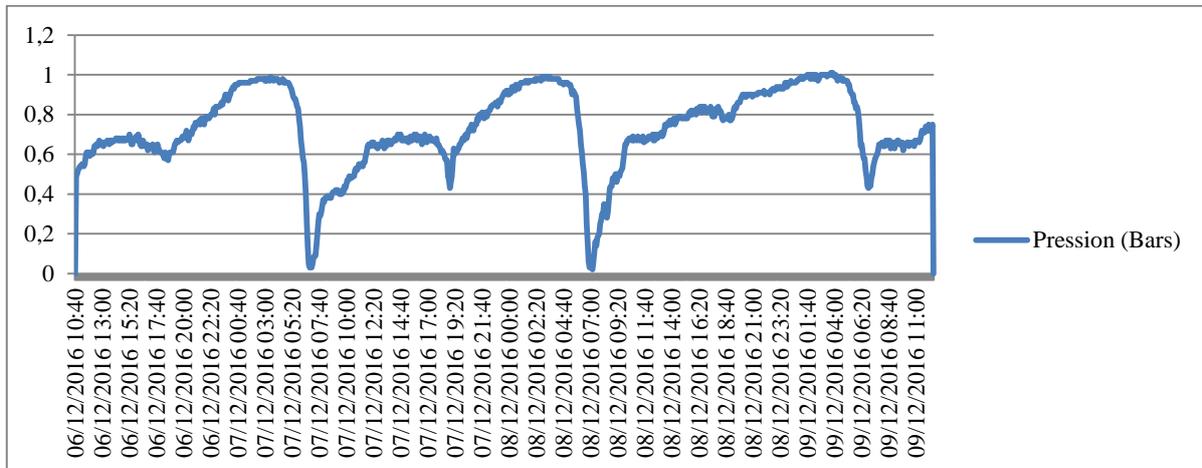


Figure 11. **l'évolution des pressions à Nzeng-ayong village au PL 949 104 000 53**
(MOUKET, 2017)

Les mesures ont été effectuées sur un branchement d'une conduite DE110 PEHD. L'appareil a enregistré les pressions toutes les cinq minutes pendant trois jours. La valeur maximum enregistrée est de 1,01 bars et la valeur minimum 0,02 bars. Avec une moyenne de 0,73 bars. À ce point de mesure, les pressions sont meilleures entre 22 h et 05 h du matin. Dans cette plage horaire, la pression approche les 1 bars. Au travers cette figure, il possible de constater aussi que les pressions sont très instables. Le second enregistreur a été placé au PL 949 306 000, 320 m en aval du premier point de mesure. La courbe ci-dessous présente le comportement de la pression à ce point. La mesure a été effectuée sur un branchement de la même conduite.

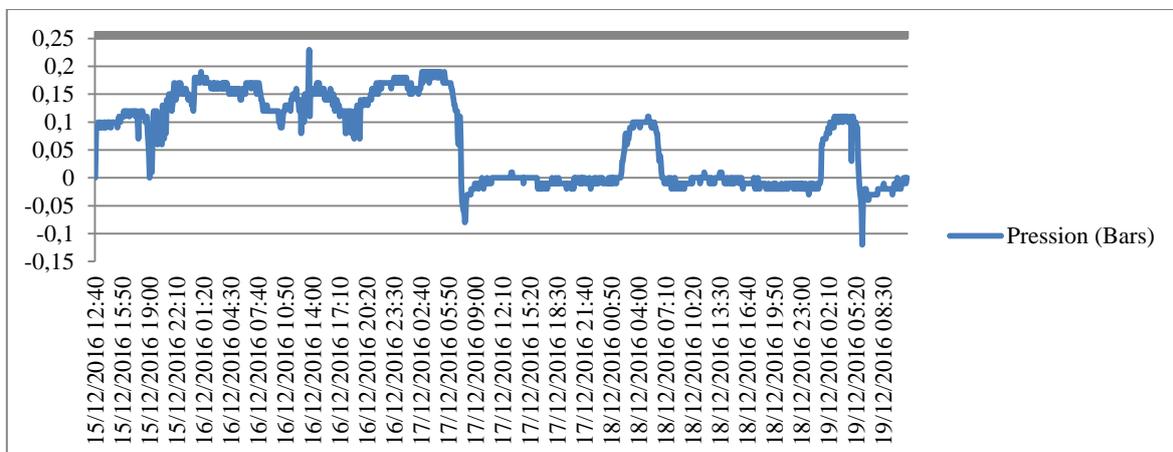


Figure 12. **Évolution des pressions à Nzeng-ayong village au PL 949 306 000**

L'appareil a enregistré les pressions toutes les cinq minutes pendant trois jours. La valeur maximum enregistrée est de 0,23 bars, la valeur minimum -0,12 bars. Avec une moyenne de 0,07 bars. À ce point, les pressions mesurées ont été très souvent nulles parfois négatives. Ces pressions négatives enregistrées montrent qu'à certains moments de la journée le point de mesure n'est pas desservi. À ce point aussi, les pressions sont instables. Les figures 11 et 12 montrent que la desserte est meilleure tard dans la nuit. Ce que les riverains ont confirmé, c'est généralement à des heures tardives qu'ils ont un peu d'eau. Les pressions sont meilleures sur le réseau de Nzeng-ayong village quand le niveau est haut dans le réservoir du PK 9 et donc quand la DN600 Bangos est en charge. Ces pressions fluctuent aussi en fonction du débit refoulé dans la DE315 PEHD.

4.1.6. ÉTAT DES ORGANES HYDRAULIQUE SUR LE RÉSEAU DE NZENG-AYONG VILLAGE

Sous le contrôle d'un *exploitant* (gestionnaire du réseau), l'état de fonctionnement des ventouses et vannes, du tronçon échangeur Nzeng-ayong -entrée du *village*, a été vérifié afin de voir si ces organes hydrauliques n'empêchaient pas la circulation des flux. Les organes visités ne semblaient présenter aucun problème : les ventouses étaient en position service et les vannes étaient ouvertes. Cependant, sur ce linéaire (entre le PL 814 102 et PL 907 110) plusieurs regards ont été enterrés lors des derniers travaux de bitumage de la zone. Il a été impossible de constater l'état de fonctionnement des organes hydrauliques dans ces regards. Deux regards du réseau de Nzeng-ayong village ont été aussi enterrés : un regard contenant une ventouse entre le PL 907 110 et le PL 949 104 et un regard contenant les vannes d'isolement du *Village* au niveau du PL 907 110. Par ailleurs, dans le but d'améliorer la desserte du secteur plusieurs ventouses ont été récemment placées et remplacées par la S.E.E.G à différents points hauts de Nzeng-ayong village. Ce qui n'a pas amélioré la situation.

À partir des résultats présentés plus haut, il est possible de dire que les principales causes de la mauvaise desserte de Nzeng-ayong village sont l'absence de charge au niveau du R PK 9 et les possibles pertes de charge à cause du relief. Le niveau bas du réservoir de tête fait en sorte que Nzeng-ayong village qui se trouve en bout de réseau a de très faible pression sur son réseau de distribution. Avantager le chargement des deux réservoirs du PK9 va contribuer à améliorer la desserte de la zone d'étude. Actuellement, seul le R1 PK9 est alimenté, la mise en service du deuxième réservoir peut contribuer à améliorer la situation. Ouvrir légèrement la vanne d'alimentation et garder fermée la vanne de distribution du R2 PK9 vont entraîner le

chargement de ce réservoir. Une fois qu'un niveau d'eau convenable est atteint, deux à trois jours plus tard, on bascule la distribution sur le R2. On aura donc une distribution alternée à parti du R1 ou du R2 PK9. Par ailleurs, en plus du fonctionnement non optimal du R PK 9, il se peut que des fuites perturbent la distribution de Libreville en général et de Nzeng-ayong village en particulier. Une présentation du nombre de fuites détectées sur Libreville, une classification des fuites en fonction du diamètre et de la nature du matériau et une évaluation de l'état physique du réseau de Libreville sont effectuées dans les paragraphes suivants.

4.1.7. NOMBRE DE FUTES DÉTECTÉES, DIAMÈTRES ET MATÉRIAUX LE PLUS IMPACTÉS PAR LES FUTES

Avant d'évaluer l'impact des fuites sur la distribution, une présentation du nombre de fuites détectées sur le réseau de Libreville a été faite. Ces fuites ont été classifiées en fonction du diamètre et du matériau de la conduite afin de voir l'importance des interventions et les matériaux les plus impactés.

4.1.7.1. NOMBRE DE FUTES DÉTECTÉES SUR LE RÉSEAU DE LIBREVILLE

Le nombre de fuites qui ont été détectée sur le réseau de Libreville entre 2014 et 2016 sont contenu dans la figure 13.

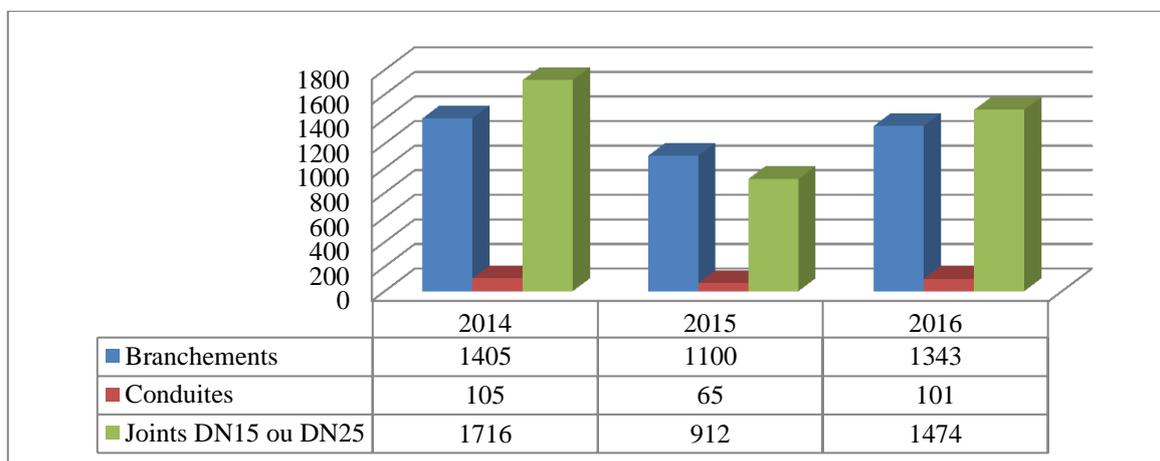


Figure 13. **Nombre de fuites détectées en fonction du diamètre de la conduite (MOUKET, 2017)**

Un grand nombre de fuites détectées sur le réseau de Libreville le sont sur des conduites de petit diamètre ($\varnothing < 63$ mm) soit 96,54% des fuites détectées en 2016. Mais les moyens et les techniques de recherche utilisées par la S.E.E.G ne permettent que de détecter des *fuites aériennes* (fuites visibles). Les conduites étant généralement enterrées, les fuites sur les

canalisations de grand diamètre ($\varnothing \geq 63$ mm) ne sont observées que lorsque les dégâts sont importants : affaissement du sol, éboulement de terrain, remontée d'eau en surface.

Une répartition en fonction de la nature du matériau des fuites qui ont été retrouvées sur le réseau de Libreville est faite au paragraphe suivant.

4.1.7.2. RÉPARTITION DES FUTTES EN FONCTION DE LA NATURE DU MATÉRIAU

Des répartitions des fuites en fonction de la nature du matériau ont été effectuées. Elles sont contenues dans les figures ci-dessous.

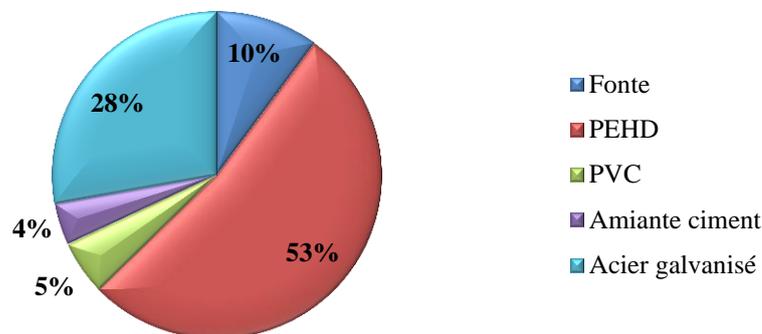


Figure 14. **Répartition des réparations sur conduite en fonction de la nature des matériaux en 2016 (MOUKET, 2017).**

En 2016, les conduites sur lesquelles il y a eu le plus d'interventions sont les conduites en PEHD soit 53%. Les conduites sur lesquelles il y a eu le moins d'intervention sont celles en amiante ciment environ 4%. Cela peut s'expliquer par le fait que les nouveaux réseaux sont essentiellement en PEHD et l'amiante ciment n'est plus utilisé. La répartition des fuites réparées sur branchements en fonction du matériau est contenue dans la figure suivante.

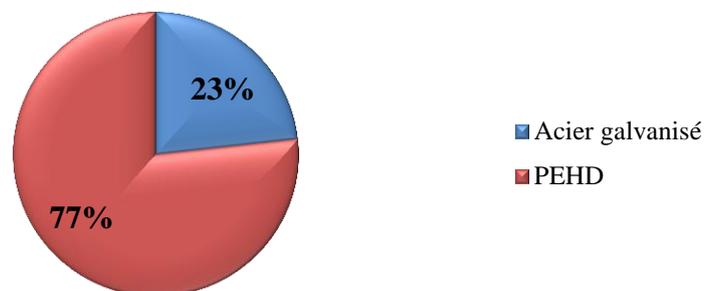


Figure 15. **Répartition des réparations sur branchements en fonction de la nature des matériaux en 2016 (MOUKET, 2017).**

Il est possible de constater qu'il y a eu plus d'interventions sur branchements en PEHD en 2016 soit 77% que sur les branchements en acier galvanisé. La vétusté des branchements en aciers galvanisés (certains branchements ont plus de 40 ans) qui composent en grande partie l'ancien réseau de Libreville peut expliquer le nombre important d'interventions sur ce matériau. Concernant les branchements PEHD, la mauvaise qualité des matériaux qui composent le branchement (raccord en laiton qui s'oxyde, PEHD de contrefaçon) et la non-conformité des nouvelles installations (branchement pas enfouis) peut expliquer le nombre élevé de réparations sur des branchements en matériau PEHD.



Figure 16. **Oxydation des raccords en laiton qui relient les nourrices au branchement (MOUKET, 2017)**

À travers la figure 16 on peut constater les pertes causées par une casse sur branchements. Dans les paragraphes suivants des indicateurs qui permettront d'estimer les pertes et de connaître l'état physique du réseau de Libreville sont calculés.

Concernant le nombre élevé de réparations sur matériau PEHD, en plus des mauvaises conditions de pose, cela peut-être aussi une conséquence de la concentration et de la nature du désinfectant présent dans l'eau traversant ce matériau. En effet, de forte concentration en chlore ou dioxyde de chlore combinées à des fortes pressions et à une température élevée de l'eau peuvent entraîner la dégradation prématurée du PEHD. Cette réduction du temps de vie du PEHD a été mise en évidence par les chercheurs de SUEZ ENVIRONNEMENT et la LYONNAISE-DES-EAUX qui ont analysé plus de 400 échantillons de PE de 7 réseaux de pays différents et ont mis en place un banc de vieillissement accéléré du PEHD basé sur les trois paramètres suscités (B. RABAUD et al. 2009 ; Yannick GOURBEYRE et al. 2007). Les résultats de ces expériences sont contenus dans les annexes 5 et 6.

La concentration en chlore dans le réseau de Nzeng-ayong village (donc plus ou moins de Libreville) est de 1,4 mg Cl₂/l soit 1,4 ppm (Cf. Annexe 3) et vu que l'on est dans un contexte

équatoriale (forte température), l'environnement interne des conduites en PEHD (concentration du désinfectant, température et pression) sont donc à surveiller.

4.1.7.3. ÉTAT DU RÉSEAU DE LIBREVILLE ET DE NZENG-AYONG VILLAGE: CALCUL DES INDICATEURS DE PERFORMANCES

Le réseau de Libreville est très ancien et vétuste dans certains secteurs et il est parfois soumis à de nombreuses attaques. Il n'est pas rare que des conduites autrefois enterrées se retrouvent exposées à cause de la dégradation des routes et que des casses surviennent sur les chantiers de construction d'ouvrages civils. Pour toutes ces raisons, il est probable que beaucoup d'eau se perd sur le réseau de Libreville. Concernant Nzeng-ayong village, le phénomène des casses sur conduites est très récurrent dans ce secteur. Rien que dans l'année 2016, près de douze fuites apparentes ont été signalées. Plusieurs indicateurs de performances ont été calculés afin de voir l'état du réseau physique du réseau de Libreville. L'évolution de ces indicateurs entre 2011 et 2015 est présentée dans la figure ci-dessous. Les volumes qui ont permis leurs estimations sont contenus en annexe (Cf. Annexe 2).

