Mémoire

présenté pour l'obtention du Master

Mention : Eau
Parcours : Eau et Société

Analyse rétrospective de la consommation d'eau des abonnés du service public d'eau potable au Cameroun

Ménage abonné à la recherche d'eau potable au quartier Mendong dans la ville de Yaoundé
Source : internet, Wikipedia.org

TONYE NLIBA Rose Christiane

Année de soutenance : 2017-2018

Tome I

RESUME

Le Cameroun est un pays d'Afrique Centrale qui se caractérise par une démographie galopante, notamment en milieu urbain. Le pays qui est peuplé de 25 millions d'habitants affiche également un mouvement migratoire important de ses populations qui partent des zones rurales vers des villes à la recherche des conditions de vie meilleure. Parmi ces indicateurs de bien être, il y'a l'accès à l'eau potable qui est l'une des missions régaliennes à laquelle l'Etat a failli au cours des années 90. En effet après la crise économique qui a sévi à cette période, le service public d'eau géré par la Société Nationale des Eaux du Cameroun (SNEC) a connu des difficultés de gestion à cause des finances publiques fragilisées. Dès lors, de nombreuses infrastructures d'adduction d'eau ont été laissées à l'abandon, surtout dans des villes secondaires.

Face à cette incapacité des pouvoirs publics, une réforme structurelle survient en 2005. Elle a conduit à la mise en place d'un système de Partenariat Public Privé (PPP) qui a lié deux structures partenaires à savoir : la CAMWATER qui est la société de patrimoine en charge de la gestion des infrastructures d'eau potable, et du contrôle des activités d'exploitation; et la Camerounaise des Eaux (CDE) qui est la société à capitaux majoritairement privés, chargée de l'exploitation du service public d'eau, et des aspects commerciaux.

Au démarrage de ses activités en 2008, la CAMWATER se retrouve donc confrontée à un défi majeur qui est de rehausser le niveau de la desserte qui n'est que de 24% sur le territoire national. Pour cela, elle s'est dotée d'un Plan Directeur qui est un document de planification stratégique devant lui permettre de réaliser des investissements de façon durables en tenant compte des centres prioritaires. De même, d'accroitre l'offre en eau en fonction des prévisions de la demande d'eau de chaque centre, pour limiter l'inadéquation dans l'évolution de ces deux fonctions. Seulement depuis quelques années, on constate une baisse des consommations d'eau, ce qui soulève des questions et des hypothèses. La principale étant liée à la qualité du service fourni. Durant ce stage, nous avons tenté de comprendre le phénomène à partir d'une analyse des ressources documentaires qui encadrent le secteur, puis des bases de données d'historique des consommations d'eau allant de 2008 à 2017.

La méthodologie de travail a été essentiellement basée sur des méthodes d'analyse et des tests statistiques comme Mann Kendall qui visent à décrire et à comprendre des hypothèses qu'on avance. Dix villes des régions administratives du Centre, du Sud et de l'Est ont été retenues au terme d'une analyse préalable qui a permis de distinguer les centres excédentaires de ceux déficitaires en eau. Par ailleurs, le modèle économétrique *ARIMA* a servi à réaliser des prévisions de ces consommations d'eau sur l'année en cours et celle d'après (2018 et 2019).

A l'issu de toutes ces analyses, nous avons relevé des grandes disparités en matière de consommation d'eau dans toutes les villes des régions. Cela a été perçu à travers l'écart considérable qui existe entre les valeurs des consommations moyennes (32,12 m^3/mois) et médianes (7,58 m^3/mois). Comme causes principales de la baisse, nous avons tout d'abord relevé les coupures d'eau intempestives, ensuite la fraude dans le réseau qui provoque de nombreux désistement d'abonnés. Cependant soulignons que cette baisse n'est pas autant perceptible chez les abonnés qui ont recours aux bornes fontaines payantes. D'après le modèle prévisionnel établi pour le centre de Yaoundé Agglomération, la baisse se poursuivra dans les quartiers couverts par les agences de Melen et de Mvog-Ada, en l'occurrence dans la ville périphérique de Soa. Naturellement, il a été constaté que ces coupures d'eau ont entrainé un changement sur ceux qui la subisse puisque nombreux d'entre eux se sont tournés vers des ressources d'eau alternatives (puits ou forages). De même, la fréquence de ces coupures provisoires s'est avérée significative vis-à-vis du recours à ces ressources subsidiaires dont l'adoption provoque une baisse forte du volume moyen de consommation d'eau mensuelle qui passe de 21,35 m^3 à 1,8 m^3.

Ainsi au terme de cette étude, des travaux complémentaires restent nécessaires pour prendre en compte tous ces nouveaux paramètres déterminants dans les modèles prévisionnels de demande d'eau. De plus, il faudrait que la place des bornes fontaines soit confortée dans la fonction demande de ces zones périurbaines mal desservies qui abritent de nombreux ménages à revenus faibles et saisonniers. Ceci pourra dans une certaine mesure aider l'entreprise à maintenir ces abonnés domestiques dans le réseau.

Mots clés : Afrique sub-saharienne, consommation d'eau, abonné, service public d'eau, plan directeur de l'hydraulique urbaine et périurbaine du Cameroun, qualité du service.

ABSTRACT

Cameroon is a country in Central Africa which is characterized by a booming population, especially in urban areas. The country is populated by 25 million inhabitants, also displays a significant migratory movement of its populations who leave from the rural areas towards the cities in search of the conditions of better life. Among these indicators of well-being, the access to drinking water is one of the sovereign missions to which the State failed during the 90's. After the economic crisis which took place at that time, the public drinking water service managed by the National Water Company of Cameroon experienced management difficulties because of weak public finances. Several drinking water supply infrastructures, especially in secondary centers stopped working because they were all in a state of disrepair.

Faced with this incapacity of the public authorities, a structural reform took place in 2005. It led to the setting up of a Public Private Partnership (PPP) system, with the assistance of certain development partners such as the World Bank. It led to the creation of two companies namely: CAMWATER which is the asset management company responsible for the management of drinking water infrastructure, and control of operating activities; and the other one (CDE), which is the majority privately owned company, responsible for the operation of this public service, and commercial aspects.

At the start of its activities in 2008, CAMWATER is thus confronted with a major challenge that is to raise the rate of water supply which is only 24% in the national territory. To this end, it has a Master Plan which is a strategic planning document that will enable it to make sustainable investments while taking into account the priority centers. Similarly, to increase the water supply according to the water demand forecasts of each center, to limit the mismatch in the evolution of these two functions. In recent years, water consumption has been on a downward trend, raising questions and hypotheses. The main one being related to the faulty service. During this internship, we tried to understand the phenomenon through the analysis of some documentary resources that frame the sector, then aggregated databases and individual subscribers available.

The methodology of work was essentially based on the method of analysis and statistical tests, notably that of Mann Kendall, whose objective is to describe, and to understand assumptions that advance. Ten cities in the central, southern and eastern regions where water demand is fully covered have been studied. The choice of these centers was made from a preliminary analysis which made it possible to distinguish the surplus centers from those with a water deficit. The ARIMA econometric model has made it possible to forecast consumption over a short period (2018 and 2019).

At the end of all these analyzes, we found that there are large disparities in water consumption in all cities in the regions. This is seen through the gap between the values of average (32.12m3 / month) and median (7.58m3 / month) consumption. In addition, the main causes of the decline observed are related to two main factors: untimely water cuts resulting from rationing measures; or frauds in the network that result in a lack of subscribers yet present in the network. According to the forecast model, the decline in consumption will have to continue in certain areas. Without a doubt, it was found that the temporary water suspensions caused a change on those who undergo it because, it was found that many of these subscribers were brought to resort to alternative water sources such as unprotected wells or boreholes. This parallel recourse leads to a decrease in the monthly consumption volume of about 20 m3 (from 21.35m3 of water to 1.8 m3), which represents a huge loss of profit for the company.

At the end of this study, additional work is still needed to take into account all these determining parameters in the water demand forecasting models. In addition, the use of standpipes in this demand function should be reinforced for needs in underserved suburban areas that are home to many low-income and seasonal households.

Key words: Sub-Saharan Africa, water consumption, subscriber, public water service, master plan for urban and peri-urban hydraulics in Cameroon, quality of service.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce stage, je dédie ce mémoire au Père pour mon existence, au Fils pour les connaissances et au Saint Esprit pour l'intelligence et l'inspiration débordante qui m'ont permis d'accomplir cette belle œuvre malgré les difficultés et épreuves endurées.

Ensuite, je voudrais remercier les responsables pédagogiques du master Eau et Société : Mesdames Marie Jeanne Valony, Sophie Richard, et Marielle Montginoul, pour leurs attentions à tous les étudiants du master et leurs implications actives dans les activités de préparation du départ en stage. Je ne saurais oublier Madame Nathalie Salinas, l'assistante du master qui a particulièrement été soucieuse du respect des modalités administratives, et diligente dans la mise en route des procédures qui conditionnaient mon départ en stage à l'étranger.

Le choix du thème d'étude a été fait avec l'aide d'une de nos responsables de parcours académique qui est une enseignante chercheure en Sciences économiques du laboratoire de l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (IRSTEA), et par ailleurs tutrice académique de ce stage. Durant l'encadrement, elle a été assistée d'une autre chercheure qui est assez bien imprégnée des études similaires en contexte Camerounais. A cet effet, qu'il me soit permis de témoigner ma vive gratitude, ma respectueuse admiration et ma reconnaissance à :

- Madame Marielle Montginoul qui m'a accompagnée dans la préparation de ce projet de stage, en me prodiguant des conseils, en me donnant des orientations, mais surtout en formulant des observations, notamment dans la rédaction de ce rapport qui ont participé à améliorer la qualité de ce travail.
- Mademoiselle Marine Favre, pour ses conseils et remarques constructives. Ses questions pertinentes qui m'ont toujours amenée à prendre du recul vis-à-vis des orientations et choix scientifiques que je pouvais entreprendre durant ce stage.

Mes remerciements se tournent ensuite vers toute l'équipe de la CAMWATER, en l'occurrence son Directeur Général, Monsieur Gervais Bolenga qui m'a accordé cette opportunité de stage. Son Directeur Général Adjoint, Monsieur Jean Pierre Bidjocka qui a manifesté dès notre premier échange, un intérêt particulier pour la conduite d'une telle étude, en me donnant des orientations claires et précises qui m'ont aidée à définir le thème de stage. Je lui adresse également ma profonde reconnaissance pour ses instructions qui ont facilité les conditions organisationnelles et matérielles de réalisation de ce stage. Dans cet élan de remerciement, j'associe Monsieur Abega Abega Hubert, Directeur de l'agence régional de Yaoundé Agglomération, et du Centre-Sud-Est qui a facilité par son accord de principe, l'obtention des données analysées dans ce mémoire ; et Monsieur Nkoulou Mfoulou Parfait Roger, Sous-Directeur à la planification qui m'a enrichi de connaissances sur les défis actuels du secteur de l'eau potable au Cameroun.

Le stage au Cameroun a été encadré par deux responsables : Madame Nganlo Ruth de la CAMWATER ; et Monsieur Nlom enseignant chercheur en Sciences économiques et Vice-Doyen de l'université de Maroua dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun. A cet effet je tiens à les remercier généreusement pour leurs expertises chacun dans son domaine, puis l'encadrement sans faille dont j'ai bénéficié pour répondre à la problématique de ce mémoire.

Merci aux responsables des institutions publiques de l'Institut National de la Statistique (INS) et de la Communauté Urbaine de Yaoundé (CUY) qui ont répondu favorablement à nos demandes d'obtention de données.

Merci à tous les doctorants et étudiants du Centre d'Etudes et de Recherche en Economie et Gestion (CEREG) qui ont fait preuve de convivialité et de sympathie durant notre passage au centre.

Mes derniers remerciements mais non les moindres vont à tous les membres de la famille Nliba. Mes parents, mes sœurs et ma fille qui m'ont toujours soutenue en union de prière pendant mes études, surtout au moment de mon admission académique en France où je me suis éloignée d'eux. A ces personnes chères, j'associe mon ami Daniel Mouthe à qui je dis merci, pour son soutien inestimable.

TABLE DES MATIERES

RESUME i
ABSTRACT ii
LISTE DES TABLEAUX vi
LISTE DES FIGURES vi
AVANT-PROPOS viii
GLOSSAIRE ix
SIGLES ET ACRONYMES ..... *x*
INTRODUCTION GENERALE *1*
1. Contexte 1
2. Problématique 1
3. Objectifs 3
4. Hypothèses 3
5. Intérêt de l'étude 4
6. Méthode et articulation du mémoire 4
1. CADRAGE DES ACTIVITES DE STAGE *5*
1.1. Présentation des structures d'accueil 5
1.2. Appropriation du thème de stage 7
2. ENVIRONNEMENT SECTORIEL DE L'EAU POTABLE AU CAMEROUN *7*
3. CADRE PHYSIQUE ET HUMAIN DES ZONES D'ETUDE *8*
3.1. Yaoundé Agglomération 8
3.2. Centre-Sud-Est 9
4. REVUE DE LA LITTERARURE *12*
4.1. Fondement des études de la demande en eau dans les pays développés 12
4.2. Etude de la demande en eau dans les pays en développement : déterminants d'une composante principale, la consommation d'eau 12
5. MATERIELS ET METHODES *18*
5.1 Traitement analytique des données 18
5.2 Test de non stationnarité de Mann-Kendall 24
5.3 Estimation des prévisions 25
5.4 Analyse cartographique 27
6. RESULTATS *27*
6.1 Evaluation des niveaux de consommation d'eau 27
6.2 Étude comportementale des abonnés exposés à des conditions de vie particulière 38
6.3 Caractérisation des tendances de consommation d'eau et leurs prévisions 42
7. RECOMMENDATIONS *49*