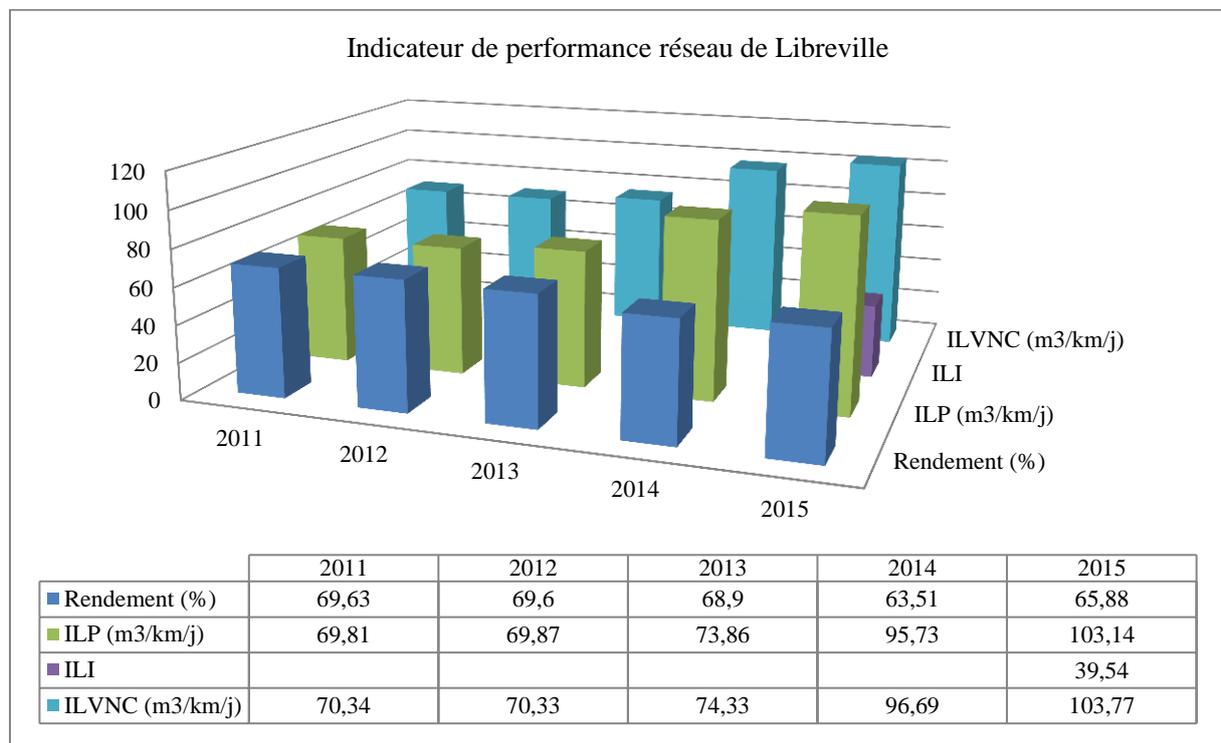


Figure 17. Évolution entre 2011 et 2015 de plusieurs indicateurs de performance du réseau de desserte de Libreville (MOUKET, 2017)

Il est possible de voir à travers la figure 17 que les pertes n'ont cessé d'augmenter entre 2011 et 2015. Le rendement primaire du réseau de distribution connaît une dégradation d'année en année, soit une de perte de 3,75% en cinq ans. L'ILP a été estimé à 103,14 m³/j/km en 2015 alors que celui de 2011 était de 69,81 m³/j/km soit une augmentation de 47,74%. Selon les normes de l'AWWA, un réseau est considéré en mauvais état lorsque son ILP est supérieur à 20 m³/j/km : la valeur de l'ILP en 2015 est largement supérieure à cette valeur limite. La valeur élevée de l'ILP du réseau de Libreville en 2015 et son évolution indique que la politique de maintenance et de renouvellement de conduite est soit inexistante ou soit inefficace. Par ailleurs, les valeurs élevées des ILP traduisent aussi le fait que la lutte contre les fuites sur le réseau de Libreville, ne s'accompagne pas d'une véritable politique de connaissance des volumes autorisés, des volumes détournés ou volés : il est par exemple très difficile de savoir ce que consomment exactement les pompiers qui parfois font dans la redistribution d'eau potable. La mise en place de compteurs au niveau des bornes fontaines peut aider à avoir des informations à ce sujet. L'ILI à une valeur de 39,54. Selon les standards de la Banque Mondiale, le réseau de Libreville est de catégorie D (voir tableau annexe) : un programme rigoureux de réduction des pertes vraies doit-être impérativement mis en place (Richard Pilcher et al. 2002). Ce programme devra tenir compte de tous les aspects des pertes en eau : les fuites, les vols d'eau, les consommations frauduleuses, les défauts de facturations, les erreurs et absences de comptage. Au vu de l'ILVNC, 103,77 m³/km/j en 2015, une estimation des pertes commerciales est nécessaire. Ce type de pertes contribuent à la baisse du rendement primaire du réseau et peuvent laisser croire que celui-ci est en mauvaise état physique. Une estimation de l'état physique du réseau a été effectuée en calculant des indices de réparation. Ces estimations sont contenues dans la figure ci-dessous. (Cf. Annexe 2).

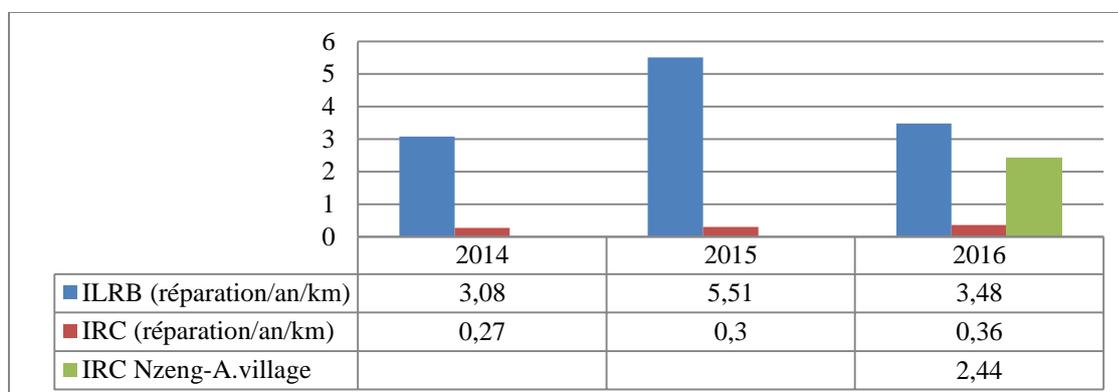


Figure 18. **Indice de réparation du réseau de Libreville et de Nzeng-A.village entre 2014-2016 (MOUKET, 2017)**

En 2016, l'IRC de Nzeng-A.village soit 2,44 réparation/an/km est supérieur à celui de Libreville qui est de 0,36 réparation/an/km. Ce qui montre bien le mauvais état physique du réseau de ce secteur. Mais cet écart montre surtout qu'il est nécessaire de calculer les indicateurs à petite échelle afin de mieux apprécier la situation du réseau.

Au vu des indicateurs calculés précédemment, une recherche des fuites non visibles en surface mais détectables et l'établissement de balance eau par secteur afin d'améliorer la connaissance des volumes perdus à cause des fuites et d'établir des priorités de détection et de réparation dans les secteurs les plus fuyards s'avèrent nécessaires. Lors de notre étude, la recherche de fuite s'est essentiellement faite par observation directe de filet d'eau. Cette méthode ne permet pas de couvrir l'ensemble du problème car les fuites diffuses et les fuites détectables non localisées c'est-à-dire les fuites non visibles en surface sont celles qui impact le plus le rendement primaire du réseau (Conseil national de recherches Canada 2004 ; Ryma Fares 2010). En 2015, la cellule recherche de fuite a parcourue la presque totalité du réseau soit 625,312 Km pour seulement 65 fuites sur conduites signalées soit environ 0,10 fuites sur conduite par kilomètre. Cela parait peu au vu des indicateurs de performances calculés.

La question de la rapidité des réparations se pose aussi. La vitesse et la qualité des réparations jouent un grand rôle dans la limitation des volumes perdus : plus les réparations se font vite et bien, moins d'eau sera perdu (Banque Mondiale and USAID 2010). Or, il a été constaté que les interventions sur le réseau de Libreville ont souvent lieu au-delà du délai fixé par la S.E.E.G qui dit qu'une fuite doit-être réparée dans les 48 heures qui suivent son signalement : les fuites de Nzeng-ayong, qui ont été signalé en décembre 2016, sont restées en activités plusieurs mois après leurs signalements. Plusieurs raisons peuvent expliquer la lenteur des réparations des fuites à Libreville: (i) Le personnel chargé de la réparation est insuffisant. Il n'y a que trois équipes de trois à quatre personnes pour l'ensemble du réseau de Libreville ; (ii) la lourdeur administrative : plusieurs autorisations sont souvent requises avant la réparation d'une fuite. Ces deux choses peuvent augmenter le temps mis par la fuite avant réparation. Concernant le cas de Nzeng-ayong village, les tensions sociales qui y règnent et la recherche d'une solution définitive aux casses ont ralenti les opérations de réparations. En 2016, le ratio fuites réparées sur fuites signalées est plutôt élevé : sur 600 fuites enregistrées par mois, 450 à 500 fuites ont été réparées dans le même mois. Mais parmi ces fuites réparées, beaucoup d'entre elles sont restées longtemps en attente : plus d'une semaine pour certaines fuites.

Au vu des indicateurs de performances calculés précédemment, il semble nécessaire d'investir dans des techniques modernes de recherche de fuites comme les enregistreurs de débit. Et d'améliorer le temps de réaction pour la réparation des fuites localisées en diminuant par exemple le nombre d'autorisation avant réparation.

Les secteurs en contraintes ont été observés en priorité lors de cette étude car ils présentent le plus de problèmes. Les résultats des observations, en matière de fuites détectées et réparées et d'impacts sur la distribution de ces zones en difficultés sont présentés dans les paragraphes ci-dessous.

4.2. ÉVALUATION DE L'IMPACT DES FUTES SUR LA DISTRIBUTION DE LIBREVILLE ET DE NZENG-AYONG VILLAGE

4.2.1. QUEL SONT LES TYPE DE FUTES DÉTECTÉES DANS LES SECTEURS EN CONTRAINTE DE LIBREVILLE

Juger de l'importance des fuites qui ont été détectées et réparées en 2016 dans certains secteurs en contrainte de la ville a permis une appréciation globale de l'impact des fuites sur la distribution en eau de Libreville. Ces secteurs sont : Ca m'étonne (commune d'Owendo), SOTEGA (2^{ème} arrondissement de Libreville), Plaine-Niger (4^{ème} arrondissement de Libreville) et Cité Damas (5^{ème} arrondissement de Libreville). Les populations de ces secteurs sont comprises entre 1000 et 3000 habitants. Ça m'étonne dépend du refoulement de DN1000 sur la DN400 Owendo. SOTEGA dépend de la DN700 qui sort des réservoirs de tête du PK 6. Cité Damas et Plaine-Niger de la DN700 patte d'oie du PK 9. Les pressions au niveau de ces secteurs sont présentées dans les figures ci-dessous.

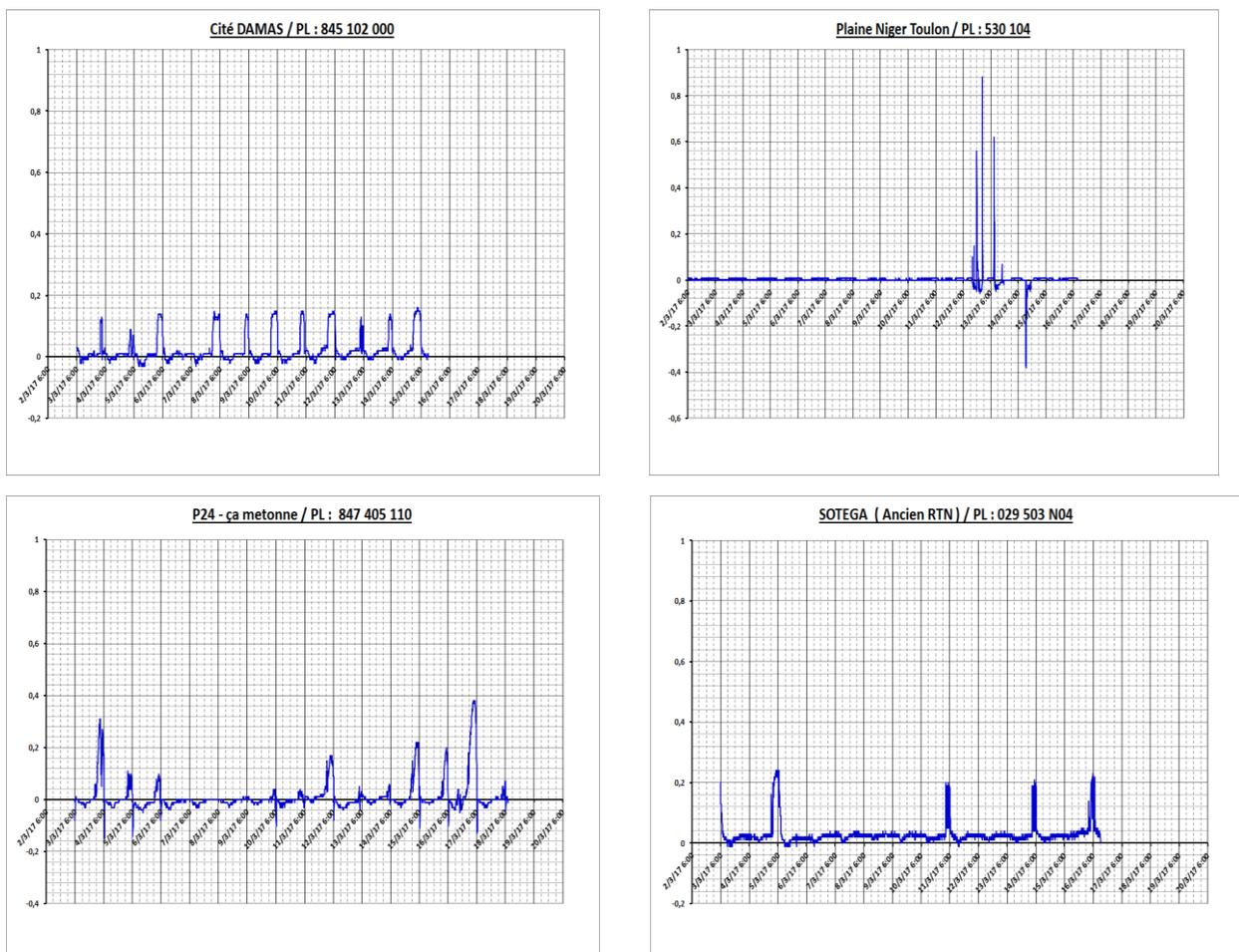


Figure 19. Évolution des pressions du 03/03 au 20/03/ 2017 au niveau de points représentatifs de quatre secteurs en contrainte de Libreville (MOUKET, 2017)

Les mesures de pressions ont été effectuées sur 17 jours. De façon globale, dans ces quatre secteurs la pression ne dépasse pas les 0,4 bars. Ces faibles pressions peuvent être dues : (i) à la présence d'une singularité sur les conduites d'alimentation de ces zones ; (ii) à une singularité sur les branchements des abonnés où ont eu lieu les mesures ; (iii) à une présence de fuites à proximité des points de mesure. Concernant les fuites, celles qui ont été réparées en 2016 dans les secteurs cités plus haut sont présentées dans la figure ci-dessous.

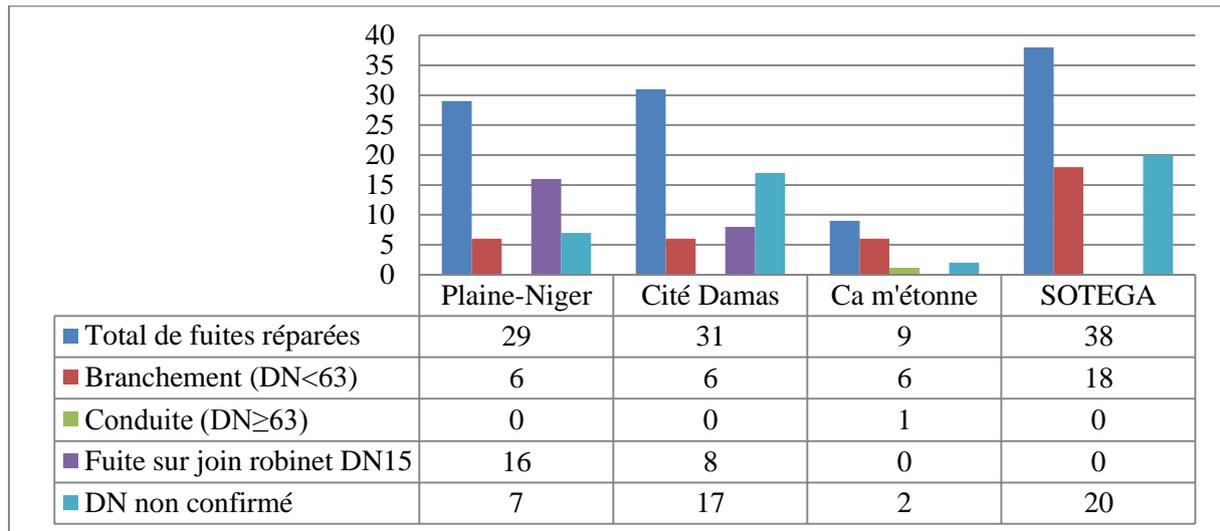


Figure 20. **Fuites réparées en 2016 dans quatre secteurs en contrainte de Libreville (MOUKET, 2017)**

Au travers la figure 20, on constate qu'il n'y a pratiquement pas d'intervention sur des conduites ($DN \geq 63$ mm). Donc très peu d'intervention sur des canalisations capables de dégrader fortement la desserte des secteurs concernés si elles ont des fuites qui ne sont pas détectées et réparées. La plupart des interventions ont lieu sur des branchements, au niveau des colonnes montantes et des nourrices qui alimentent des compteurs mais aussi très souvent au niveau des joints de robinet. L'impact des fuites et des réparations (en termes d'interruption de service ou de baisse de pression) est généralement circonscrit à quelques habitations pour un laps de temps (très rarement au-delà d'une semaine) en fonction de la gravité de la fuite et de la difficulté de la réparation : compteurs détachés de la colonne montante, fuites sous bitume ou sous une maison. Dans les fichiers qui ont été consultés, le diamètre de certaines réparations n'était pas mentionné. Mais vu que les réparations de fuites sur le réseau de Libreville se font généralement sur des branchements (plus de 95 % en 2016) on peut avancer l'hypothèse que les DN non identifiés sont certainement des branchements ($DN < 63$ mm) ou des joints défectueux. En 2016, au vu du faible nombre de réparation (donc

du faible nombre de fuites détectées) dans ces secteurs en contrainte et des diamètres sur lesquels ont eu lieu les interventions, les fuites semblent ne pas être la cause principale des faibles pressions mesurées sur ces secteurs.