8. DISCUSSION 52
CONCLUSION 55
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 56
RESUME 58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Localités de la zone d'étude 10
Tableau 2: Synthèse des paramètres qui déterminent le niveau de consommation d'eau des abonnés domestiques en Afrique Subsaharienne 17
Tableau 3: Caractéristiques des variables utilisées 18
Tableau 4 : Répartition des données collectées par agence commerciale/Yaoundé Agglomération 19
Tableau 5 : Répartition des données collectées par région / agence du Centre-Sud-Est..... 20
Tableau 6: Taux de complétude annuel des abonnements (%) 21
Tableau 7: Distribution régionale de l'échantillon d'abonné à étudier 22
Tableau 8 : Répartition des occurrences des anomalies zones sans eaux (88D, 88E et 88H), ... 23
Tableau 9: Distribution de l'échantillon d'abonnés ayant subi des tests de non stationnarité 25
Tableau 10: Données de consommation moyenne mensuelle 2012-2017 (m3/mois/ abonné) 27
Tableau 11: Données de consommation moyenne mensuelle 2012-2017 (m3/mois/abonné) 28
Tableau 12: Données de consommation moyenne mensuelle de 2012 à 2017 (m3/mois/abonné) 29
Tableau 13: Données de consommation moyenne mensuelle 2012-2017 (sans anomalie)..... 30
Tableau 14 : Poids des différents abonnés en 2016, et leur niveau de consommation d'eau sur la période 2012-2017..... 33
Tableau 15: Poids des différents abonnés en 2014, et leur consommation mensuelle moyenne 2012-2017..... 35
Tableau 16: Répartition des abonnés selon le type de branchement et la tranche de consommation 37
Tableau 17 : Répartition des résidents en « zone sans eaux » en 2013, (anomalie 11I) 39
Tableau 18: Répartition des abonnés de « zonez sans eaux » en 2015, suivant l'anomalie 11i..... 40
Tableau 19: Résultats des tests de comparaison des moyennes 40
Tableau 20: Répartition des occurrences de l'anomalie 11i suivant les centres pour la catégorie ''particulier'' 40
Tableau 21: Caractéristiques de la consommation annuelle 2012-2017 des ménages abonnés..... 41
Tableau 22: Prévisions des consommations d'eau suivant les centres d'abonnements 48
Tableau 23: Prévisions des consommations en suivant les catégories d'abonnés (m3/an). 49

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de localisation des départements de la région du Centre..... 10
Figure 2: Localisation de la zone d'étude 11
Figure 3: Box plot de la consommation moyenne mensuelle des abonnés 29
Figure 4: Box plot de la consommation moyenne mensuelle par abonné..... 31
Figure 5: Consommation moyenne mensuelle des abonnés des quartiers de la ville de Yaoundé (2012-2017)..... 32
Figure 6: Poids des différents groupes d'usage dans la consommation 34
Figure 7: Consommation mensuelle moyenne et médiane de 2016 suivant le type d'usage 34
Figure 8: Poids des différents groupes d'usage dans la consommation de l'année 2014..... 36
Figure 9: Consommation mensuelle moyenne et médiane de 2015 suivant le type d'usage 36
Figure 10 : Consommation moyenne des abonnés de la DRYA suivant les tranches de

consommation (2012-2017) 37
Figure 11 : Consommation moyenne des abonnés des régions du Centre Sud Est suivant les tranches de consommation d'eau de la grille tarifaire (2012-2017)..... 37
Figure 12: Consommation moyenne et médiane annuelle (2013) des abonnés 38
Figure 13 : Consommation moyenne et médiane annuelle (2015) des usages des abonnés 39
Figure 14: Répartition de la consommation moyenne et médiane annuelle (2017) 41
Figure 15: Consommation moyenne et médiane annuelle (2012-2017) 42
Figure 16 : Profil saisonnier de la consommation mensuelle sur la période 2012-2017..... 42
Figure 17 : Evolution des consommations moyennes annuelle par classe de quintile 43
Figure 18 : Consommation moyenne annuelle selon les catégories d'abonnés 43
Figure 19 : Evolution de la consommation totale annuelle 2012-2017 (m3/abonné /an)..... 44
Figure 20 : Consommation moyenne par catégorie d'abonné (gauche) et par type d'usage..... 44
Figure 21 : Consommation moyenne par catégorie d'abonné (gauche) et par type d'usage..... 45
Figure 22 : Evolution de la consommation d'eau des abonnés en fonction du Test de Mann Kendall (2012-2017) 45
Figure 23 : Evolution de la consommation des abonnés exposés aux coupures d'eau fréquentes en fonction du test de Mann Kendall (2012-2017) 45
Figure 24 : Evolution de la consommation moyenne et médiane correspondante en fonction du test de Mann Kendall 46
Figure 25 : Répartition des abonnements suivant la tendance de consommation de 2012-2017 en fonction du test de Mann Kendall 46
Figure 26 : Répartition des abonnés (particuliers et administrations) et des particuliers de la ville de Kribi (gauche) présents sur six ans selon l'évolution des consommations en eau (2012-2017), en fonction du test de Mann Kendall..... 47
Figure 27: Répartition des abonnements par centre suivant la tendance de la consommation..... 47
Figure 28: Evolution de la consommation annuelle moyenne et médiane de 2012-2017..... 48

LISTE DES PHOTOS

Photo 1:Vue panoramique du centre-ville de Yaoundé..... 8

AVANT-PROPOS

Après un parcours brillant d'étude d'ingénieur au sein de l'Ecole Nationale Supérieur des Travaux Public de Yaoundé, j'ai eu l'immense privilège d'entamer une carrière professionnelle passionnante à la CAMWATER qui est la société publique en charge de la distribution de l'eau potable au Cameroun.

Exerçant comme ingénieur à la sous-direction de la planification, j'avais la responsabilité de participer aux activités relatives à la planification des investissements qui sont mis en œuvre par la réalisation des travaux de réhabilitation, de renouvellement et d'extension, des ouvrages de production, de distribution et de stockage d'eau. Dans le cadre de cet exercice quotidien, j'ai été confronté à plusieurs défis qui visaient indirectement une seule finalité, à savoir celle de réduire le nombre de personnes n'ayant pas accès à l'eau potable au Cameroun.

Au bilan des Objectifs du Millénaire pour le Développement en 2015 (OMD), le point numéro six concernant ce volet n'a pas été atteint. En effet le taux de desserte à cette période n'avoisinait que les 30% sur le territoire national, de surcroît les populations n'ont cessé de se plaindre du manque d'eau criard qu'elles connaissaient dans les centres et les quartiers des grandes métropoles urbaines du Cameroun. Pour pallier à ces difficultés et garantir un accès à l'eau durable et équitable aux populations, un système de programmation annuelle a été mis en œuvre dans le secteur, en adéquation avec les prévisions du plan directeur qui est l'outil de planification stratégique des investissements à la CAMWATER. Il s'agit d'un instrument de mesure gouvernementale adopté pour permettre l'atteinte des ambitions qui sont de porter le taux de desserte à 85 % en 2032, conformément au Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (DSCE).

C'est confronté à tous ces défis sectoriels que j'ai décidé de reprendre des études dans le but d'améliorer et de parfaire mes connaissances théoriques, mais aussi de renforcer mes compétences et aptitudes techniques. Pour ce faire j'ai choisi d'intégrer le Master Eau et Société, co-habilité par les établissements d'AgroParistech, de SupAgro, et de l'université de Montpellier. Il place au centre de ses attentes l'aspect sociétal et s'avère adapté pour compléter le *background* d'ingénieur qui est axé essentiellement sur des notions en sciences dures. Son côté pluridisciplinaire nous a permis d'acquérir une bonne maitrise des enjeux de l'eau dans les pays industrialisés et ceux du Sud au sens large. A travers ses modules d'enseignement, sa dynamique et ses enseignants qualifiés, j'ai également appris des méthodes, et acquis des outils nouveaux appropriés à la résolution des problématiques liées à l'eau comme objet physique ou naturel.

Ainsi l'intérêt de conduire une telle étude pour le compte de la CAMWATER est motivé par cette première expérience professionnelle qui nous a permis de découvrir non seulement les rouages du métier, mais aussi de cerner les contours des difficultés qui freinent l'atteinte des objectifs sectoriels.

A nos jours, l'un des problèmes qui pointe à l'horizon dans le secteur est lié à la baisse des volumes de consommation d'eau des abonnés de certaines villes du Cameroun. En fait depuis quelques années, on constate une baisse des consommations des différentes catégories d'abonnés (ménages, administrations, industriels). Dans le corps de ce mémoire, nous allons développer cette problématique afin d'améliorer la compréhension du phénomène. Une bonne connaissance de ce changement permettra certainement à l'entreprise de réévaluer le poids des investissements qu'elle compte mettre en œuvre au cours des prochaines années pour garantir un accès à l'eau durable aux populations. Par ailleurs elle pourra éviter le pis en se dotant par anticipation d'une stratégie qui amène davantage les habitants marginalisés à solliciter le service d'eau.

En guise d'anecdote, une de mes tantes dont je vais taire le nom me rappelait encore au mois de juin dernier dans nos causeries qu'elle subissait des coupures d'eau « non-stop » dans son quartier à Nkolmessen sis dans la partie Est de la ville de Yaoundé, au point d'avoir décidé de ne loger dorénavant que chez des particuliers qui proposent des forages ou des puits comme principale source d'approvisionnement en eau à leurs locataires. *Si ce raisonnement parvenait à tenir chez tous les ménages, la CAMWATER ne pourrait certainement plus atteindre son ambition prétentieuse de desserte de 85% à l'horizon 2032.*

GLOSSAIRE

Centre : c'est un terme générique qui s'emploie pour désigner l'ensemble des villes qui font partir du périmètre de gestion de la CAMWATER. En guise de rappel, la CAMWATER ne s'occupe que de la gestion des villes urbaines et périurbaines de plus de 5 000 habitants.

Centre performants : Nous portons cette appellation à des villes où la demande d'eau est entièrement satisfaite par l'offre.

Périmètre de concession : dans le jargon sectoriel, ce terme renvoi à l'ensemble des centres (213) affectés à l'opérateur CAMWATER pour assurer la gestion après la réforme sectorielle.

Périmètre d'affermage : pareillement comme le terme précède, c'est la délimitation des 106 centres urbains qui sont déjà desservis en eau potable à la date d'entrée en vigueur du contrat de Partenariat Public Privé (PPP).

Ménage : c'est l'ensemble des personnes habitant le même logement. Il peut s'agir d'une personne unique si elle vit seule ou un foyer lorsque plusieurs personnes résident ensemble.

Abonné : c'est celui qui reçoit la facture d'eau : il peut s'agir d'un ménage qui a consommé l'eau mais aussi d'une autre personne (le propriétaire en cas de location ; un panel de maison individuelles …), une administration, une industrie, un bâtiment communal etc. Dans le contexte de pays en développement, c'est également l'individu ou le ménage qui décide de s'approvisionner à une borne fontaine payante ou communale ;

Abonnés particuliers : encore connu sous l'appellation d'abonné domestique, il désigne en dehors des ménages, les petits commerces, les boulangers, les stations-service, les lieux de culte et parfois même de bureaux ou bâtiments publics.

Besoin en eau : volume du jour de pointe à extraire du milieu naturel. Obtenu par ajout des pertes en distribution et en production à la demande desservie par l'exploitant, corrigée du coefficient de pointe journalier

Demande en eau : par convention, la demande en eau correspond à la demande desservie par l'exploitant. Pour le cas de cette étude, nous l'avons assimilé au volume d'eau total qu'une contrée a besoin pour satisfaire ses besoins en eau, en prenant en compte le rendement du système actuel.

Desserte : dans cette sphère de l'étude, nous l'assimilons exclusivement à la desserte par l'exploitant. Par conséquent, elle renvoi au pourcentage des usagers desservis en eau par un branchement octroyé par la CAMWATER ou la CDE autrefois en charge de l'exploitation du service.

Mode d'alimentation en eau : source principale d'alimentation en eau d'un usager. La distinction majeure est entre l'alimentation via le réseau (desserte par l'exploitant) et les autres modes d'approvisionnements.

Branchement individuel : branchement destiné à un usage domestique. Autrement appelé branchement particulier (abus de langage).

Redistribution de l'eau : c'est l'action d'un abonné autorisé que des personnes s'approvisionnent en eau à partir de son branchement particulier. L'abonné peut être un particulier, une administration etc.

Usage de l'eau : type d'usage auquel est destinée l'eau. Egalement dans la base de données d'historique des consommations d'eau, c'est un champ qui définit le type d'usage par branchement.

Usager domestique : c'est celui qui utilise l'eau. Donc un abonné n'est pas nécessairement usager. Mais il y a une certaine confusion dans cette notion car certains entendent l'usager comme « un individu », d'autres comme « un ménage ».

Consommation d'eau : volume réellement consommé par une catégorie d'utilisateur / un utilisateur ; ce volume est différent du volume d'eau facturé ; il peut être estimé.

Consommation domestique : volume consommé et destiné à un usage domestique (ménages).

SIGLES ET ACRONYMES

A	**AEP**	Alimentation en Eau Potable
B	**BAD**	Banque Africaine de Développement
	BF	Borne Fontaine
	BM	Banque Mondiale
	BP	Branchement Particulier
C	**CEREG**	Centre d'Etudes et de Recherche en Economie et Gestion
	CAMWATER	Cameroon Water Utilities Corporation
	CDE	Camerounaise des Eaux
	CUY	Communauté Urbaine de Yaoundé
D	**DCE**	Direction du Contrôle des Exploitations
	DT	Direction Technique
	DRCSE	Direction Régionale du Centre Sud Est
	DRDA	Direction Régionale de Douala Agglomération
	DRL	Direction Régionale du Littoral
	DRN	Direction Régionale du Nord
	DRNO	Direction Régionale de l'Ouest
	DRSO	Direction Régionale du Sud-Ouest
	DRO	Direction Régionale de l'Ouest
	DRYA	Direction Régionale de Yaoundé Agglomération
	DSCE	Document de Stratégique pour la Croissance et l'Emploi
E	**ENEO**	*Energy of Cameroon*
	EPE	Equivalent Point d'Eau
	ECAM	Enquête Camerounaise Auprès des Ménages
F	**FAO**	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
	FSEG	Faculté des Sciences Economiques et de Gestion
G	**GPOBA**	*Greater Philadelphia Basketball Officials Association*
I	**INS**	Institut National de la Statistique
M	**MAETUR**	Mission d'Aménagement et d'Equipement des Terrains Urbains et Ruraux
O	**ODD**	Objectif de Développement Durable
	OMS	Organisation Mondiale de la Santé
	OMD	Objectif du Millénaire pour le Développement
	OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economiques

P	**PDHUPC**	Plan Directeur de l'Hydraulique Urbaine et Périurbaine du Cameroun
	PDU	Plan de Développement Urbain
	PED	Pays En Développement
	PLU	Plan Locaux d'Urbanisme
	PMA	Pays les Moins Avancés
	PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
	PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
	POS	Plan d'Occupation du Sol
	PPP	Partenariat Public-Privé
R	**RGPH**	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
	RIO+20	Conférence des Nations Unies sur le Développement Durable
S	**SIC**	Société Immobilière du Cameroun
	SNEC	Société Nationale des Eaux du Cameroun
U	**UNICEF**	Fonds des Nations Unis pour l'enfance

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte

L'eau est une ressource physique importante pour la survie des individus et des communautés. Elle participe à leurs développements économiques et contribue à la préservation de l'hygiène du milieu et à l'équilibre des écosystèmes. A travers ses différentes fonctions, ce bien vital est formellement reconnu comme un droit humain fondamental au sein de la communauté internationale au cours de l'année 2010[1]. Bien avant cela, Henri Smets (2002), membre de l'Académie de l'eau tente déjà de montrer à travers son ouvrage intitulé « droit à l'eau » qu'il est possible de transformer ce concept théorique juridique en une réalité sociale, en prenant en compte les besoins des plus déshérités dans un domaine conquis par les forces de marché. Dans cette publication, il rappelle également que ce droit concerne essentiellement les personnes qui n'ont pas accès à l'eau, c.-à-d. les personnes les plus démunies dans les pays développés[2] et les personnes non desservies en eau dans les pays en développement (zones périurbaines et zones rurales)[3].