Toutefois, pendant cette étude, les incidents majeurs sur les conduites du transport qui sont survenus sur les sites de travaux publics, ont perturbé considérablement la desserte de nombreux secteurs de Libreville.

Tableau 7. **Événements observés sur les sites de travaux publics durant cette étude (MOUKET, 2017)**

Conduite	Secteur	Cause fuite ou casse	Conséquences	Durée de l'intervention
DN1000 FONTE	Les PK	Causé par un engin sur un Chantier routier	Zone Nord non alimenté pendant 3 jours	3 jours
DN 300 FONTE	Les PK	Causé par un engin sur un Chantier routier	Inondation Consignation du réseau.	12 heures
DN450 PEHD	OKALA	Causé par engin lors de la pose d'une autre conduite	Baisse de la desserte dans la zone Nord	Une journée
DN150 FONTE	ANGONDJE	Causé par un engin sur un chantier routier	Baisse de la desserte dans la zone Nord	Une journée.
DN500 FONTE	MINDOUBE	Causé par un engin lors des travaux de construction d'un pont	Baisse de la desserte dans la zone Sud	Une journée

La fuite de la DN500 FONTE a mis un certain temps avant intervention de la S.E.E.G: l'entreprise chargée de la construction du pont avait tenté de dissimuler la casse. Concernant Nzeng-ayong village, les pressions insuffisantes sur son réseau de desserte provoquent des interruptions de service qui poussent les riverains à casser les conduites.

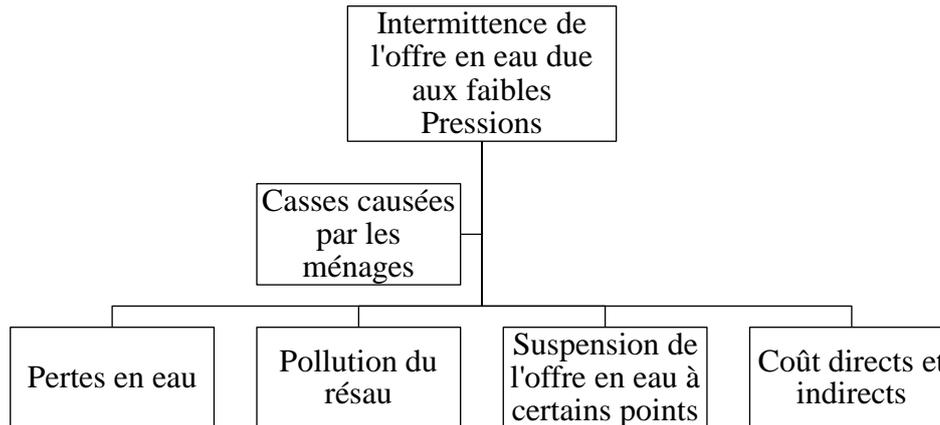


Figure 21. **Organigramme présentant les conséquences des fuites au village**
(MOUKET, 2017)

La pression résiduelle à l'entrée du secteur d'étude n'est pas suffisante pour permettre l'alimentation des points hauts dudit secteur. Les casses sur conduites causent des pertes en eau et entraînent l'arrêt total de l'approvisionnement en eau à certains points de la zone étudiée.

4.2.2. INTERRUPTION DE LA FOURNITURE EN EAU À CERTAIN POINT DE NZENG-AYONG VILLAGE

Bien que les fuites ne soient pas la cause centrale de la mauvaise desserte de Nzeng-ayong village, celles qui ont été retrouvées sur le réseau de la zone d'étude aggravent encore plus la situation. Les conséquences des quatre casses présentent sur le réseau de Nzeng-ayong villages en termes d'interruption de la fourniture en eau aux abonnés, sont décrites dans le tableau 8.

Tableau 8. **Description des fuites présent sur le réseau de Nzeng-ayong Village et leurs conséquences (MOUKET, 2017)**

Identification fuite	Conduite	Description de la casse	PL	Nombre d'abonnés impacté	Observations
F1	DE110 PEHD	Vanne de prise en charge DE 25 cassée	950-115	344	Secteur aval alimenté faiblement
F2	DE110 PEHD	Fissure sur conduite	950-310	37	Secteur aval pas alimenté
F3	DE110 PEHD	Une face latérale de la conduite arrachée	949-309	172	Secteur en aval de F3 est alimenté faiblement
F4	DE110 PEHD	Conduite sectionnée en deux	949-309 N02	172	Secteur en aval de F4 n'est pas alimenté

Les zones en aval de certaines casses ne sont plus alimentées. C'est le cas des ménages situés après la casse F4 qui ne reçoivent plus d'eau et cela depuis plusieurs mois d'après les riverains. Ce sont donc 172 abonnés soit environ 17,54 % des habitants du secteur qui ont vu leur alimentation en eau totalement interrompu à cause de cette casse sur conduite. À cause de cette fuite leurs branchements individuels ne reçoivent plus d'eau du réseau de desserte. Pour ces ménages, même s'il arrive qu'un jour la desserte soit meilleure ils ne recevront rien. Cette interruption totale de la fourniture en eau à cause de la fuite F4 (et d'autres) peut aussi expliquer en partie une baisse du volume comptabilisé (figure 03) : les compteurs n'étant plus alimentés rien n'est comptabilisé. La desserte du linéaire de conduite où se trouve la fuite F2 (fuites en forme de stries et de petits trous) est plus impactée par les faibles pressions (figure 11) que par les fuites. En journée, c'est généralement des filets d'eau qui coulent au niveau de cette fuite. Une estimation des pertes dues à ces casses est effectuée au paragraphe suivant.

4.2.3. ESTIMATION DES PERTES EN EAU SUR LE RÉSEAU DE NZENG-AYONG VILLAGE

Lors des investigations dans la zone d'étude, il a été constaté que 60 compteurs étaient endommagés (cadran cassé) ou ont été non retrouvés. Et environ 172 compteurs ont vu leurs

alimentations totalement suspendu à cause des casses présentent sur le réseau de Nzeng-ayong village. Le nombre de personne concerné par les compteurs endommagés a été estimés à 312 personnes. Le nombre de personnes concernés par la suspension d'alimentation à cause des casses a été évalué à 894,4 personnes. Les estimations des pertes commerciales qui ont été réalisées sont contenues dans le tableau 9.

Tableau 9. **Pertes commerciales du secteur Nzeng-ayong village (MOUKET, 2017)**

Consommation spécifique (l/pers/j)	Pertes compteurs endommagés (m3/j)	Pertes compteurs plus alimentés à cause des casses (m3/j)	Total (m3/j)
26,45	8,25	23,66	31,91

Les pertes de Nzeng-ayong village ont été estimées à environ 31,91 m³/j. Toutefois, la réalisation d'une balance en eau de la zone serait plus appropriée pour estimer les pertes en eau sur ce réseau. Mais la méconnaissance du volume d'eau envoyé dans Nzeng-ayong village rend impossible la réalisation de cette balance en eau. Mettre en place un compteur ou un débitmètre à l'entrée du secteur, au PL 907 110, peut permettre de connaître le débit qui rentre dans la zone d'étude. Par ailleurs, les casses de Nzeng-ayong village en plus d'entraîner des pertes d'eau comme nous venons de le voir, exposent le réseau à des pollutions. Et vu que la S.E.E.G enregistre de nombreuses plaintes par rapport à la qualité de son eau, une évaluation de l'impact des fuites sur la qualité de l'eau est effectuée au paragraphe suivant.

4.2.4. IMPACTES DES FUTES SUR LA QUALITÉ DE L'EAU À NZENG-AYONG VILLAGE

Des prélèvements pour analyse afin d'évaluer l'impact des casses sur la qualité de l'eau ont été effectués. Il y'a eu un prélèvement au niveau de la fuite F3 et un autre prélèvement au niveau d'un robinet d'un particulier, sur le même linéaire, 600 mètres en amont. Il n'y a pas eu de prélèvement au aval de la fuite F3 c'est-à-dire sur la fuite F4 parce qu'il n'y a généralement pas d'eau en journée à ce point. Les résultats des analyses réalisées au laboratoire de l'eau de la S.E.E.G sont contenus dans le tableau 10.

Tableau 10. **Résultats d'analyse des prélèvements (MOUKET, 2017)**

Analyse	Paramètre	Méthode d'analyse	Résultats prélèvement au robinet	Résultats prélèvement à la Fuite (F3)
Germe test	Bactéries Coliformes	NF EN ISO 9308-1	0 ufc/100 ml	0 ufc/100 ml
	E. coli	NF EN ISO 9308-1	0 ufc/100 ml	0 ufc/100 ml
	Entérocoques	NF EN ISO 7899-2	0 ufc/100 ml	0 ufc/100 ml
Analyses réalisées sur site, résultats transmis	Chlore libre transmis	Analyse réalisée sur site	1,3 mg Cl ₂ /l	1,4 mg Cl ₂ /l
	pH sur place	Analyse réalisée sur site	7,20 Unité pH	7,15 Unité pH
	Turbidité	Mesure sur site	2,06 NTU	2,40 NTU

Les résultats d'analyse ci-dessus montrent que les fuites impactent sur la qualité de l'eau : la turbidité qui est de 2,06 NTU en amont de F3 et 2,40 NTU à la fuite F3 est supérieure à la norme que se fixe la S.E.E.G qui est de 0 NTU. Cela est certainement due à la pénétration du sable par les ouvertures présentes sur les conduites de desserte. Les analyses n'ont rien montré d'alarmant concernant les germes test mais plusieurs prélèvements à plusieurs endroits différents sont nécessaires pour confirmer ce résultat. Lors d'une visite dans la zone d'étude, la présence de matière fécale a été remarquée à environ cinq mètres de la fuite F4 qui est en aval de la fuite F3. Un ruissellement d'eau de pluie peut entraîner ces matières fécales jusqu'à la fuite F4 et causer une pollution du réseau.

Au vu de la répétition des casses dans ce secteur et de la probabilité élevée que le réseau soit contaminé à cause notamment de la taille des fuites et des très faibles pressions (parfois elles sont négatives) observées sur ce réseau, un moyen de protéger les conduites de dessertes de Nzeng-ayong village s'avère nécessaire. Pour empêcher les riverains de casser les conduites quand les manques d'eau sont sévères, la mise en place de point de puisage aux endroits où les pressions sont convenables semble être un bon moyen. Ces points de puisages rempliront plusieurs fonctions : (i) stopper les pertes en eau ; (ii) protéger le réseau en évitant que les riverains ne s'attaquent aux conduites; et (iii) permettre aux populations de bénéficier d'un service plus ou moins continu puisque que ces points de collecte seront placés à des endroits qui ont de meilleures pressions. Le PL 949 104 semble être un des endroits indiqués pour cela.

Pendant cette étude, il y a eu très souvent de l'eau, même en journée, autour de ce point de livraison. Une désinfection du réseau du secteur est aussi nécessaire

4.2.5. ÉVALUATION DES GASPILLAGES : FUTES APRÈS COMPTEUR DANS LES HÔPITAUX, LES INTERNATS SCOLAIRES ET ESTUDIANTINS, LES CASERNES MILITAIRES

En 2000, l'analyse par la S.E.E.G des 62 plus gros consommateurs de Libreville a montré que leurs consommations représentaient près de 25% de la consommation des abonnés de la ville. Sur ces 62 plus gros consommateurs, près de 95% étaient des administrations publiques (Générale des Eaux 2001). La plupart de ces administrations publiques et dépendances de l'État avaient des consommations supérieures ou égales à 30 000 m³ par an soit 82,20 m³ par jour. À l'heure actuelle, la tendance est la même. Mise à part la société des brasseries du Gabon et quelque hôtel, les gros consommateurs de Libreville sont généralement des structures qui dépendent de l'État. L'on s'aperçoit donc de l'importance que représentent ces édifices publics dans la consommation quotidienne de Libreville. Mais des investigations ont permis de constater que beaucoup d'eau se perd au sein de ces édifices publics à cause des fuites, du mauvais état de la plomberie et du comportement des usagers. Outre les édifices publics, beaucoup de fuites après compteurs ont aussi été constatées chez les particuliers. Afin d'avoir une idée des gaspillages d'eau au niveau des administrations publiques et des dépendances de l'État, plusieurs entités ont été choisies: le campus de l'Université des Sciences de la Santé, l'école de gendarmerie d'Owendo, le lycée technique Omar BONGO et quelques écoles présentent autour de notre zone d'étude. Ces institutions sont sous l'influence de la distribution gravitaire du PK 9 et du refoulement de la DN1000.

4.2.5.1. FUTES APRÈS COMPTEUR AU NIVEAU DES PARTICULIERS

Les fuites après compteur sont un phénomène très présent sur le réseau de distribution de Libreville. Les secteurs de la capitale qui n'ont pas eu une urbanisation contrôlée et réglementée sont les principaux foyers de ce type de fuites. Dans ces secteurs, les compteurs sont souvent loin des habitations qu'ils alimentent. La longueur réglementaire d'un branchement avant compteur sur le réseau de la S.E.E.G est de dix mètres or les habitations, des secteurs qui ont eu une expansion anarchique, sont parfois loin du réseau d'eau potable et derrière d'autres habitations. Conséquences, les branchements individuels après compteurs sont parfois très longs et exposés aux casses d'origines humaines puisqu'ils ne sont pas

toujours enfouis et passent parfois sur la voie publique pour rejoindre les habitations qu'ils alimentent.



Figure 22. **Branchements individuels après compteurs non enfouis sur le réseau de Libreville (Nzeng-ayong village à gauche et Owendo à droite) (MOUKET, 2017)**

Comme la figure 22 le montre, beaucoup de branchements après compteur sur le réseau de Libreville en général et de Nzeng-ayong village en particulier sont exposés aux différents facteurs exogènes de fuites : casses dues au poids de véhicule. Outre l'absence d'enfouissement des branchements individuels, la « *mauvaise qualité du PEHD* », qui est actuellement le matériau couramment utilisé pour réaliser ces branchements, la mauvaise qualité des pièces de plomberie (robinetterie bas de gamme, manchons et coudes plastique), le mauvais état et l'absence de renouvellement de la tuyauterie des habitations constituent eux aussi des facteurs d'apparition des fuites sur les réseaux après compteurs. Les fuites après compteurs peuvent: (i) augmenter de la consommation comptabilisée ; (ii) augmenter le montant des factures d'eau des abonnés ; (iii) baisser la pression chez l'abonné ou interrompre le service si la casse est conséquente ; (iv) dégrader la qualité de l'eau ; et (v) et dégrader la voie publique. Mais généralement, les particuliers ont la crainte des inondations, des dégâts matériels et de voir leurs factures d'eau augmentées, du coup les fuites après compteurs sont très vite réparées une fois qu'elles ont été constatées.

4.2.5.2. GASPILLAGE D'EAU AU NIVEAU DES DÉPENDANCES DE L'ÉTAT

Au niveau des camps militaires et des campus universitaires qui sont généralement des édifices très vétustes (camps militaires) et surpeuplés (campus universitaire) les gaspillages d'eau y sont très présents. Dans ces deux types de résidences, ce sont généralement les défaillances au niveau des robinets qui causent la perte d'énorme quantité d'eau.



Figure 23. **Pertes en eau dues à une fuite sur la conduite qui alimente une bouche d'incendie privée du camp de gendarmerie d'Owendo et gaspillage sur le campus de l'USS et à l'école publique de Dragages (MOUKET, 2017)**

Étant située dans un domaine privé, la fuite sur conduite que présente la figure 23 doit être réparée par les autorités militaires mais elle a déjà duré plusieurs semaines. Les hydrants du camp sont aussi quelquefois utilisés comme points de puisage et de lavage lorsque les habitations du site (bâtiment à étages) ne reçoivent pas d'eau niveau de leurs branchements individuel à cause des faibles pressions. Des défaillances au niveau des robinets de l'école publique de Nzeng-ayong Dragages ont été aussi constatées (photo en haut à droite). Outre le fait qu'ils élèvent les factures, tous ces gaspillages observés sur les sites des dépendances de l'État ont deux autres conséquences : (i) ces gaspillages créent une demande fictive dont la S.E.E.G tient compte dans ses manœuvres d'exploitation au quotidien ; et (ii) ce sont des pertes réelles dans l'absolu car bien que l'eau soit comptabilisée et facturée, elle n'est pas consommée. Et elles peuvent s'avérer être des pertes financières si l'État n'honore pas ces factures.