En 2017, la première évaluation mondiale des services d'eau et d'assainissement menée conjointement par des équipes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et du Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (l'UNICEF) annoncent plus de 2 milliards de personnes n'ayant pas d'accès à l'eau potable dans le monde. Parmi elles, 312 millions se retrouvent en Afrique Subsaharienne. Ce constat alarmant découle du manque d'une politique réelle de l'eau qui peine à se mettre en place au sein de différentes institutions créées à cet effet, conjuguées à d'autres facteurs spécifiques à chaque pays. Au Cameroun par exemple, le taux d'accroissement élevé de la population et le phénomène d'exode rural[4] exercent ensemble une forte pression sur les services de proximité qui sont du ressort de l'Etat, notamment sur ses missions de services publics d'eau potable et d'assainissement. De plus, la récession économique des années 90 qui affecte les Pays les Moins Avancés (PMA) va ralentir le rythme des investissements mobilisés par les pouvoirs publics pour contribuer aux travaux de maintenance et de développement des infrastructures hydrauliques (Maliko et al., 2004). Ces différentes contraintes ont contribué à l'inefficience de la plupart des services d'eau confrontés à des plaintes répétés des populations n'arrivant plus à satisfaire leurs besoins en eau (world Bank 1997 *in* Jaglin, 2005). Dans certains pays, notamment ceux de la sous-région Afrique centrale, la situation a été paradoxale puisqu'on y retrouve des bassins hydrographiques à fort potentiel hydrique et faiblement exploités.

2. Problématique

Le Cameroun est l'un des pays de l'Afrique Subsaharienne qui renferme de grandes quantités d'eau. Selon les estimation du FAO, le quantité d'eau avoisine les 18 500 m3/an, comparativement à d'autres pays comme le Sénégal, la côte d'ivoire (3000 m3/an) ou le Togo (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2016). En 2005, le même organisme évalue les ressources en eau totales renouvelables couvrant l'ensemble du pays à 285,5 milliards de m^3 par an, ce qui correspond en termes de disponibilité en eau par habitant à 17,520 m3 par an. Dans cette répartition, environ 18,5% des ressources en eau douce correspondent aux usages domestiques. Le défi de l'accès à l'eau potable reste un objectif majeur des politiques nationales suivant les Objectifs de Développement Durable (ODD), si l'on tient compte que 42% de la population totale du pays n'a pas accès à l'eau potable et ce particulièrement en milieu urbain où le taux de desserte n'avoisine que les 30% en 2015. Cette valeur est loin du compte, comparativement au taux d'accès à l'eau moyen (60%) enregistré dans les pays Africains moins arrosés. C'est la preuve notoire qu'il reste encore des efforts considérables à fournir dans ce domaine pour espérer atteindre l'objectif de desserte fixé à 85%

[1] L'Assemblée générale déclare que l'accès à l'eau potable est un droit fondamental_ ONU Info

[2] Il s'agit principalement de personnes dont le revenu après impôts et transferts sociaux est inférieur à 40% du revenu médian, soit quelques pour cent de la population dans la plupart des pays de l'OCDE. Le seuil de pauvreté (40%) en France est de 427 €/mois par unité de consommation (3,2% de la population).

[3] Les personnes sans accès physique à une eau saine sont principalement situées dans les banlieues mal desservies des villes du Tiers monde et dans les zones rurales.

[4] Selon les résultats du 3ème Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) réalisé en 2005 et la sous la base du RGPH réalisé en 1987, la population camerounaise est estimée au 1er janvier 2013 à 21,1 millions de personnes ; En 2005, le taux de la population urbaine s'élève à 55% alors qu'il y'a deux décennies, elle était en majorité rurale (63%).

(horizon 2032) comme prévu dans le Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (DSCE).

Pour faire face à ce défi déterminant pour l'atteinte de sa vision de « pays émergent, démocratique et uni dans sa diversité », l'Etat Camerounais a ciblé des actions prioritaires à mettre œuvre, parmi lesquelles la réorganisation du paysage institutionnel qui régit le secteur de l'hydraulique urbaine et périurbaine. Ainsi en 2005, une réforme structurelle intervient dans le sous-secteur de l'eau potable[5]. Elle a privilégié un mode de gestion axé sur le système de Partenariat Public Privé (PPP)[6] qui a abouti à la création de deux compagnies reliées l'une à l'autre par un contrat d'affermage pour une période de dix ans. Contrairement à l'ancien système de gestion, celui-ci a favorisé l'émergence d'un opérateur privé dans la chaine des acteurs en charge du service public de l'eau potable au Cameroun. Les deux structures délégataires sont respectivement : la Cameroon Water Utilities Corporation (CAMWATER), société à capital public, en charge pour le compte de l'Etat, de la recherche des financements pour l'amélioration et le développement des infrastructures d'offre en eau ; et la Camerounaise Des Eaux (CDE), à capitaux essentiellement privé, responsable de l'exploitation optimale du service. Pour une gestion efficiente des 213 centres affectés à son périmètre de concession[7]par l'Etat ultime garant, la société a démarré ses activités en initiant une étude préalable devant lui permettre de faire un état des besoins de chaque centre.

Le Plan Directeur de l'Hydraulique Urbaine et Périurbaine (PDHUPC)[8] est une étude que la CAMWATER a commandée en 2012 auprès des bureaux d'études techniques internationaux. Elle a abouti à l'élaboration d'un document stratégique compendieux qui définit et oriente la politique de gestion des infrastructures d'eau potable au Cameroun en zone urbaine et périurbaine. Ses objectifs s'alignent au même rang et dans la continuité des résolutions prises à l'issu de la rencontre internationale sur les ODD. De ce fait, le PDHUPC tient lieu de document de stratégie sectorielle, puisqu'il fait état des besoins en eau des populations dans chaque centre, puis propose des évolutions de la demande en eau correspondante sur plusieurs années. Les investissements envisagés dans le cadre du dit Plan sont repartis sur 3 grandes périodes. Les besoins en eau suivent la même logique pour l'ensemble des centres équipés et non équipés et se présentent comme suit :

- **le court terme :** il correspond à la période de démarrage de l'étude qui est 2012. Les besoins en eau des populations sur cette période sont estimés à 419 403 m^3/jr ;
- **le moyen terme :** les besoins en eau évalués à moyen terme correspondent à la quantité d'eau totale sollicitée pour la période 2013-2022 ; ils s'élèvent à 663 120 m^3/jr ;
- **le long terme :** c'est la période qui définit les besoins en eau des populations de 2023 à 2032. Le volume total de ces besoins en eau cumulés s'élève à 1 391 095 m^3/jr.

Très vite, ce document devient pour la CAMWATER un véritable outil de prospection qui oriente les décisions sur le choix des ouvrages à mettre en place, en termes de capacité nominale, linéaires des réseaux à poser etc. Ce nouvel instrument de gouvernance a permis jusque-là de mettre en œuvre des investissements de façon coordonnée pour accroitre l'offre en eau au rythme des prévisions globales de la demande en eau des populations.