4.2.5.3. ÉVALUATION DU GASPILLAGE EN EAU AU NIVEAU DES ADMINISTRATIONS PUBLIQUES ET DÉPENDANCES DE L'ÉTAT

Les résultats des investigations dans les dépendances de l'État cités plus haut sont contenus dans le tableau et les figures ci-dessous.

Tableau 11. **État des compteurs des sites investigués (MOUKET, 2017)**

Institution	Nombre de comptage	Compteur non retrouvé	Compteur inaccessible	Compteur endommagé ou totaliseur bloqué	Fuites avant compteur
Campus USS	1			1	
Camp GENA	3	1	2		
LTNOB	2	2			
EP1	1				1
EP2	1				1
EPD	1				1
LP	1				

Un suivi des comptages aurait permis une estimation plus simple des pertes. Mais Au vu du peu d'informations à notre disposition : compteurs ne réalisant pas de comptage, compteurs non retrouvés et méconnaissances des effectifs (Camp GENA), l'estimation des gaspillages s'est faite par dénombrement de robinets défectueux. Cette méthode exhaustive n'est certes pas réaliste vu la taille des installations visitées mais elle a permis une appréciation quantitative des gaspillages. Le nombre de défaillances constatées par sites est présenté dans la figure 24.

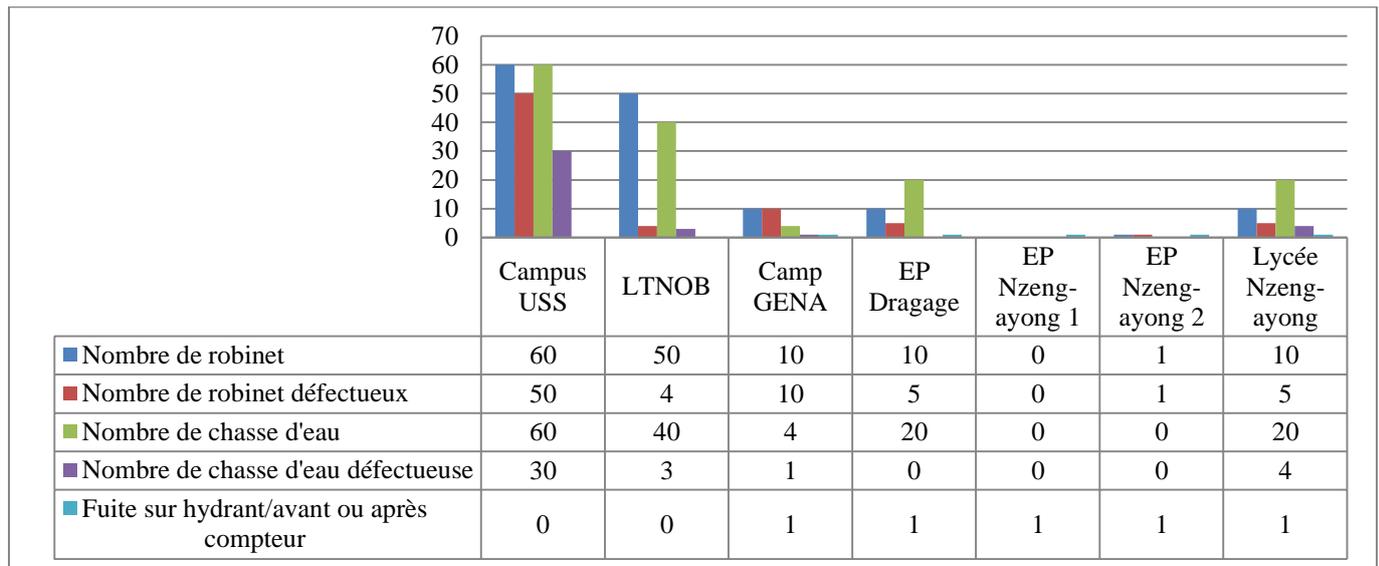


Figure 24. **Nombre de défaillances constatées lors des investigations sur les sites publics (MOUKET, 2017).**

Les résultats des estimations des gaspillages sur les différents sites visités sont présentés dans la figure 25.

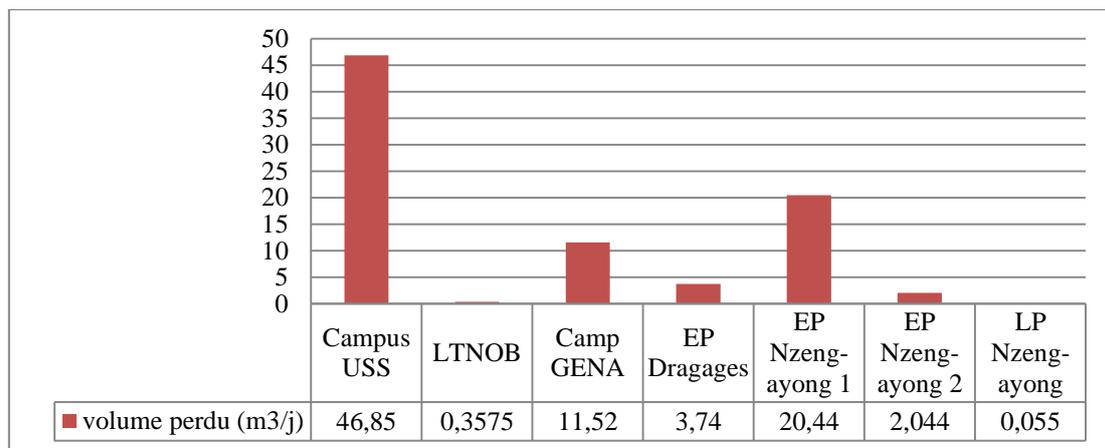


Figure 25. **Volumes d'eau perdus par jour sur les différents sites investigués (MOUKET, 2017)**

De façon pratique, estimer les pertes d'eau au niveau des chasses d'eau avec la méthode de décompte comme cela a été fait avec les robinets défaillants s'est avéré impossible. Dans la littérature on peut voir qu'une chasse d'eau peut fuir de 600 l/j. Pour un total de 38 chasses d'eau défectueuses, les pertes du à ce type de défaillance ont été estimées à environ 22,8 m³/j. Dans l'ensemble, les gaspillages sur les sites visités ont été estimés à 85 m³/j, si l'on tient seulement compte des robinets défaillants. Ils représentent 107,8 m³/j si l'on prend aussi en

compte les chasses d'eau. Les pertes au niveau des deux établissements scolaires qui se trouvent sur le principal trajet d'alimentation de Nzeng-ayong village (entre la station ENGEN et l'entrée de Nzeng-ayong village) ont été estimées à 24,18 m³/j. Pour la population de Nzeng-ayong village cela représente environ 5 l/j/habitant, l'équivalent de deux à trois jours de boisson pour une personne. Il est utile de préciser que toutes les défaillances et certains bâtiments n'ont pas été pris en compte : les fuites sur conduites (camp GENA et lycée de Nzeng-ayong) et tous les logements de particulier et toutes les salles d'eau du camp GENA et du LTNOB ne sont pas dans cette estimation. Les estimations des pertes ont été faites de jours mais vu que les pressions sont meilleures la nuit, il est probable que les pertes soient plus importantes dans cette période.

Par ailleurs, certains comportements des usagers peut-être aussi source de gaspillage comme l'oubli de refermer un robinet après utilisation ou l'utilisation d'hydrants à grand débit pour de simples tâches ménagères et d'hygiène : sur le camp GENA il a été constaté que les bornes incendie servent de point de puisage au quotidien (figure 23).

La raison souvent évoquée, pour justifier le manque de maintenance de la plomberie des bâtiments par les responsables de ces entités, est l'absence de budget lié à ce type de dépenses. Les chefs des écoles primaires visitées, sortent souvent de l'argent de leur poche pour réparer les robinets défaillants. Mais la récurrence des casses ne leur permet pas de répéter cet effort. Du fait que les factures d'eau ne soient pas à leur charge, on a aussi observé une négligence chez certains habitants de ces lieux qui ne sentent pas responsable des gaspillages qui ont été observés sur ces sites. Ils attendent très souvent que « l'État vienne réparer ».

4.2.5.4. IMPACT DES FUTES ET GASPILLAGES SUR LE CHARGEMENT DU R PK 9

Tous ces gaspillages, aussi bien chez les particuliers que dans les dépendances de l'État, ont pour conséquences d'augmenter la demande en eau et donc de rajouter une pression supplémentaire sur le réservoir du PK 9 et les refoulements de la DN1000. En plus de répondre aux besoins réels, le réservoir du PK 9 et la DN1000 répondent aussi aux fausses demandes créées par les défaillances au sein des édifices publics et chez les particuliers. Ces défaillances contribuent à rendre difficile le chargement du réservoir du PK 9 et elles ne permettent pas à ce réservoir de tête d'assurer sa fonction de tampon entre la production et la consommation parce qu'elles maintiennent constante la demande en eau sur le réseau.

« Amélioration de la desserte en eau de la ville de Libreville : impacts des fuites sur la distribution. Cas spécifique de Nzeng-ayong village »

Pour illustration, des pertes de 500 m³/j dans le domaine privé qui dépend du R PK9 représentent environ 1,1% du débit journalier envoyé dans la DN 700 patte d'oie. D'après nos estimations, pour un réservoir d'une capacité totale de 7 500 m³ et une côte trop plein à 5,90 m, avec un apport de 500 m³/j pendant trois jours sans départ (fermeture de la vanne de distribution), on peut obtenir un niveau d'eau de près de 1,17 m dans ce réservoir.

4.3. ÉVALUATION DE L'IMPACT SOCIO-ÉCONOMIQUE DE L'INCONSTANCE DE L'OFFRE EN EAU ET DES FUTES À LIBREVILLE

À Libreville, les interruptions du service causées par les casses mais surtout l'intermittence de la desserte favorisent l'apparition de phénomènes qui ont déjà été observés dans d'autres régions du monde. L'inconstance de l'offre en eau crée des tensions sociales (agressions et vandalismes) comme cela a déjà été observé à Abidjan (KOUKOUNGON Wilfried Gautier and ALOKO-N'GUESSAN Jérôme 2015) et elle favorise le développement d'autres méthodes d'approvisionnement en eau comme à Delhi (Marie-Hélène ZERAH 1997). Par ailleurs, les fuites génèrent deux types de dépenses : les dépenses dites directes généralement assumées par le gestionnaire du réseau d'eau et les dépenses dites indirectes qui elles sont assumées par les consommateurs (Conseil national de recherches Canada 2004; J. Elnaboulsi and O. Alexandre 1998). Parmi les dépenses directes on a : le cout des réparations, le cout du renouvellement des conduites et le cout des pertes en eau. Concernant les dépenses indirectes on a les couts qu'entraîne une suspension de service due aux fuites : achat d'eau auprès de revendeur, arrêt d'activités économiques.

4.3.1. IMPACT ÉCONOMIQUE DES FUTES ASSUMÉS PAR LA S.E.E.G

Les volumes annuels perdus sur tout le réseau de Libreville, ont été obtenus en faisant la différence entre les volumes annuels mis en distribution et les volumes annuels consommés autorisés. Le manque à gagner chaque année à causes des fuites a été estimé à partir des résultats de ces différences. Il a été constaté que le rendement financier du réseau de Libreville est directement lié au rendement technique du réseau de cette ville comme on peut le voir sur la figure 26.

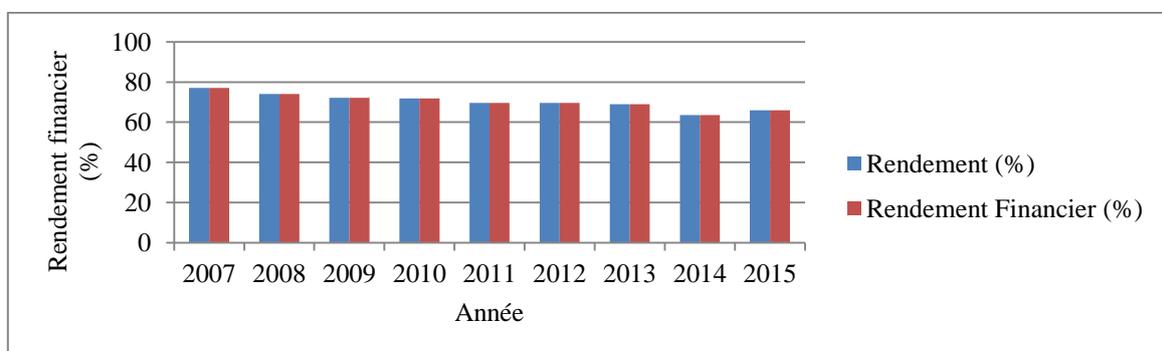


Figure 26. Évolution du RF et du rendement primaire du réseau de Libreville de 2007 à 2015 (MOUKET, 2017)

Le rendement financier du réseau de Libreville passe de 69,63% en 2011 à 65,88% en 2015. L'évolution du rendement financier montre que le réseau de distribution de Libreville est de moins en moins viable économiquement soit une chute de 3,75 % entre 2011 et 2015.

Concernant les pertes financières, il a été possible de constater qu'elles sont fonctions du volume d'eau perdu comme le montre la figure 27.

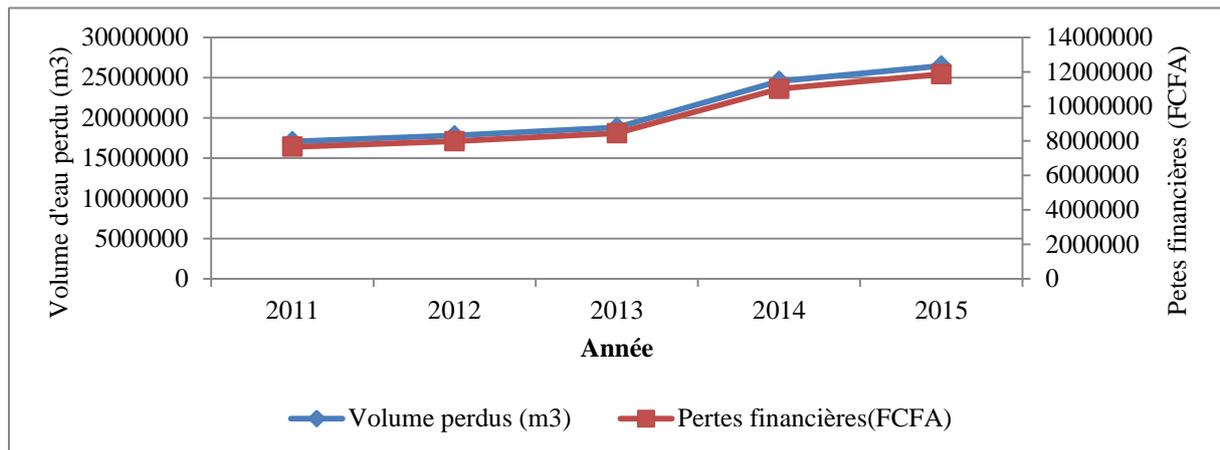


Figure 27. **Évolution des pertes financières en fonction du volume d'eau perdu (MOUKET, 2017).**

À travers la figure 27, il est possible de voir que la courbe des pertes financières évolue dans le même sens que la courbe des volumes d'eau perdus. Plus les volumes d'eau perdus augmentent plus les pertes financières augmentent aussi. Le volume perdu en 2015 a été estimé à 26 465 700 m³ soit 72 508,76 m³/j. Les pertes financières de cette année se chiffrent à **11 861 926 740 FCFA** d'après nos estimations.

4.3.2. PRÉVISION DES PERTES EN EAU ET DES PERTES FINANCIÈRES SUR LE RÉSEAU DE LIBREVILLE À L'HORIZON 2025

Toujours d'après nos estimations, l'évolution du volume d'eau perdu sur le réseau de Libreville à l'horizon 2025 est contenue dans la figure 28.

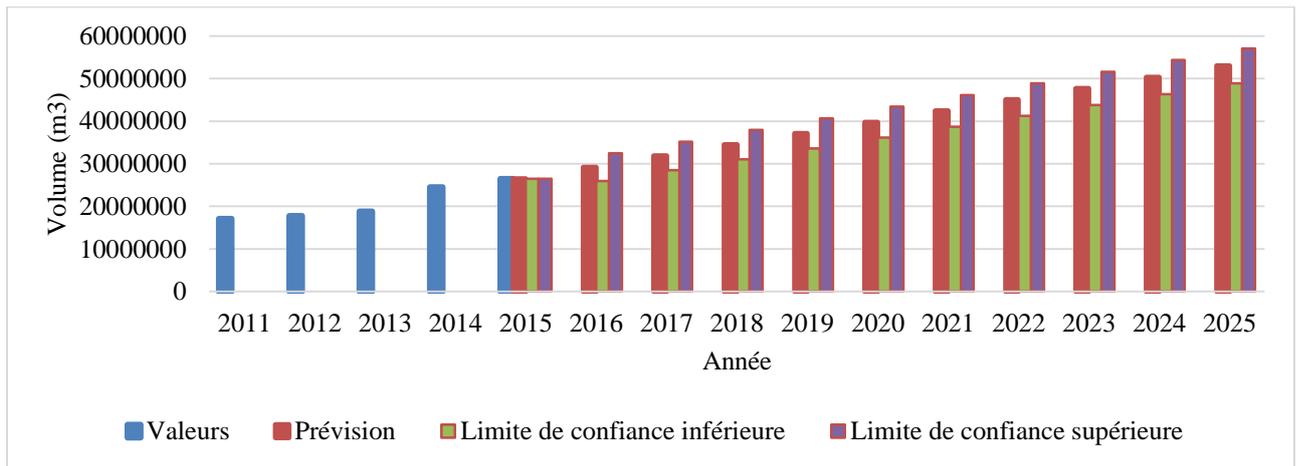


Figure 28. **Évolution du volume d'eau perdu sur le réseau de Libreville à l'horizon 2025 (MOUKET, 2017).**

Il a été estimé que si aucune politique de réduction des pertes physiques et commerciales n'est mise en place, le volume d'eau perdu sur le réseau de Libreville sera de **52 978 838,18 m³** en 2025 soit **145 147,50 m³/j** (figure 28).