Seulement depuis 2013, les chiffres du contrôle d'exploitation affichent une tendance à la baisse des consommations d'eau pour toutes les classes d'abonnés. Cette tendance est contradictoire aux prévisions annoncées dans le Plan Directeur. Si elle se poursuit, les investissements déjà prévus qui sont établis sur la base des scenarios prospectifs de la demande d'eau risqueraient d'être surévalués. La même tendance de baisse pourrait sans doute aussi avoir des impacts sur la capacité nominale des ouvrages hydrauliques (production et stockage) prédit dans le PDHUPC, pour combler les besoins en

[5] Décret N° 2005/493 du 31/12/2005 fixant les modalités de délégation des services publics de l'eau potable et de l'assainissement liquide en milieu urbain et périurbain.
[6] Le contrat de partenariat public privé (PPP) est un contrat par lequel l'Etat ou une autorité publique confie à un prestataire privé la gestion et le financement d'équipements, d'ouvrages ou leur construction permettant d'assurer un service public (CCM Benchmark Group, 2018).
[7] Le périmètre de concession de la CAMWATER comporte les centres équipés et non équipés de plus de 5 000 habitants.
[8] Le Plan Directeur de l'Hydraulique Urbaine et Périurbaine du Cameroun (PDHUPC) est un document exigé par l'article 7 du contrat d'affermage qui lie la CAMWATER et la CDE.

eau des populations des centres urbains et secondaires. Intuitivement, les opérateurs justifient cette tendance par des facteurs rédhibitoires qui soumettent le réseau à des dysfonctionnements permanents (perte en eau, coupures intempestives d'énergie, fraude…). Seulement, l'incidence de ce phénomène n'a pas la même cadence dans l'ensemble des centres équipés. En effet, d'après les données des statistiques annuelles transmises par la CDE, nous constatons que certains centres enregistrent tout de même un taux de distribution légèrement au-dessus de la valeur moyenne escomptée en 2016[9] par le contrat d'affermage. Qu'est ce qui justifierait donc une telle tendance? Les abonnés auraient-ils tous changés leurs habitudes de consommations d'eau au cours de ces dernières années ? Ou alors, serait-ce le déclenchement de la politique contingente des programmes sociaux que l'Etat promeut depuis l'année 2009, qui aurait entrainé le raccordement d'un grand nombre de ménages à faible revenus, au point d'induire une baisse générale de la moyenne des consommations d'eau ? Quelle catégorie d'abonné serait la plus concernée par cette baisse ? Nous allons tenter de répondre à ces différentes interrogations afin d'affiner la compréhension sur les niveaux de consommation d'eau actuelle, et anticiper par la suite sur leur évolution future.

3. Objectifs

Ce mémoire vise à décrire la situation et révéler l'évolution des facteurs impactant la consommation d'eau des abonnés actifs durant la période contractuelle de PPP (2008-2017). Le sujet est assez novateur en Afrique Subsaharienne car, il n'existe pas à notre humble avis des études empiriques qui tentent d'expliquer les facteurs d'évolutions chronologiques des consommations d'eau en Afrique dans les pays de la région. La plupart des travaux ayant porté jusqu'ici sur l'estimation de la fonction demande en eau et ses déterminants, le choix du mode d'approvisionnement en eau des ménages, le consentement ou la capacité à payer des abonnés pour un service d'eau amélioré. Or la consommation d'eau est une variable intrinsèque de la demande qui devrait faire l'objet d'un suivi permanent par les opérateurs qui souhaitent optimiser leur processus de planification des investissements. Au Cameroun, une étude a été réalisée sur les ménages de la ville de Yaoundé en 2007. Elle visait à concevoir un modèle explicatif des consommations d'eau pour un échantillon de ménage choisi aléatoirement. Cette étude qui s'inscrit dans cet axe de recherche a comme objectifs spécifiques de :

- étudier les niveaux de consommation d'eau des abonnés dans onze centres classés performants dans les régions du Centre, du Sud, de l'Est et de Yaoundé agglomération[10] ;
- caractériser les tendances de ces consommations sur les neuf dernières années pour les différentes catégories d'abonnés (domestique privé, domestique collectif, industrie, commerce, gros consommateurs etc.), afin de mesurer l'impact réel du changement des habitudes de consommation;
- faire un aperçu sur la ville de Yaoundé, pour mieux percevoir cette dynamique à l'échelle des quartiers, ensuite faire une comparaison avec les données prévisionnelles des consommations spécifiques annoncées dans l'étude du PDHUPC ;
- étudier les habitudes de consommation d'eau des abonnés ayant résidés dans une zone particulière (quartier privé d'eau ou proche d'un puits /forage);
- construire un modèle prévisionnel de l'évolution de ces consommations au cours des prochaines années.

4. Hypothèses

Pour réaliser ces travaux, deux hypothèses ont été émises à savoir :

- les abonnés (ménages, administrations, industriels) victimes de surfacturation sortent du

[9] Article 24 du contrat d'affermage - Rendement de réseau.
Le taux de rendement cible annuel est modulé comme suit, sur la base des indicateurs de performance de la distribution obtenus avant la date d'échéance de la réforme structurelle survenue dans le secteur : $\eta'_{f,n} = (\eta'_{f,o} + 0{,}01)$, pour n égal à la première année passée en contrat d'affermage (2007) et $\eta'_{f,o}$, la valeur initiale du rendement correspondant à cette même année(0.73). En 2016, la model d'estimation évalue ce taux à 82%.

[10] Nous rappelons qu'un centre performant dans le cadre de cette étude est un centre où la demande en eau des populations est entièrement satisfaite. La formule de calcul hydraulique utilisée pour procéder à la classification de ces centres est précisée dans la deuxième partie de ce mémoire.

système de régulation légale pour se lancer dans des réseaux frauduleux en connivence avec les agents en charge de la relève à leur compteur d'eau. Ainsi ce basculement aurait déclenché une baisse d'ensemble des volumes de consommation comptabilisés par l'opérateur;

- la politique sociale de branchements initiée par le Gouvernement Camerounais après la réforme structurelle de 2005 a contribué au raccordement massif de nombreux ménages à faibles revenus. Cependant le service public d'eau qui s'est dégradé au fil des ans aurait certainement contraint plusieurs ménages abonnés à avoir recours à d'autres sources d'eau alternatives comme les puits ou les forages. Ce qui aurait induit à la baisse des volumes d'eau globaux consommés par ces abonnés.

5. Intérêt de l'étude

La présente étude a un double intérêt théorique et pratique : elle nous permettra d'une part d'assimiler les notions et les grands concepts en sciences économiques, et de nous familiariser à l'environnement des statistiques qui s'appliquent à ce domaine, par la prise en main des logiciels dédiés à ce genre d'analyses; d'autre part, elle permettra certainement à la CAMWATER dorénavant responsable autant de la gestion des infrastructures d'eau que de leur exploitation, de mieux caractériser les abonnés qui adoptent de nouvelles habitudes de consommations, mais surtout de considérer leur changement dans les stratégies de la gouvernance sectorielle qu'elle pourra envisager.