Des prévisions sur le rendement financier du réseau de Libreville ont été aussi réalisées. Elles sont contenues dans la figure 29.

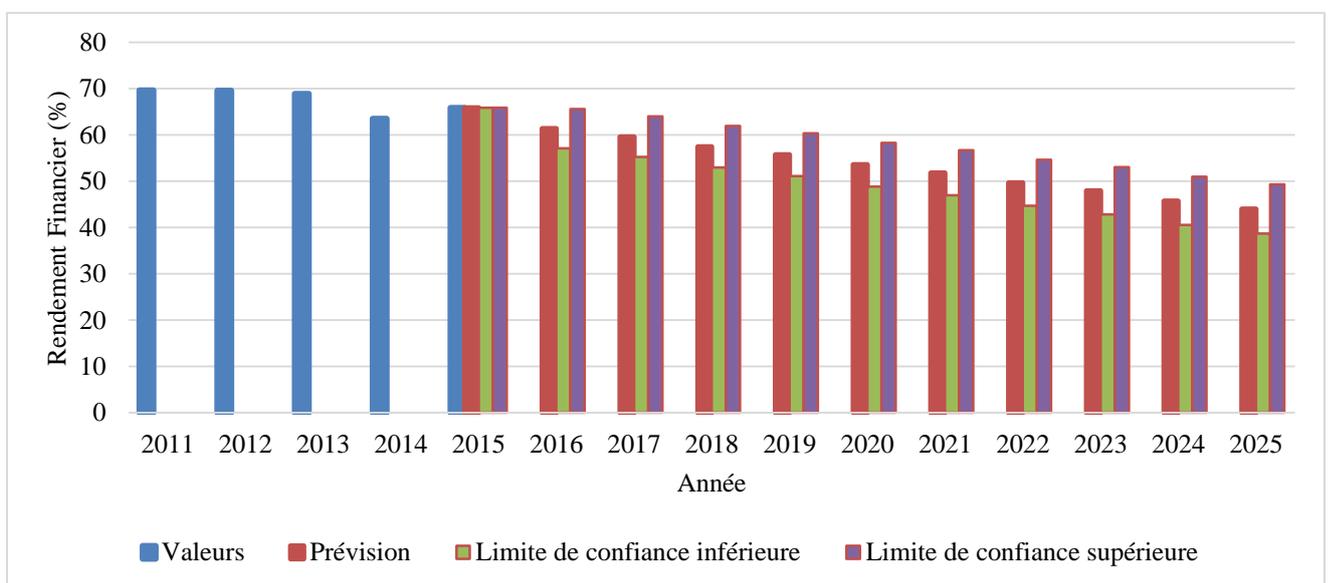


Figure 29. **Évolution du rendement financier du réseau de Libreville à l'horizon 2025 (MOUKET, 2017).**

Le RF (donc le rendement technique) du réseau de Libreville a été estimé à **43,99%** à l'horizon 2025 (figure 29). Ce qui est critique. En 2025, c'est donc plus de **50%** de l'eau mis en distribution sur le réseau de Libreville qui sera perdu cette année-là. Une prévision des pertes financières à l'horizon 2025 a été aussi effectuée (figure 30).

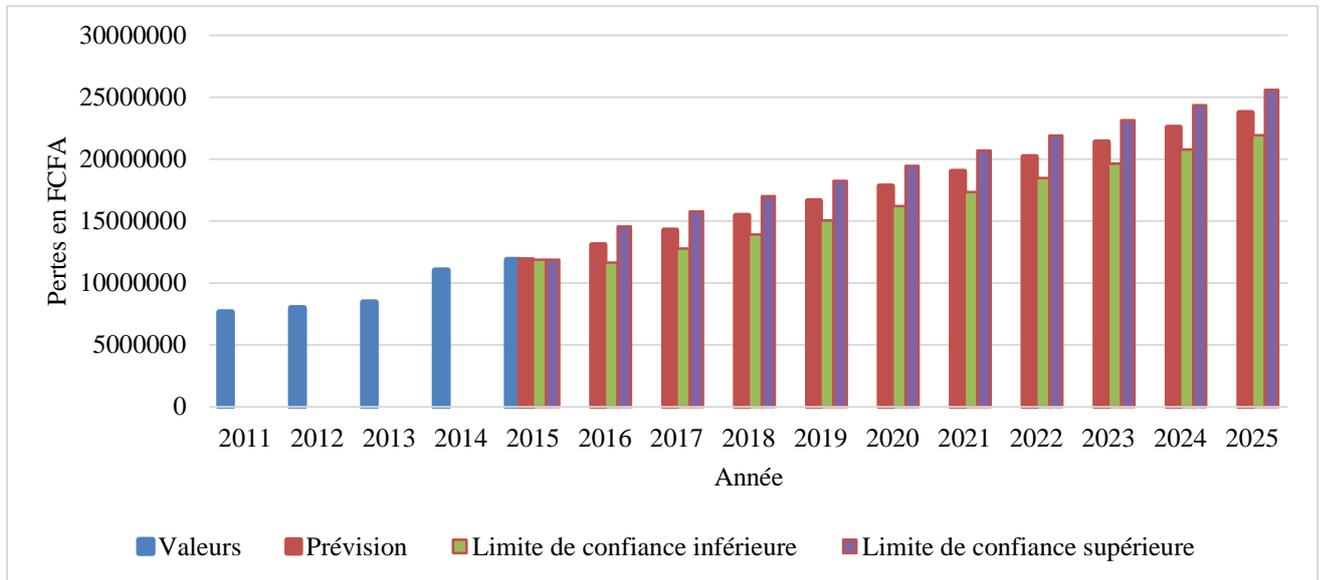


Figure 30. **Évolution des pertes financières dues aux pertes en eau sur le réseau de Libreville (MOUKET, 2017).**

Si aucune politique de réduction de pertes vraies n'est mise en place et si le prix du mètre cube d'eau vendu aux abonnés reste inchangé, les pertes financières en 2025 seront égales à environ **23 745 115 270 FCFA** soit **65 055 110 FCFA/j** (figure 30). Au vu des pertes financières énormes et de la baisse de la viabilité économique du réseau de desserte de Libreville, lutter contre les pertes en générale et contre les fuites en particulier s'avère être une nécessité. Par ailleurs, cette baisse de la rentabilité du réseau de Libreville peut contribuer à pousser la S.E.E.G à augmenter le prix du mètre cube afin d'amortir ses investissements et les frais quotidiens liés au fonctionnement des stations de traitements et du réseau de distribution : énergie pour le pompage et le refoulement et produits chimiques pour le traitement de l'eau brute. En plus des manques à gagner causés par les fuites, entretenir le réseau de Libreville et réparer les fuites coûtent aussi énormément d'argent.

4.3.3. COÛT DE LA RÉPARATION DE FUTURES SUR LE RÉSEAU DE NZENG-A. VILLAGE

Les réparations des fuites sont aussi coûteuses. Dans le cas de Nzeng-ayong village plusieurs millions ont déjà servi à réparer et protéger ce réseau de desserte qui est très souvent la cible d'actes de vandalisme qui causent des fuites.

Tableau 12. **Coûts de l'entretien et de la protection du réseau de desserte de Nzeng-ayong village réalisés par la S.E.E.G (MOUKET, 2017).**

Réparation sur le réseau de distribution de Nzeng-ayong village					
Date	PL	DN/Matériau	Terrain	Nature travaux	Coût (FCFA)
01/06/2016	949-309	90 PEHD	Latérite	Réparation Fuite	1 275 000
01/06/2016	949-304	50 PEHD	Latérite	Réparation Fuite	455 000
01/06/2016	950-310	110 PEHD	Latérite	Réparation fuite	1 275 000
01/06/2016	949-305	25 PEHD	Latérite	Réparation Fuite	455 000
16/06/2016	949-104	110 PEHD	Latérite	Réparation Fuite	1 275 000
16/06/2016	950-304	110 PEHD	Latérite	Réparation Fuite	1 275 000
20/06/2016	950-303	110 PEHD	Latérite	Réparation Fuite	1 275 000
24/06/2016	950-309	90 PEHD	Latérite	Réparation Fuite	1 275 000
Sous total 1					8 560 000
Travaux de protection du réseau de Nzeng-ayong : enfouissement des conduites					
Date	PL	DN/Matériau	Terrain	Linéaire (m)	Coût (FCFA)
11/04/2016	950-310	110 PEHD	Latérite	30	1 095 080
11/04/2016	949-310	90 PEHD	Latérite	20	922 040
11/04/2016	949 303/305	110 PEHD	Latérite	65	2 538 880
Sous total 2					4 556 000
TOTAL					13 116 000

Ce ne sont pas moins de **13 116 000 FCFA** qui ont déjà servi à la réparation et à la protection du réseau de Nzeng-ayong village rien qu'en 2016. Il est facilement imaginable que la S.E.E.G va dépenser près de 30 millions de FCFA en 2016 pour l'entretien du réseau de Nzeng-ayong village si on tient compte des réparations qui doivent se faire concernant les quatre fuites étudiées dans ce mémoire. Par ailleurs, pour **31,91 m³** perdus chaque jour et à 440,80 FCFA le prix du mètre cube, les pertes économiques sur le réseau de desserte de Nzeng-ayong ont été évaluées à environ 14 065 FCFA par jour. Sur une année cela peut représenter à peu près **5 134 063 millions de FCFA**. On peut estimer le coût global des pertes dans ce secteur (pertes en eau + réparations) pour l'année 2016 à près de 35 134 063

millions de FCFA. Par ailleurs, il est possible de constater deux choses : (i) l'enfouissement des conduites n'a pas empêché les riverains de casser les conduites puisque de nouvelles fuites ont été découvertes au même endroit où ont lieu ces travaux ; et (ii) le coût élevé des réparations.

4.3.4. IMPACTS SOCIAUX DE L'INCONSTANCE DE L'OFFRE EN EAU ET DES FUITES SUR LES POPULATIONS DE À NZENG-AYONG VILLAGE

Certaines casses présentes sur le réseau de distribution de Nzeng-ayong village, entraînent l'arrêt total de l'arrivée d'eau à certains points du secteur. Les populations qui habitent en aval de ces casses sont obligés de trouver d'autres moyens d'approvisionnement en eau. Ces autres moyens d'approvisionnement sont appelés stratégies compensatoires par Marie-Hélène ZERAH (1997). Les stratégies compensatoires sont l'ensemble des comportements induits par l'inconstance de l'eau (Marie-Hélène ZERAH 1997). À Nzeng-ayong village, les stratégies individuelles mis en place par les ménages, pour pallier les arrêts total de service dues aux fuites (et aux coupures d'eau dues aux baisses de pressions) sont : (i) l'achat d'eau auprès de revendeurs ; (ii) le remplissage de plusieurs contenants à gros volume pour conservation lorsqu'il y a de l'eau aux robinets chez une connaissance ; (iii) la réalisation de puits traditionnels ; (iv) l'utilisation de l'eau de pluie pour certaines tâches ménagères ; (v) l'approvisionnement au niveau des fuites. Ces stratégies compensatoires sont parfois très pénibles : de longues distances sont parcourues par certains ménages pour s'approvisionner en eau auprès d'une connaissance ou d'un revendeur. Elles sont parfois dégradantes : certains ménages s'approvisionnement aux fuites. Et elles peuvent coûter énormément d'argent aux ménages : les prix pratiqués par le revendeur de Nzeng-ayong village sont très élevés.



Figure 31. **Moyens utilisés par les riverains pour pallier aux déficits de la desserte (MOUKET, 2017).**

Tableau 13. **Difficultés et risques encourus par les riverains à l'utilisation des stratégies compensatoires mis en place par les ménages pour pallier le problème de desserte à Nzeng-ayong village (MOUKET, 2017)**

Stratégies compensatoires	Nombre de point d'alimentation	Qualité de l'eau	Coût	Difficultés à l'approvisionnement	Risques encourus par la population
Achat d'eau auprès de revendeur	1	Respecte norme OMS et exigences S.E.E.G	Élevé	Distance/File d'attente/Service Intermittent	Hausse des prix à cause de la forte demande
Stockage de l'eau dans des récipients	Tous les branchements individuels qui reçoivent de l'eau même de façon intermittente	Norme OMS et exigence S.E.E.G	Prix S.E.E.G/autres prix si propriétaire du branchement est un aussi un revendeur (Prix forfaitaire)	Tard dans la nuit/Pression faible/Temps de Remplissage des récipients élevé/File d'attente	Contamination de l'eau stockée/Prolifération de moustiques/Dégradation de la qualité de l'eau stockée
Puits traditionnel	Une quarantaine	Eau ne respectant pas les normes OMS	Faible. Achat de désinfectant (javel)	Temps de décantation avant utilisation	Pollution d'origine superficielle/ Maladie hydrique/Prolifération de moustique
Approvisionnement aux fuites	4	Eau S.E.E.G mais trouble	Sans	La distance/File d'attente/Inconstance des pressions	Risque de pollution du réseau/Qualité de l'eau dégradée
Rivières/Cours d'eau	3	Eau ne respectant pas les normes OMS	Achat de javel	Eau parfois très trouble	Risque de maladie hydrique

Certains de ces moyens compensatoires sont dégradants et dévalorisant. Et ils garantissent très peu de protection et de confort à l’approvisionnement et peuvent s’avérer risqués. Outre les moyens compensatoires présentés dans le tableau, les populations de Nzeng-ayong village recueillent aussi de l’eau de pluie pour l’hygiène (eau pour les toilettes) et quelque tâche ménagère (vaisselle et lessive). Mais l’aspect saisonnier de cette ressource, les difficultés de stockage et de conservation peuvent limiter son utilisation. En plus du coût élevé, la distance est un obstacle à l’approvisionnement en eau en potable dans la zone. Certains ménages sont à plus d’un kilomètre de l’unique revendeur d’eau du secteur. Les comportements des habitants du secteur se trouvent aussi très bouleversés : vu que l’eau arrive très souvent très tard la nuit (entre minuit et 5 heures du matin) les ménages dorment très peu pour pouvoir remplir des récipients avant que les pressions ne baissent à nouveau. De façon générale, il a été constaté qu’un ménage en fonction de ses difficultés (pas de moyen de transport pour transporter les récipients d’eau ; revenus très modestes; l’absence de personnes assez fortes pour réaliser la corvée d’eau) mais aussi en fonction de la qualité de la desserte va adopter une stratégie compensatoire précise.

4.3.5. IMPACTS ÉCONOMIQUES DE L’INCONSTANCE DE L’OFFRE EN EAU ET DES FUTES SUR LES POPULATIONS DE À NZENG-AYONG VILLAGE

Au niveau de Nzeng-ayong village, l’intermittence du service en eau potable et la suspension de l’alimentation à cause des casses sur conduites coûtent cher aux populations. Les tarifs au niveau du revendeur d’eau sont énormes. Il faut déboursier au moins 50 FCFA pour un remplir un bidon de 5 l et jusqu’à 200 FCFA pour un contenant de 20 l. Pour avoir 100 l d’eau potable, une famille est contrainte de dépenser près de 1 000 FCFA soit le prix de 2 000 l d’eau potable lorsqu’elle est vendue par la S.E.E.G. Nos estimations du coût total, concernant l’achat d’eau auprès de l’unique revendeur d’eau de la zone, sont contenues dans le tableau 14.

Tableau 14. **Estimation du coût indirect concernant l’achat d’eau auprès du revendeur de la zone d’étude (MOUKET, 2017)**

	Pour un individu		Pour un ménage		Pour la zone
	Conso/pers (l/j/pers)	Cout (FCFA)	Conso/ménage (l/j/pers)	Cout (FCFA)	Cout total (FCFA)
Hypothèse Haute	100	1000	520	5200	5 002 400
Hypothèse Basse	20	200	104	1040	1 000 480

C'est entre **5 002 400** et **1 000 480 millions FCFA** qui seront dépensé chaque jour par les habitants de Nzenzeng-ayong village s'ils vont tous s'approvisionner auprès de l'unique revendeur d'eau du secteur. Alors qu'un approvisionnement aux installations de la S.E.E.G coûterait entre **224 000** et **44 800 FCFA**. En temps de crise en eau sévère et prolongée on pourra donc observer des augmentations de plus **95,52 %** des dépenses liées à l'approvisionnement en eau à Nzenzeng-ayong village.

4.4. PROPOSITIONS DE STRATÉGIES DE RÉOLUTION DU PROBLÈME

4.4.1. AMÉLIORATION DE LA DESSERTE DE NZENG-AYONG VILLAGE

Après un diagnostic du réseau de distribution de la zone d'étude, plusieurs insuffisances ont été constatées : réservoir qui n'assure plus de stockage, perte de charge à cause du relief et pollution du réseau de la zone d'étude à cause des fuites. Suite à ce diagnostic, plusieurs propositions ont été faites afin de résoudre le problème de l'inconstance de l'offre en eau à Nzeng-ayong village. Ces propositions sont données dans les paragraphes ci-dessous.

4.4.1.1. AMÉLIORATION DE LA MISE EN CHARGE DE LA DN600 BANGOS

Afin d'améliorer la mise en charge de la conduite qui alimente Nzeng-ayong par l'entrée Sud nous recommandons de :

- Mettre en place d'une distribution alternée à partir du R1 et du R2 PK9 ;
- Ouvrir d'au-moins 15 tours, de la vanne d'alimentation du R1 PK9 et fermeture de la vanne de distribution ;
- S'assurer de l'étanchéité de la vanne de distribution du R1 pendant le chargement ;
- Fermer les vidanges du R1 et R2 PK9 afin de faciliter la montée du niveau d'eau dans les deux réservoirs ;
- Attendre une hauteur d'eau convenable dans R1, ouvrir la vanne de distribution de R1 et fermer celle de R2 pour son remplissage.

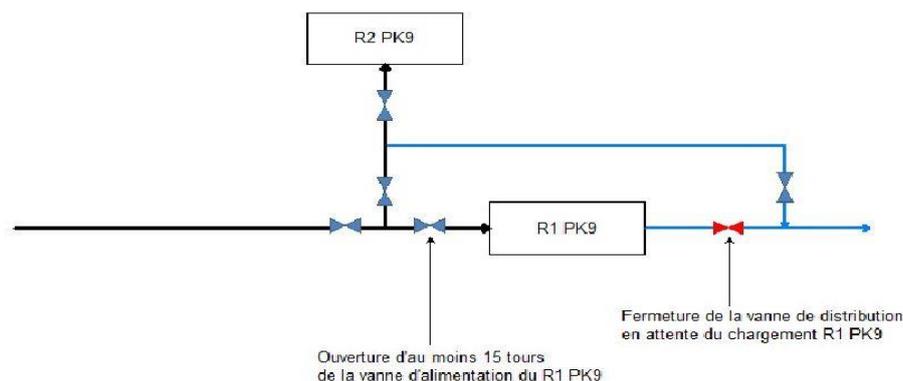


Figure 32. Schéma de principe de la distribution alternée R1/R2 PK9 (MOUKET, 2017)

4.4.1.2. AMÉLIORATION DES PRESSIONS SUR LA DE315 PEHD

À long termes, la mise en place d'un surpresseur sur conduite, comme celui d'Alénakiri, au niveau de la DE315 PEHD devra-être envisagé. Cette augmentation des pressions au départ permettra une meilleure desserte des points hauts de Nzeng-ayong.

Mais au préalable un contrôle de l'étanchéité de cette conduite doit-être réaliser. Vu son débit nocturne qui est très élevé, une recherche de fuites poussée sur la conduite et dans les secteurs qui dépendent de cette conduite doit-être faite.

4.4.1.3. MISE EN CONFORMITÉ DU RÉSEAU DE DESSERTE DE NZENG-AYONG VILLAGE

- Dégager tous les regards enterrés dans la zone étude et amont de cette zone. Vérifier l'état de fonctionnement des organes hydrauliques dans ces regards ;
- Réparer les fuites présentes sur le réseau de Nzeng-ayong village ;
- Remplacer tous les compteurs endommagés afin d'améliorer le comptage de la consommation en eau de la zone.

4.4.1.4. ÉLIMINATION DES POLLUTIONS PENDANT ET APRÈS LA RÉPARATION DES FUTES

Afin d'éliminer toutes les pollutions qui se seraient infiltrer dans le réseau pendant que les casses étaient en activités, un nettoyage et une désinfection du réseau de Nzeng-ayong village est nécessaire :

- D'abord, nettoyer et désinfecter le lieu où va s'effectuer la réparation ainsi que les matériaux et l'équipement servant à la réparation;
- Réaliser une opération de nettoyage hydraulique à fort débit afin d'éliminer la plus grande partie des contaminants ainsi que des dépôts dans les conduites;
- Ensuite, injecter une solution désinfectante (par exemple l'hypochlorite de sodium) sous pression à une extrémité du bief de la conduite à désinfecter;
- Respecter le temps de contact ;
- Réaliser des opérations de rinçage,
- Enfin, Prélever des échantillons pour déterminer la qualité de l'eau avant la remise en service de la conduite.

4.4.1.5. MISE EN PLACE DE POINTS DE PUISAGE

Afin de soulager les populations de Nzeng-ayong village et de protéger le réseau des casses, la mise en place de points de puisage aux PL où les pressions sont favorables est une option :

- Mise en place de branchements avec nourrice comportant 4 robinets. Un compteur sera placé avant la nourrice au niveau de chaque branchement ;
- Les robinets seront de type PRESTO (bouton poussoir) ;
- La surveillance des points de puisage et la collecte de fonds pour l'entretien sera délégué au chef de quartier.

4.4.2. LIMITATION DES GASPILLAGES AU SEIN DES ÉDIFICES PUBLICS

Afin de réduire la demande sur le réseau de Libreville les recommandations suivantes ont été faites :



Figure 33. **Processus de réduction des pertes et gaspillages au sein des édifices publics**
(MOUKET, 2017)

4.4.3. OPTIMISATION DE LA GESTION DES FUTES

4.4.3.1. CONSTATS SUR LA GESTION DES FUTES PAR LA S.E.E.G

Lors de cette étude de nombreuses limites dans la gestion des fuites par la S.E.E.G ont été constatées. Elles sont répertoriées de façon exhaustive dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15. **Difficultés observées dans la gestion quotidienne des fuites (MOUKET, 2017)**

OPÉRATION	DIFFICULTÉS	CONSTATS	SOLUTIONS
Détection des fuites	Retrouver des conduites sur les cartes du réseau	Carte du réseau pas toujours représentative du terrain	Mise à jour des cartes du réseau de Libreville.
	Trouver des points de contact pour les émetteurs du corrélateur	La difficulté d'utilisation de certains appareils à cause de la configuration actuelle du réseau (regards enterrés ou organes du réseau trop distant/	Respect des normes en termes de distance lors de la mise en place des Borne fontaine/Acquisition de moyen moderne de détection/Mettre en place des opérations nocturnes de recherche de fuites.
	Présence de bâtiments sur les conduites		
	Recherche de fuites en journée	Bruit ambiant trop élevé	
	L'hétérogénéité des sols (plusieurs couches) complique l'écoute au sol	Fuites pas toujours localisés avec précision/découpage du bitume ou fouille à plusieurs endroits	Acquisition de moyens modernes de détection (enregistreurs de données)
	Retrouver des fuites sur des conduites en plastique (PEHD, PVC) avec le corrélateur acoustique		
Traitement avant réparation	Lourdeurs administratives avant réparation	Difficultés dans la circulation de l'information	Regrouper dans un même service les cellules chargées de la gestion des fuites/Établissement de pièces justificatives uniques
		Plusieurs documents à établir avant réparation	
Réparation des fuites	Manque de matériels	Temps de réaction souvent long	
		Problème de coordination entre les sous-traitants et les services de la SEEG	
		Difficulté dans l'approvisionnement	
	Présence de bâtiments sur les conduites	Ralentissement des opérations de réparation	

4.4.3.2. REGROUPER DANS LE MÊME SERVICE LA CELLULE ALLÔ FUITE, LA CELLULE RÉPARATION DES FUTITES ET LA CELLULE RECHERCHE DE FUTITES

L'optimisation de la gestion des fuites devra passer par une réorganisation des services et des cellules qui assurent la gestion des fuites au quotidien. L'organisation actuelle est la suivante :

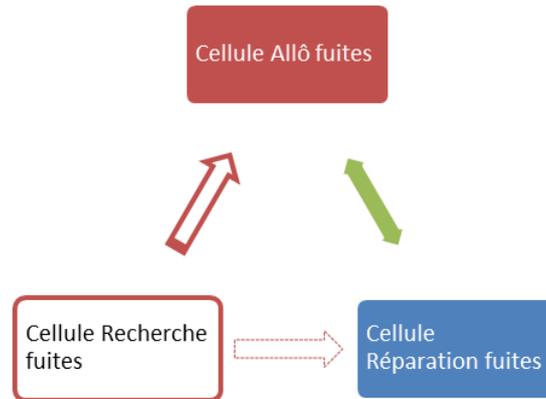


Figure 34. Présentation des flux entre les différentes cellules (MOUKET, 2017)

La cellule Allô fuites réceptionne les fuites, les enregistre et les envoie vers la cellule réparation fuites. Une fois les fuites réparées, la cellule réparation fait un retour vers la cellule Allô fuite pour une clôture (confirmer la réparation). La cellule recherche de fuites transmet les fuites vers la cellule réparation pour réparation et vers la cellule Allô fuites pour enregistrement dans base de données (numéro SINGA).

La réorganisation consistera à :

- Déplacer la cellule Allô fuites du PCO vers la DOL plus précisément vers la cellule réparation fuites et la cellule recherche de fuites ;
- Regrouper dans le même service la détection, la réparation et Allô fuite pour : un gain de temps dans la réception et le traitement des données ; un contact direct entre les différents acteurs ; une Prise de décision accélérée et une meilleure mise à jour des données ;
- Mettre en place une **cellule administrative** pour la **gestion administrative des réparations de fuites** : établissement des FSA et FJDA, suivi des dossiers des sous-traitants, suivi des stocks des pièces détachées.

4.4.4. OPTIMISER LA RECHERCHE DE FUTES ET LA RÉDUCTION DES PERTES

Une projection du rendement technique du réseau de Libreville a été réalisée. Elle contenue dans la figure 35.

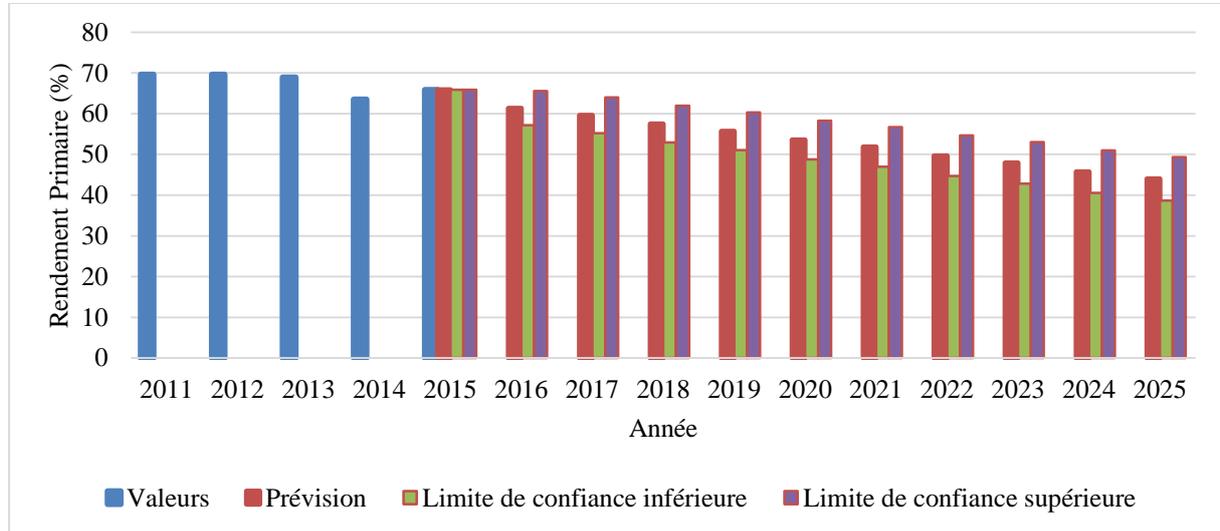


Figure 35. Évolution du rendement primaire du réseau de Libreville à l’horizon 2025 (MOUKET, 2017).

Si rien n’est fait le rendement du réseau de Libreville sera égal à peu-près **43,99%** à l’horizon 2025 : plus de la moitié de l’eau mis en réseau sera perdue. Le résultat de cette prévision montre la nécessité de mettre en place une stratégie efficace de réduction de fuites et des pertes. La stratégie de réduction de pertes que nous recommandons répondra aux questions suivantes : **QUELLE** quantité d’eau est perdue ? **OÙ** l’eau est-elle perdue ? **POURQUOI** est-elle perdue ? **QUE** faut-il faire ? **COMMENT** rendre durable la réduction des pertes en eau ?

4.4.4.1. TECHNIQUE DE RECHERCHE DE FUTES

Afin d’améliorer la détection de fuites invisibles en surface, l’utilisation de méthodes permettant d’affiner les recherches est nécessaire. L’utilisation d’enregistreurs de données pour sectoriser le réseau et effectuer des mesures de débit de fuites global permettra : (i) une surveillance permanente du réseau ; (ii) une sectorisation du réseau de Libreville avec une faible mobilisation en ressource humaine et financière (heures supplémentaire) ; et (iii) une limitation des perturbations du service en eau (absence de fermeture de vannes). On aura donc un suivi des pressions et des débits de meilleure qualité.

4.4.4.2. SUIVI DES INDICATEURS DE PERTES PAR SECTEUR HYDRAULIQUE

Afin de répondre aux questions « **QUELLE quantité ?** » et « **OÙ l'eau se perd ?** », il est important de mettre en place un programme de sectorisation hydraulique au niveau du réseau de Libreville et de suivre des indicateurs des pertes par secteur. Cette façon de procéder va permettre d'affiner la signification du rendement et la connaissance des secteurs fuyards :

- Découper le réseau de Libreville en plusieurs secteurs hydrauliques ;
- Placer un compteur à l'entrée du secteur et un compteur à la sortie du secteur ;
- Réaliser un bilan eau du secteur isolé.

4.4.5. ANALYSE DE LA CAUSE DES PERTES

Une fois la sectorisation effectuée et le rendement estimé, il est important de savoir quelle est l'origine des pertes. Est-ce que ce sont des erreurs de facturations ? Est-ce que ce sont des pertes d'exploitations (débordement des réservoirs) ? Est-ce que ce sont des pertes physiques ? Est-ce que ce sont des consommations frauduleuses ? Est-ce que ce sont des consommations autorisées non comptabilisées ?

- Associer le département facturation à la recherche de fuites. Pendant la période d'observation d'un secteur hydraulique, une campagne de facturation sera réalisé dans le même secteur ;
- Mettre un compteur à l'entrée et un compteur à la sortie de chaque réservoir et/ou château d'eau du secteur isolé ;
- Mettre un compteur au niveau de chaque borne fontaine de la zone ;
- Vérifier les comptages des consommateurs autorisés du secteur isolé ;
- Vérifier les compteurs des gros consommateurs du secteur isolé.

4.4.5.1. METTRE EN PLACE UN OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION POUR LA GESTION DES FUTES

Pour une recherche de fuites plus efficace la mise en place d'un outil d'aide à la décision est nécessaire. Les Systèmes d'Information Géographique jouent déjà ce rôle dans plusieurs pays. Le SIG pour les fuites du réseau de Libreville devra contenir les informations suivantes :

- Nombre de fuites détectées par secteurs hydraulique ;

- Nombre de fuites réparées par secteur hydraulique ;
- Nombre de fuites détectées en fonction du diamètre par secteur hydraulique ;
- Nombre de fuites réparées en fonction du diamètre par secteur hydraulique ;
- Nombre de fuites détectées en fonction du matériau par secteur hydraulique ;
- Nombre de fuites réparées en fonction du matériau par secteur hydraulique ;
- Observation sur la cause de l'apparition des fuites.

D'autres informations comme :

- Le volume entrant dans le secteur hydraulique ;
- La consommation comptabilisée du secteur hydraulique ;
- Le débit de fuites par secteur hydraulique.

Cette outil d'aide à la décision permettra aussi de savoir quelle sont les conduites qui doivent être renouveler.

4.4.5.2. CHRONOGRAMME DES ACTIVITÉS VISANT À LA RÉDUCTION DES PERTES SUR LE RÉSEAU DE LIBREVILLE

Globalement il s'agira de suivre le chronogramme et d'atteindre les objectifs présentés dans le tableau 16.

Tableau 16. **Chronogramme d'activités de réduction des pertes sur le réseau de Libreville (MOUKET, 2017)**

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Objectif 1: Repérer et cartographier les fuites sur le réseau.												
Activité 1.1: Mise à jour des cartes du réseau: localisation des conduites et organes hydrauliques.												

« Amélioration de la desserte en eau de la ville de Libreville : impacts des fuites sur la distribution. Cas spécifique de Nzeng-ayong village »

Activité 1.2: Localiser Les fuites sur le réseau.												
Activité 1.3: Répertorier et cartographier les fuites												
Objectif 2: Déterminer les conséquences des fuites sur le réseau.												
Activité 2.1: Évaluer la perte en eau.												
Activité 2.2: Évaluer l'impact sur la qualité du service.												
Objectif 3: proposer des actions à mener pour une gestion efficace des fuites.												
Activité 3.1: Diagnostic des actions déjà en place.												
Activité 3.2: Élaborer des plans d'action et les mettre en œuvre.												
Activité 3.3: Évaluer les solutions proposées.												