6. Méthode et articulation du mémoire

La méthodologie de travail a été essentiellement adossée sur des analyses et des tests statistiques. Les données que nous avons exploitées ont été collectées auprès de trois institutions publiques distinctes: la CAMWATER, qui a mis naturellement à notre disposition deux bases de données qui couvrent la période allant de 2009 à 2017: il s'agit d'une part des données de *reporting* sur les activités de l'exploitation, agrégées par région (capacité de production, rendement de distribution, consommation d'eau spécifique etc.) ; d'autre part, des données de fichiers de facturation qui retracent l'historique des consommations d'eau mensuelles des abonnés dans chaque ville, ceci pour un panel de 62 474 abonnés ; L'Institut National de la Statistique (INS) qui a disposé des données d'enquêtes auprès des Ménages de 2013 et 2014 (ECAM 3 et ECAM 4) et des données de recensement général de la population de 2010; enfin, la Communauté Urbaine de Yaoundé (CUY) qui a pourvu des données de développement urbain des quartiers de la métropole de Yaoundé et environs. Les documents transmis à cet effet sont des rapports de planification urbaine, des schémas d'aménagement, des Plan d'Occupation de Sol (POS), des Plan Locaux d'Urbanisme (PLU), et des plans de quartier. Tous ces documents officiels renseignent sur le découpage administratif des différents quartiers urbains et périurbains de la ville de Yaoundé, leurs dénominations (en fonction de la typologie, de l'âge et des activités installées), ainsi que leur évolution dynamique future.

Sept grandes parties structurent ce mémoire. La première situe le cadre général des activités de stage. La deuxième reprend brièvement les enjeux existant dans le secteur de l'eau potable au Cameroun, à partir d'un bref diagnostic. La troisième partie relate en substance la littérature grise qui concerne les études relatives à la consommation d'eau en Afrique Subsaharienne, et au Cameroun en particulier, afin de mieux positionner la question de recherche. La quatrième section décrit le matériel utilisé et les méthodes mobilisées, pour expliquer les facteurs chronologiques de la baisse des consommations d'eau, sans toutefois omettre de décrire les difficultés apparues dans leur mise en œuvre, puis les solutions palliatives adoptées. En toute logique il s'en suivra l'exposition des résultats obtenus à l'issu des analyses. En dernier lieu, nous discuterons de la pertinence des résultats et leur valeur ajoutée sur le plan opérationnel ; puis dans le champ scientifique auquel l'étude s'applique ; avant de conclure et de formuler des perspectives.

1. CADRAGE DES ACTIVITES DE STAGE

Le stage s'est déroulé pendant cinq mois dans deux institutions publiques : d'une part, à la Cameroon Water Utilities Corporation (CAMWATER) qui se charge de l'alimentation en eau potable des populations en milieu urbain et périurbain; par la suite à mi-parcours, au Centre d'Etudes et de Recherche en Economie et Gestion (CEREG) qui est un établissement public académique spécialisé dans la recherche scientifique appliquée aux sciences économiques et de gestion. Dans l'ensemble, les activités menées à la CAMWATER ont permis de recadrer les missions de stage, au travers des échanges et entretiens fructueux tenus avec les différents responsables qui ont émis leurs attentes. Par ailleurs, y ont été conduit des travaux de collecte des données auprès de cinq agences commerciales responsables de la facturation. Parmi ces agences, quatre se trouvent dans la région de Yaoundé Agglomération et une dans la région du Centre Sud et Est à Mbalmayo, à proximité de la ville de Yaoundé. Au CEREG, les activités ont porté sur la finalisation de la revue de littérature déjà entamée en France. De même, les ressources documentaires et autres ouvrages scientifiques en économie et en statistique disponibles dans ce centre ont été consultés pour guider nos choix méthodiques et approches analytiques.

D'entrée de jeu dans cette première partie du mémoire, nous reprendrons succinctement les missions affectées à chacune des structures d'accueil, ainsi que leurs objectifs respectifs; ensuite, nous présenterons sous forme d'un diagramme, le processus de déroulement des activités du stage, en prenant le soin à chaque fois d'énumérer les tâches qui ont permis d'atteindre les objectifs de l'étude.

1.1. Présentation des structures d'accueil

1.1.1. Missions et organisations de la CAMWATER

Suite à la réforme structurelle qui survient en 2005 dans le secteur de l'hydraulique urbaine et périurbaine, la CAMWATER est créée en tant qu'entité publique, garante pour le compte de l'Etat, de la gestion des biens et des droits affectés au service public de l'eau potable en milieu urbain et périurbain. Dans cette posture, ses mission se résument à [11]:

- la planification, la réalisation des études, la maîtrise d'ouvrage, la recherche et la gestion des financements pour l'ensemble des infrastructures et ouvrages nécessaires au captage, à la production, au transport et au stockage, à la distribution de l'eau potable;
- la construction, la maintenance et la gestion des infrastructures ;
- au contrôle de la qualité de l'exploitation ;
- l'information et la sensibilisation des usagers du service public de l'eau potable et de celui de l'assainissement liquide en milieu urbain et périurbain.

Au regard de ces attributions, l'entreprise concessionnaire est responsable du suivi des indicateurs qui caractérisent les activités d'exploitations du service, à travers des exercices de reporting qu'elle exerce auprès de la société fermière (CDE). Parmi ces indicateurs qu'elle contrôle en permanence, la consommation d'eau est élémentaire dans la prévision de la demande d'eau des populations locales. Une bonne connaissance du signe d'évolution de cette variable optimiserait alors la planification des ouvrages à mettre en place pour améliorer les conditions d'accès à l'eau potable.

Depuis la date du 01 mai 2018, des nouveaux changements sont survenus dans le sous-secteur de l'eau potable au Cameroun. Ils ont conduit à la modification du statut organisationnelle de la CAMWATER, qui désormais se retrouve en charge autant des activités de gestion que d'exploitation des ouvrages hydrauliques. Les missions adjacentes qui lui ont été assignées sont[12] :

- l'exploitation des moyens de production, de transport et de distribution de l'eau potable;
- la production, le transport et la distribution de l'eau potable;
- l'entretien des infrastructures de traitement de l'eau et des activités liées à la fonction commerciale notamment, le relevé, la facturation et l'encaissement des recettes.

[11] Lettre de politique sectorielle de l'hydraulique urbaine et périurbaine du Cameroun, 13 avril 2007.
[12] DECRET N° 2018/44 du 20 février 2018 portant réorganisation de la Cameroon Water Utilities Corporation.

Ces nouvelles attributions démontrent l'intérêt du délégataire d'avoir une bonne maitrise des habitudes de consommation d'eau passées des abonnés dont elle aura la charge ; afin de mieux estimer les potentiels de hausse ou de baisse de ces consommations qui résulteraient du choix de l'application d'une model politique actif d'économie ou de rang sociale.

Bien que la transition ait été juridiquement prononcée depuis le mois de mai, les documents physiques qui présentent la nouvelle organisation structurelle de l'entreprise ne sont pas encore disponibles. De fait, nous n'allons pas davantage arguer sur les dispositions organisationnelles de la *nouvelle CAMWATER*. En revanche, nous présentons en **annexe A**, l'organigramme détaillé qui régit l'organisation de l'entreprise sous l'ancien régime de concession.

Dans sa configuration classique, la société comprend une direction générale à laquelle sont rattachées des agences régionales. La direction générale comporte plusieurs divisions qui ont chacune des missions assez spécifiques. Parmi elles, il y'a la Direction du Contrôle des Exploitations (DCE) qui assure la liaison avec la société exploitante CDE, en vérifiant la qualité et la traçabilité des chiffres de rendement qu'elle lui communique. Par ailleurs elle s'investi dans l'édition des tableaux de bord afin d'avoir un aperçu global sur la qualité du service de distribution d'eau fourni aux abonnés (fréquence des coupures, mesure de rationnement etc.).