Le temps pour chaque activité reste à définir en fonction des moyens disponibles. Mais au moins 1 mois comme durée par activité semble convenable. Le chronogramme pourra s'étaler sur toute une année. Le plus important est d'identifier les secteurs les plus fuyards et de mettre en place des actions qui vont entraîner une baisse significative des pertes.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Comme il a été démontré, l'une des principales causes de la mauvaise desserte de Nzeng-ayong village, est l'absence de chargement du réservoir qui influence l'alimentation en eau de cette zone. La demande élevée en eau à Libreville fait en sorte que le réservoir de tête du PK 9 n'assure plus, deux de ses fonctions essentielles : (i) son rôle de tampon entre l'offre et la demande ; et (ii) sa fonction de mise en pression du réseau. Du fait de cette forte demande ininterrompue, le niveau d'eau dans le réservoir reste bas et n'augmente pas. Ce qui ne permet pas une mise en pression convenable et stable du réseau. Cette demande ininterrompue est en partie entretenue par les fuites sur le réseau de distribution et les gaspillages d'eau. Par ailleurs, la configuration actuelle du réseau de Libreville qui donne la priorité à une distribution par refoulement diminue de plus en plus le rôle des réservoirs et donc d'une distribution gravitaire. Ce qui ne semble pas être la solution au vu du relief très vallonné de Libreville et de l'expansion continue de cette ville. Nzeng-ayong dont la desserte se fait majoritairement par refoulement, a de nombreux points hauts en contrainte. Pour améliorer la desserte dans cette zone, il faut mettre en place des mesures d'exploitation qui redonnent la priorité au chargement du réservoir du PK 9. Mais il faudrait aussi réparer les fuites dans tout le secteur et sensibiliser les usagers à propos des gaspillages afin de limiter les appels de débit qui impactent sur le remplissage du PK 9 et de limiter les autres perturbations dues aux fuites comme les pertes en eau, les interruptions de service et la dégradation de la qualité de l'eau mis en réseau. De nombreuses propositions ont déjà faites au paragraphe 4.4 *Propositions de stratégie d'amélioration* (page 74) mais concernant le cas de Nzeng-ayong village, concrètement il faut :

- Mettre en fonction le deuxième réservoir du site du PK 9. Mettre en place une distribution alternée à partir des deux réservoirs afin d'améliorer la mise en charge des réservoirs du PK 9 ;
- Réparer les casses à Nzeng-ayong villages et les défaillances présentent autour de la zone étudiée mais aussi au sein des dépendances de l'État qui dépendent du PK 9 ;
- Mettre en place des points de puisage publics à Nzeng-ayong village. Les modalités de gestion de ces points de puisage pourront faire l'objet d'une autre étude ;

« Amélioration de la desserte en eau de la ville de Libreville : impacts des fuites sur la distribution. Cas spécifique de Nzeng-ayong village »

- Sensibiliser les habitants de Nzeng-ayong village à propos des casses répétées dans leur secteur mais aussi les chefs des institutions publiques concernant les gaspillages et leurs conséquences ;
- Effectué une recherche de fuites poussée sur les principales conduites de desserte du secteur Nzeng-ayong ;
- Vérification de l'état de fonctionnement des ventouses et vannes sur ces conduites ;
- Étudier la possibilité de mise en place d'un supprimeur sur la DE315 PEHD au niveau de l'échangeur de Nzeng-ayong afin d'améliorer les pressions au départ.

BIBLIOGRAPHIE

- AFD. 2009. "Le secteur de l'eau au Gabon : enjeux et enseignements."
- A. LADLI, S. BOUSOUNGOU, M. ALMEIDA, and G. HIBON. 2012. "Mise à jour du modèle hydraulique transport et distribution eau potable de Libreville et proposition de travaux d'urgence Rapport 2 : Campagne de mesures et Diagnostic hydraulique." Technique 2. Libreville.
- Allan Lambert. 2003. "What Do We Know about Pressure: Leakage Relationships in Distribution System ?" *Allan O. Lambert, International Water Data Comparisons Ltd, LL30 ISL, UK.*
- Amir NAFI, and Youssef TLILI. 2011. "Analyse spatio-temporelle des défaillances des réseaux d'eau potable, un nouveau levier pour la priorisation des conduites à renouveler," UMR Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement, no. 10.
- Andrew F. Colombo, and Bryan W. Karney. 2005. "Impacts of Leaks on Energy Consumption in Pumped Systems with Storage." *JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT*, no. 131: 146–55.
- A.O.Lambert, J. Koelbl, and D. Fuchs-Hanusch. 2014. "Interpreting ILIs in Small Systems." *Water Loss Research and Analysis Ltd.*
- A.O Lambert, Timothy.G. Brown, M. Takizawa, and D. Weimer. 2000. "A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems." *IWA/AQUA.*
- Banque Mondiale, and USAID. 2010. "Manuel Du Manager Sur L'eau Non Comptabilisé En Afrique: Guide Des Pertes D'eau Non Comptabilisé."
- Moussa OUEDRAOGO, and Moussa FAYE. "Gestion technique des réseaux d'eau sous pression: Recherche de fuites. Fondation 2iE Ouagadougou Burkina-Faso."
- BINGA, Hubert. n.d. "La gestion de l'eau au Gabon."
- BOUTEBBA K., BOUZIANE M.T., and BOUAMRANE A. 2014. "Aide À La Décision Pour L'optimisation de La Gestion Des Réseaux D'alimentation En Eau Potable." *Larhyss Journal.*
- B. RABAUD, M. ROZENTALEVESQUE, D. GEOFFRAY, and G. B. 2009. "Le cycle de vie du polyéthylène."
- Conseil national de recherches Canada. 2004. "La réparation des systèmes linéaire - Rapidité d'intervention et qualité: une règle de l'art du guide national pour des infrastructures municipales durables."
- Eddy RENAUD. 2009. "Valeurs de Références de L'indice Linéaire de Pertes Des Réseaux D'alimentation En Eau Potable Application Dans Le Contexte Du SAGE Nappes Profondes de Gironde." BORDEAUX: Groupement de Bordeaux Unité REBX.
- Eddy RENAUD, Christophe WITTNER, Caty WEREY, Marion CLAUZIER, and Nafi NAFI. 2012. "Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable Systèmes d'indicateurs et méthodologies pour la définition, la conduite et l'évaluation des politiques de lutte contre les fuites dans les réseaux d'eau potable." Final. France: ONEMA/irstea.
- Elodie Jaumouille. 2009. "Contrôle de l'état hydraulique dans un réseau d'eau potable pour limiter les pertes." Bordeaux.

- Emily Kumpel. 2013. "Water Quality and Quantity in Intermittent and Continuous Piped Water Supplies in Hubli-Dharwad, India." Californie: University of California, Berkeley.
- Générale des Eaux. 2001. "Schéma Directeur du réseau de distribution en eau potable: modélisation et dimensionnement hydraulique des ouvrages et des renforcements." 1. Libreville: SEEG.
- Gueddouj, and Ouaret. 2002. "Optimisation Multicritère Pour La Gestion D'un Réseau d'AEP." Ingénieur, Maroc: Université béjaia.
- Guy Howard, and Jamie Bartram. 2003. "Domestic Water Quantity, Service Level and Health." World Health Organization.
- Hélène BENGOSANE, Jean NDONG NKOOGO, and Noël MOUSSAVOU. 2000. "Enquête démographique et de santé du Gabon 2000." Synthèse. Gabon: DGSEE.
- Huber IBANGA. 2005. "La Gestion de L'eau Au Gabon." CENTRE NATIONAL ANTI POLLUTION.
- J. Elnaboulsi, and O. Alexandre. 1998. "Le renouvellement des reseaux urbains d'eau potable - Une approche economique d'optimisation." *E A T, IRSTE*A, September, 1998 edition.
- Jihad Elnaboulsi, and Oliver Alexandre. 1997. "Détermination de La Date Optimale de Renouvellement Des Réseaux Urbains D'eau Potable." *Canadian Water Resources Journal* 22 (3).
- J.L. Demassue. 1994. "La Connaissance et Le Suivi Du Rendement Des Réseaux: Un Outil Fondamental Pour Les Distributeurs D'eau." *LA HOUILLE BLANCHE*.
- Julian THORNTON, Reinhard Sturm, and George Kunkel. 2005. *Water Loss Control*. 2. Etats-Unis.
- Karim CLAUDIO. 2014. "Maîtrise des pertes sur le réseaux d'eau potable. Mise en place d'un modèle de fuites multi-états en secteur hydraulique instrumenté." BORDEAUX: BORDEAUX.
- Koukougnon Wilfried Gautier, and ALOKO-N'GUESSAN Jérôme. 2015. "Les inégalités dans l'approvisionnement en eau potable à Abidjan." *Science et technique Revue burkinabè de la recherche Lettres, Sciences sociales et humaines* 31 (1): 9.
- l'Office International de l'Eau, and DINEPA. 2013. "Guide technique de réhabilitation / Remplacement des réseaux d'eau potable."
- Marie-Hélène ZERAH. 1997. "Inconstance de la distribution d'eau dans les villes du tiers monde : le cas de Delhi," *Flux*, , no. 30: 5–15.
- MBEMMO, Sylvain, Thomas Tamo TATIETSE, and Zineb SIMEU-ABAZI. 2007. "Diagnostic et maintenance d'un reseau de distribution d'eau potable : Application au reseau principal de BONABERI à Douala Cameroun," no. hal-00185502 (November).
- Ministère de la Planification, and PNUD Gabon. 2005. "Programme ART GOLD Gabon. Appui aux Réseaux Territoriaux pour la Gouvernance Locale et le Développement." Ministère de la Planification.
- Olivier CHESNEAU. 2006. "Un outil d'aide à la maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable : la modélisation dynamique de différentes composantes du débit de fuite." Strasbourg: Université Louis pasteur de Strasbourg.

- Philippe Posseeuw. 2001. "Schéma Directeur Eau Potable: Rapport de Synthèse." 2. Libreville.
- Rachid MASMOUDI. 2009. "Etude de la fiabilité des systèmes de distribution d'eau potable en zones arides. Cas de la région de BISKRA." ALGERIE: UNIVERSITE MOHAMED KHIDER – BISKRA.
- Reine BOHBOT. 2008. "L'accès à l'eau dans les bidonvilles des villes Africaines. Enjeux et défis de l'universalisation de l'accès (Cas de Ouagadougou)." QUÉBEC: UNIVERSITÉ LAVAL QUÉBEC.
- Richard Pilcher, Altan Dizdar, Selcuk Toprak, and Elmo De Angelis. 2002. "The basic water loss book: A Guide to the Water Loss - Reduction Strategy and Application PART 1."
- RS McKENZIE, J N BHAGWAN, and LAMBERT. 2004. "Leakage reduction software developed throught the water research commission."
- Ryma Fares. 2010. "Modélisation théorique et validation expérimentale de la réduction des fuites par la modulation de la pression." Quebec.
- Sophie Fabrégat. 2014. "Fuites d'eau : des solutions existent. Peut-on améliorer l'efficacité des réseaux d'eau potable?" *ActuEnvironnement. com*. February 6. www.actuenvironnement.com/ae/dossiers/reseauxeaupotable/fuiteseausolutions.php.
- Stéphane BERTHIER, and Thierry CHAMBOLLE. 1986. "Techniques et Methodes de recherche et détection des fuites dans les réseau d'adduction d'eau." SEDA.
- wikiwater. 2016. "La Recherche et La Suppression Des Fuites."
- Yannick GOURBEYRE, Laurence GUICHOT, Alain VIDAL, Cédric FELIERS, Sandrine OBERTI, Claire TROUSSELLE, and Bernard VOISIN. 2007. "Impact de nouveaux matériaux de branchements sur le réseau intérieur. Etude pilote à l'usine d'Arvigny (77)." Rapport Rapport final. Arvigny, France: ANJOU RECHERCHE.

WEBOGRAPHIE

<http://raymond-plombier-chauffagiste.fr/fuites-calcul.htm> (Consulté le 10/04/2017)

http://gabon_eaupourtous.wesign.it/fr (Consulté le 10/10/2016)

http://www.persee.fr/doc/tiers_1293-8882_2001_num_42_166_1504?q=r%C3%A9seau+distribution+eau+en+afrique (Consulté le 10/02/2017)

<http://wikiwater.fr/e14-la-recherche-et-la-suppression.html> (Consulté le 10/10/2016)

<http://lokistagnepas.canalblog.com/archives/2008/10/15/10960419.html> (Consulté le 04/04/2017)

Annexe 1. Répartition spatiale des fuites, des points de prélèvements eau pour analyse qualité et profils de dénivelé des conduites de desserte de la zone étudiée	90
Annexe 2. Calcule de l'Infrastructur Leakage Index (ILI) et des Indicateurs RPQS	92
Annexe 3. Résultats d'analyses des prélèvements.....	96
Annexe 4. Fiche d'enquête d'évaluation de l'impact de l'inconstance de l'offre en eau sur la population du secteur.....	97
Annexe 5. Vieillessement du PEHD à cause de la température de l'eau et du désinfectant chimique utilisé pour traiter l'eau	99
Annexe 6. Évaluation des facteurs à risque qui peuvent entraîner la fragilité prématurée du PEHD	101

Annexe 1. Répartition spatiale des fuites, des points de prélèvements eau pour analyse qualité et profils de dénivelé des conduites de desserte de la zone étudiée



Photo i. Répartition des casses sur le réseau de Nzeng-ayong village



Photo ii. Répartition des points de prélèvements pour l'analyse qualité eau

« Amélioration de la desserte en eau de la ville de Libreville : impacts des fuites sur la distribution. Cas spécifique de Nzeng-ayong village »



Photo iii. Profil de dénivélé du trajet Échangeur de Nzeng-ayong-entrée Nzeng-ayong village.

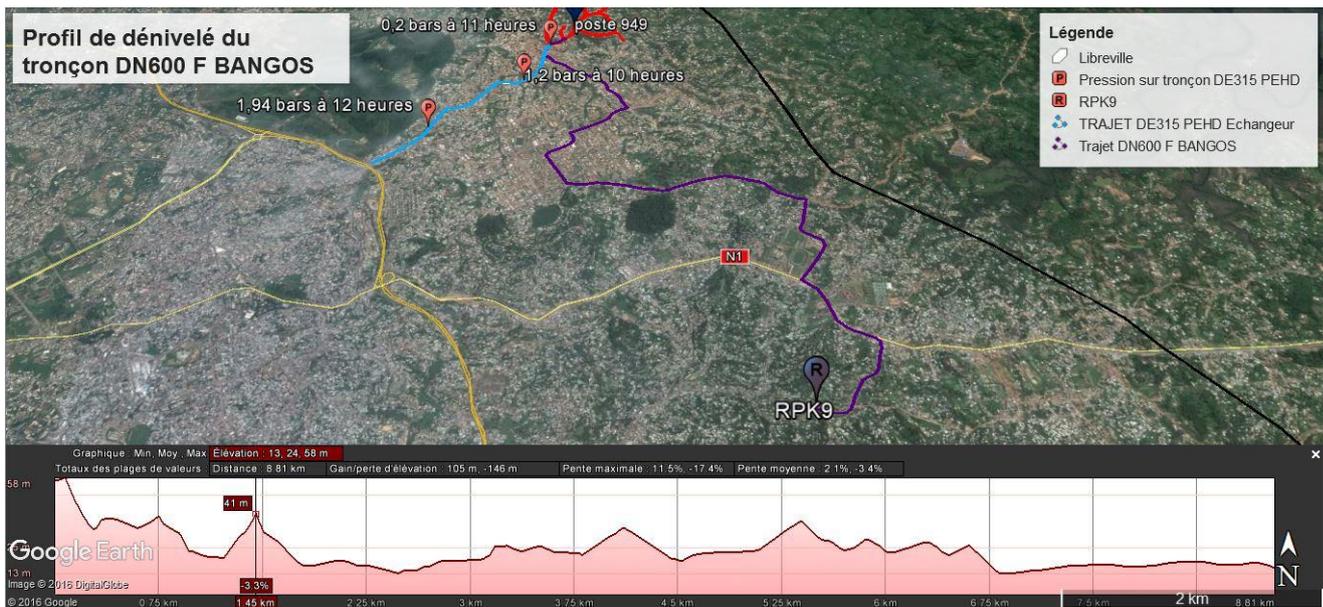


Photo iv. Profil de dénivélé trajet DN600 BANGOS

Annexe 2. Calcul de l'Infrastructure Leakage Index (ILI) et des Indicateurs RPQS

2. ILI recommandé par l'IWA

ILI qui peut être traduit par « indice de fuites structurelles » est un indicateur adimensionnel. Il est égale à :

$$\frac{CARL}{UARL}$$

UARL sont les pertes réelles annuelles incompressibles. Cet indice permet de quantifier les pertes réelles inévitables même pour un réseau en bon état et exploité dans les règles de l'art (A.O Lambert et al. 2000) alors que le CARL sont les pertes réelles en eau dans un système de distribution d'eau potable. L'évaluation du CARL diffère de l'évaluation des pertes intervenant dans le calcul de l'ILP. Il est égal à la différence entre le volume des pertes utilisé pour calculer l'ILP et le volume lié aux vols d'eau plus le volume résultant du sous-comptage des compteurs domestiques (A.O Lambert et al. 2000). Pour l'évaluation du CARL, tous les compteurs cassés ont été considérés comme étant des sous comptage, le nombre d'habitants par foyer est de 5,2 et la consommation journalière par personne est de 190 l. Pour l'évaluation de l'UARL un abonné représente un branchement ; la longueur d'un branchement est de 10 m et la pression de service (p) est de 15 mce.

Avec

$$UARL (L/j) = (18 \times Lm + 0,8 \times Nc + 25 \times Lp) \times p$$

Et

$$CARL (L/j) = Vp - (Vcs + Vsc)$$

Estimation de l'UARL en 2015

Longueur du réseau (Lm) en Km	Nombre de branchement (Nc)	Longueur total branchement (Lp) en Km	UARL (L/j)	UARL (L/an)
703	104108	1041,08	1829511	667771515

Estimation du CARL en 2015

Nombre de consommation frauduleuse + compteurs bloqués	Nombre de personne concerné	Volume volé + volume sous compté par jour (L/j)	Volume volé (L/an)	Volume de pertes (L/an)	CARL (L) (Vp - Vvolé)
172	894,4	169936	62026640	26465700000	26403673360

Critères de classification de l'état d'un réseau en fonction de l'ILI

Technical Performance Category	ILI	Liters/connection/day (when the system is pressured) at an average pressure of:					
		10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	
Developed Countries	A	1-2	< 50	< 75	< 100	< 125	
	B	2-4	50-100	75-150	100-200	125-250	
	C	4-8	100-200	150-300	200-400	250-500	
	D	>8	>200	> 300	> 400	> 500	
Developing Countries	A	1-4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Category	Performance Rating
A - Good	Further loss reduction may be uneconomic, careful analysis required to identify cost effective improvements
B - Average	Consider pressure management, better active leakage control practices, and better maintenance
C - Poor	Tolerable only if water is cheap and plentiful; even then intensify NRW reduction efforts
D - Very poor	Inefficient use of resources; NRW reduction programme imperative and should be a priority

3. Indicateurs de performance recommandés par le RPQS

Pour plusieurs raisons propres au contexte qui prévaut à Libreville dont la méconnaissance du volume consommé par les sapeurs-pompiers, le volume consommé par les consommateurs sans comptage a été

considéré comme étant une perte. Nous avons donc estimé que le volume consommé autorisé est égale à la somme du volume consommé comptabilisé et du volume de service (autoconsommation). L'autoconsommation est le volume d'eau utilisé sur les sites de la S.E.E.G : stations, bureaux et réservoirs.

Présentation des indicateurs techniques qui ont été calculés

	Indicateurs	Formules	Valeurs références	Interprétations	Pertinences dans le cas de LBV
Estimation des pertes	Rendement Primaire en %	$100 \times (\text{Volume Consommé Comptabilisé}) / (\text{Volume mis en distribution})$	$R \geq 85\%$	Son étude permet d'avoir une vue globale des pertes sur un réseau donné	Malgré l'augmentation de la production les besoins ne sont pas satisfaits
	IILP en m3/j /Km	$(\text{Volume distribué} - \text{Volume Consommé autorisé}) / (365 \times \text{Longueur du réseau de desserte})$	$ILP < 20$ m3/km/j en zone urbaine	Permet de déterminer le niveau des fuites et de le rapporter à la taille du réseau	Beaucoup de fuites sont signalées sur le réseau de Libreville
	ILVNC en m3/j /Km	$(\text{Volumés distribué} - \text{Volume consommé comptabilisé}) / (\text{Longueur réseau de desserte} \times 365)$		Permet d'apprécier la qualité du comptage des volumes consommés	Les volumes consommés par les pompiers ne sont pas connus. Présence de compteurs cassés sur le réseau
	RF en %	$100 \times (\text{Volumés vendus}) / (\text{Volumés produits})$	$R \geq 85\%$	Permet de connaître la viabilité économique du réseau	

Volumes et longueurs du réseau de Libreville qui ont servi au calcul des indicateurs de performance

Année	2011	2012	2013	2014	2015
Long du réseau (km)	670	698	698	703	703
Volume Distribué (m3)	56650000	58938000	60902000	68192000	78030000
VCC (m3)	39447630	41019010	41964120	43382160	51404400
VNC (m3)	17202370	17918990	18937880	24809840	26625600
Vservice (m3)	130300	117800	119900	246600	159900
Vac (m3) (VCC+Vservice)	39577930	41136810	42084020	43628760	51564300

VCC: Volumes consommés comptabilisés

VNC: Volumes non comptabilisés

Vac: Volumes consommés autorisés

Vservice: Volume de service

Indice de réparation sur branchement du réseau de Libreville

Année	Nombre d'intervention sur branchement	Longueur estimée du réseau de branchement (Km)	ILRB (réparation/an/Km)
2015	5735	1041,08	5,51
2014	3029	980,93	3,08

Hypothèses :

- *Un abonné représente un branchement*
- *La longueur d'un branchement est de 10 m*
- *104 108 abonnés en 2015 et 98 093 en 2014.*

Indice de réparation sur conduite

Année	Nombre d'intervention sur conduite	Longueur du réseau de distribution (km)	Indice de Réparation sur conduites (IRC) Réparation/an/km
2015	212	703	0.30
2014	189	703	0.27

« Amélioration de la desserte en eau de la ville de Libreville : impacts des fuites sur la distribution. Cas spécifique de Nzeng-ayong village »

Annexe 3. Résultats d'analyses des prélèvements

Annexe 4. Fiche d'enquête d'évaluation de l'impact de l'inconstance de l'offre en eau sur la population du secteur

FICHE D'ENQUÊTE DES ZONES EN STRESS HYDRIQUE

I. Identité de l'enquêté

Nom et prénom : Nombre d'enfant :

Sexe : Situation matrimoniale :

Age : Situation professionnelle :

II. Identification du Lieu de l'enquête

Nom du quartier :

Point de livraison ou numéro du poste :

III. Situation de l'accès à l'eau potable du lieu d'enquête

1) De quelle façon le secteur est-il alimenté ?

Réseau distribution ; BF/pompe publique ; Puits moderne

Puits traditionnel ; Rivière/cours d'eau ; Forage

2) Le service concernant le réseau de distribution/BF/Pompe publique est-il intermittent ?

Oui ; Non.

Si oui de quelle heure à quelle heure l'eau arrive dans le secteur ?

.....

3) Y'a-t-il de longue période de coupure ? Si oui pendant combien de temps ?

.....

4) Le puits/Forage est-il fonctionnel toute la journée ?

Oui ; Non.

Si non quelle heure à quelle heure n'est-il pas fonctionnel ? La raison ?

.....

5) Le puits/Forage est-il fonctionnel toute l'année ?

Oui ; Non.

Si non de quelle période à quelle période n'est-il pas fonctionnel ? La raison ?

.....

6) Le point d'approvisionnement est-il accessible à tous ? Si non pourquoi ?

.....

IV. Moyen d'alimentation de l'enquêté

« Amélioration de la desserte en eau de la ville de Libreville : impacts des fuites sur la distribution. Cas spécifique de Nzeng-ayong village »

Branchement individuel ; BF/pompe publique ; Puits moderne

Puits traditionnel ; Rivière/cours d'eau ; Revendeur d'eau ;

Branchement chez un voisin ; Forage.

7) Quelles sont les difficultés rencontrées lors de l'approvisionnement ? Décrivez la situation.

.....
.....

8) À quelle fréquence faites-vous la corvée d'eau ? Quel est le type et le nombre de récipient rempli à chaque corvée ?

.....

9) Si le moyen d'approvisionnement habituel n'est pas fonctionnel quel(s) autre(s) moyen(s) utilisez-vous ?

.....

10) Quelles sont les difficultés (contraintes) de cette (ces) autre(s) moyen(s) d'approvisionnement ?

.....

11) Avez-vous enregistré des cas de maladie du à la qualité de l'eau ? Quel type de maladie ?

.....

12) Avez-vous eu des difficultés à obtenir un branchement individuel ? Lesquelles ?

.....

13) Êtes-vous satisfait du service fourni par la SEEG ? Les raisons ?

.....

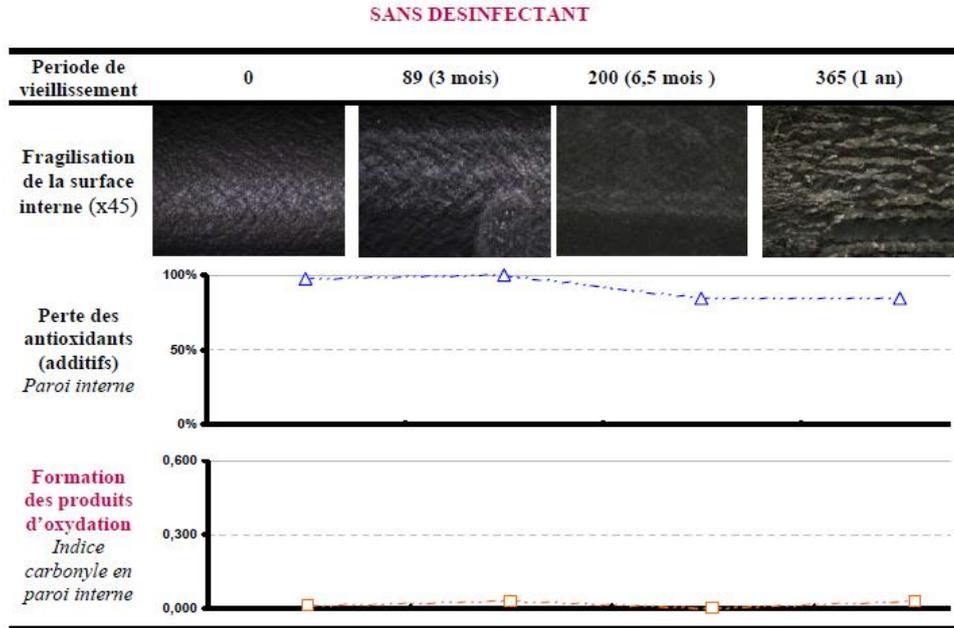
.....

14) Avez-vous des propositions à faire concernant l'amélioration de l'accès à l'eau potable dans la zone ? Lesquelles ?

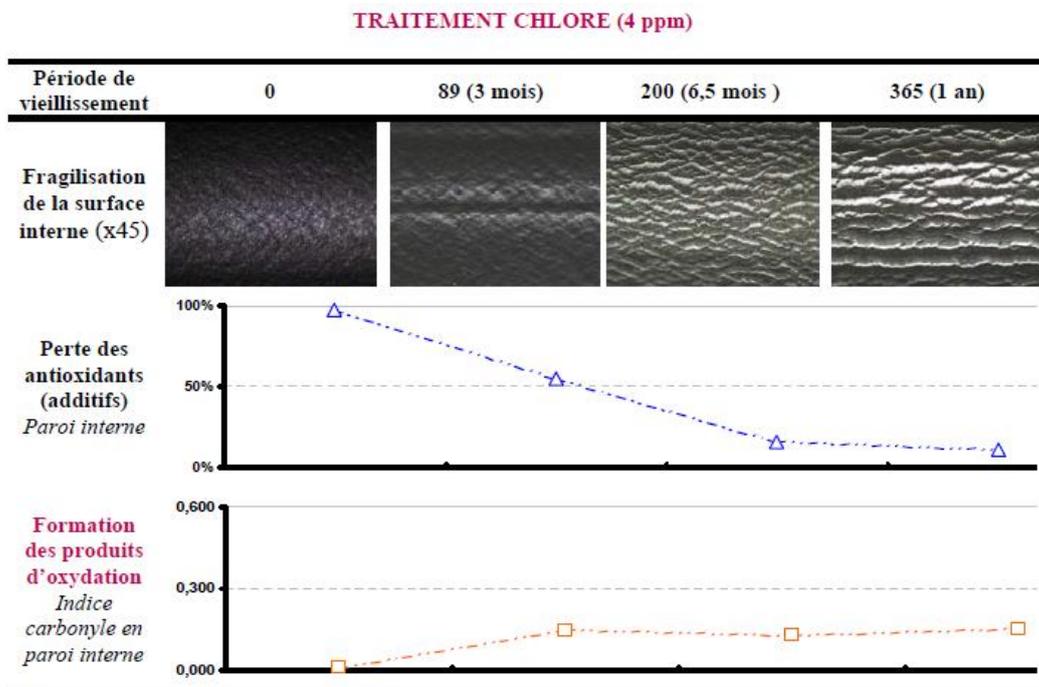
.....

Annexe 5. Vieillessement du PEHD à cause de la température de l'eau et du désinfectant chimique utilisé pour traiter l'eau

➤ **Sans désinfectant**

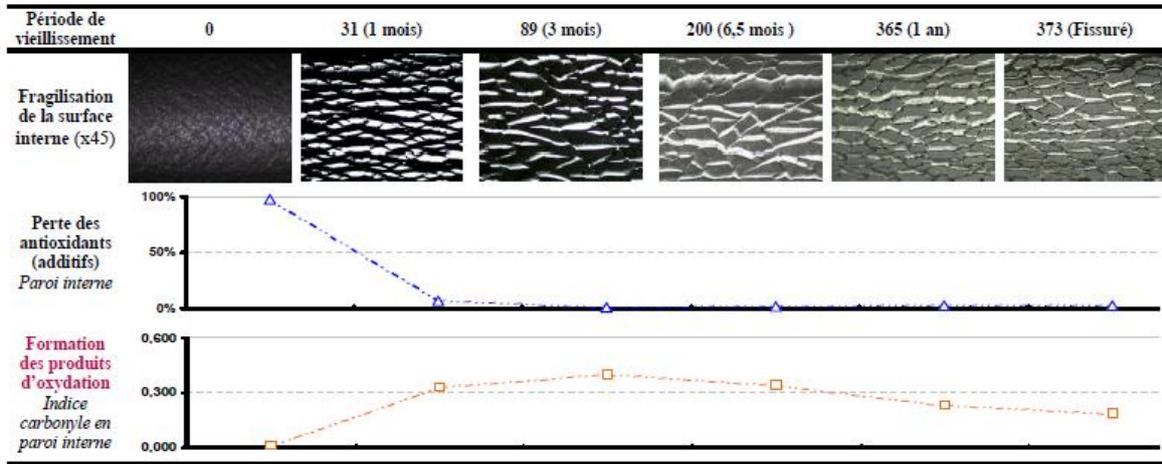


➤ **Traitement chlore (4 ppm)**



➤ **Traitement dioxyde de chlore (1 ppm)**

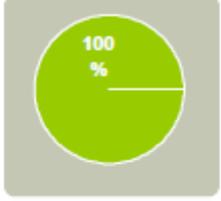
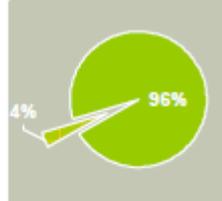
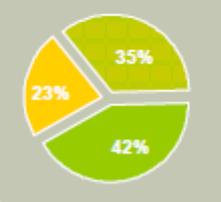
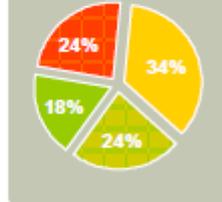
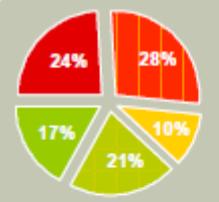
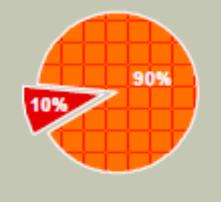
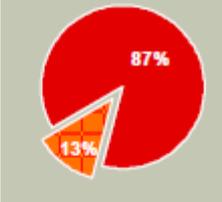
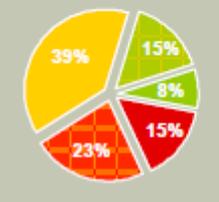
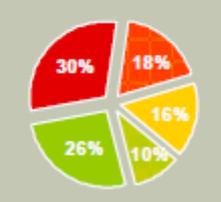
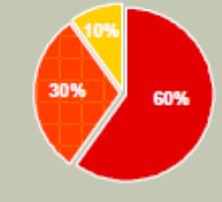
TRAITEMENT DIOXYDE DE CHLORE (1 ppm)



Annexe 6. Évaluation des facteurs à risque qui peuvent entrainer la fragilité prématurée du PEHD

Dans le cadre de l'évaluation des facteurs à risque qui peuvent entrainer la fragilité du PEHD, 201 échantillons en service prélevés sur 45 réseaux de distribution d'eau potable dans 7 pays différents ont été analysés et classés par niveaux de dégradation.

Tableau 17. Niveaux de dégradation observés sur le terrain pour des échantillons PE en service (de 0 à 25 ans) - valeurs moyennes Température/Désinfectant/Pression

<p>Degradation</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Très FORTE ■ FORTE ■ MODÉRÉE ■ FAIBLE ■ NULLE <p>Zone (nombre échantillons) : Désinfectant (Résiduel libre) : Température de l'eau : T°C Pression P ou PN tube :</p>	 <p>France (3) Sans désinfectant T°C : 17 – 20°C, PN 16 bar</p>	 <p>Europe du Nord (27) Chlore + NH₂Cl : 0.2 – 0.9 ppm T°C : 10 – 14°C, PN 12.5 bar</p>
		
<p>Europe de l'Est (13) Chlore : 0.2 – 0.3 ppm T°C : 11 – 14 °C, P : 2.5- 10 bar</p> 	<p>France (31) Chlore : 0.01 – 0.3 ppm T°C : 12 – 18 °C, P : 3 – 10 bar</p> 	<p>Europe du sud (17) Chlore : 0.15 – 0.2 ppm T°C : 12 – 15 °C, P : 2 – 7 bar</p> 
<p>Europe du Sud (29) Chlore : 0.7 – 0.8 ppm T°C : 6 – 30°C, P : 2 – 9 bar</p> 	<p>Contexte tropical (10) Chlore : 0.2 – 0.5 ppm T°C : 25 à 28 °C, P : 4 – 6 bar</p> 	<p>Maghreb (8) Chlore : 1 ppm T°C jusqu'à 25°C, P : 3 – 6 bar</p> 
<p>Europe du Sud (13) ClO₂ : 0,3 – 0,4 ppm T°C : 10 – 15 °C, P : 3 – 10 bar</p>	<p>France (50) ClO₂ : 0,01 – 0,35 ppm T°C : 9 – 22,5 °C, P : 2 – 10 bar</p>	<p>US (10) ClO₂ puis Chlore : 0,9 – 3,2 ppm T°C : 14 – 15 °C, P : 2,5 – 7,5</p>