La répartition régionale de la CAMWATER ne concorde pas avec le découpage administratif des régions du Cameroun. A cet effet il y'a sept directions régionales qui ont été mises en place à savoir la direction régionale de Yaoundé Agglomération (DRYA) qui couvre les villes de Yaoundé, Mbankomo et de Soa; celle de Douala Agglomération (DRDA) qui couvre la communauté urbaine de Douala, et quelques villes avoisinantes ; la direction régionale du grand Nord (DRGN) ; de l'Ouest (DRO) ; du Nord-Ouest (DRNO) ; du Sud-Ouest (DRSO) et du Littoral (DRL). Le détail des prérogatives de ces différentes directions régionales figure en **annexe B** du mémoire**.**

1.1.2. Les attributions du CEREG

Le CEREG a été créé en avril 2000 par arrêté du Ministre de l'Enseignement Supérieur[13] dans le but de constituer un cadre d'échange, de réflexion, de production, et d'action au sein duquel, les enseignants chercheurs (nationaux et internationaux) mènent leurs travaux, en transmettant leur savoir, savoir-faire, et en partageant aussi des expériences. Les missions assignées à ce centre sont :

- d'assurer et promouvoir la recherche scientifique, fondamentale et appliquée dans le domaine des Sciences Economiques et de Gestion ;
- de fournir une expertise de qualité dans les dits domaines ;
- de développer la coopération nationale et internationale avec les institutions publiques et privées, les opérateurs économiques, et les partenaires au développement.

En outre, la mise en œuvre des politiques économiques dans le secteur de l'eau étant tributaire des perspectives économiques, les questions de recherche s'intéressent également à la définition des instruments et des mesures d'incitation économique (tarification, quotas de l'eau…) qui peuvent aider les entreprises publiques à sortir de l'endettement, puis d'atteindre l'autonomie financière.

Rattaché à la faculté des Sciences Économiques et de Gestion (FSEG) de l'université Yaoundé II-Soa, il est situé à son campus annexe de Ngoa-Ekelle, implanté au sein de l'université de Yaoundé I. Y sont affiliés, des chercheurs de droit et des chercheurs par admission[14]. Le personnel compte trois personnes ressources dont un directeur chargé de la coordination des activités y afférentes ; un directeur adjoint ; et un doctorant assistant, chargé de la gestion des emprunts des documents scientifiques archivés dans le centre. Le CEREG travaille en étroite collaboration avec des équipes de cinq laboratoires de la FSEG regroupés selon sept axes thématiques prioritaires. Parmi elles, l'équipe

[13] Arrêté N°00/0025/MINESUP/SG/DPRC/CJ

[14] Sont considérés comme des chercheurs de droit, les enseignants des FSEG nationaux, les étudiants en PhD collaboratif, les experts/consultants ; les enseignants /chercheurs en partenariat avec le CEREG dans le cadre de la réalisation des projets de recherche, ou de consultance.
Les chercheurs par admission sont des enseignants/chercheurs des universités étrangères, des professionnels et experts divers; des étudiants du niveau Master au moins des établissements des universités d'Etat et des universités étrangères.

du laboratoire à laquelle appartient l'un de nos encadrants le Dr Nlom, qui développe des études en économie de développement rural, de l'agroalimentaire et de l'environnement, face aux effets du changement climatique.

1.2. Appropriation du thème de stage

Cette partie relate le déroulement des activités et des tâches qui ont été accomplies pour atteindre les objectifs de l'étude. Le travail attendu de notre part au terme de ce stage était d'étudier en premier lieu les niveaux de consommation d'eau des abonnés dans les centres performants urbains et périurbains gérés par la CAMWATER. Ensuite de caractériser leurs tendances sur les neuf dernières années écoulées. Enfin, de concevoir un model prédictif d'évolution de cette consommation afin d'optimiser la planification des investissements postérieurs.

Le planning détaillé de déroulement des activités de stage, ainsi que des tâches y afférentes sont consignés **annexe C** du mémoire**.**

2. ENVIRONNEMENT SECTORIEL DE L'EAU POTABLE AU CAMEROUN

Cette partie dresse un état des lieux du secteur de l'eau potable au Cameroun. Tour à tour, elle aborde la présentation des différentes institutions et structures concernées par la gestion du service public d'eau potable respectivement en milieu urbain et rural. Ensuite elle développe une analyse critique des enjeux de la reforme sectorielle de 2005, à partir des extraits de rapports d'études et des documents de planification stratégique qui encadrent le secteur. Enfin, elle identifie certaines contraintes opérationnelles auxquelles les acteurs du secteur de l'eau potable en milieu urbain et péri-urbains sont confrontés au Cameroun.

Les différentes sections qui structurent cette grande partie sont reprises en détail dans **l'annexe D** du tome II qui est dédiée à la présentation des parties annexes du mémoire.

Cependant ce qu'il faudrait retenir en quintessence de cette partie est que les politiques mises en œuvre pour améliorer les conditions d'accès à l'eau potable des populations camerounaises au cours de cette dernière décennie présentent des forces et certaines faiblesses. **S'agissant des points forts, les chiffres ont laissé parler d'eux même par une amélioration nette du niveau de la desserte en eau (+11%) perçue depuis l'année de la réforme structurelle de 2005. Seulement, ces progrès ne sont pas équitables dans toutes les régions à cause des disparités qui existent en matière de fourniture du service, particulièrement dans les régions administratives du Centre du Sud et de l'Est. En effet dans la plupart des villes de ces régions, le niveau de desserte se situe en dessous de la moyenne nationale actuelle qui est de 23%.** Ce qui pourrait sans doute expliquer le détournement massif des abonnés de ces régions du service d'eau proposé par la CAMWATER, en faveur de l'utilisation des sources d'eau non conventionnées (rivières, sources et puits non protégés …) ou encore des forages. Nous allons tenter d'affiner la compréhension de ces facteurs qui entrainent la baisse des consommations dans dix villes performantes de ces régions. A partir des calculs hydrauliques, nous avons pu identifier ces villes excédentaires en eau.

Ainsi une bonne compréhension du phénomène devra permettre à l'opérateur de définir des mesures nouvelles afin d'optimiser non seulement la planification des investissements, mais aussi le développement des infrastructures d'eau nécessaires aux différents horizons pour satisfaire la demande dans les centres. Ceci d'autant plus que nous avons relevé une baisse des volumes d'eau consommés de moins 19,2 l/jr/pers, entre la consommation d'eau spécifique des abonnés de 2017, et les prévisions du plan directeur.

La partie suivante exposera le cadre physique et humain des centres qui définissent la zone d'étude.

3. CADRE PHYSIQUE ET HUMAIN DES ZONES D'ETUDE

Le périmètre d'intervention régional de la CAMWATER ne correspond pas au découpage administratif des régions du Cameroun comme nous l'avons déjà si bien précisé dans la section qui résume les missions et attributions de l'entreprise. C'est cette accointance qui amène à considérer certaines grandes communautés urbaines comme des agences régionales CAMWATER. Pour notre cas d'étude, nous allons nous intéresser aux agences régionales de Yaoundé Agglomération et du Centre Sud Est. L'agence de Yaoundé couvre les villes périurbaines de Soa et de Mbankomo qui lui sont voisines. Dans cette partie, il sera question de présenter le cadre physique et humain des villes excédentaires en eau dans ces deux directions régionales.

3.1. Yaoundé Agglomération

Yaoundé est surnommée la ville aux sept collines. C'est la capitale politique du Cameroun depuis 1909. Elle abrite près de 2 millions d'habitants et la plupart des institutions les plus importantes du Cameroun. Chef-lieu de la Région du Centre et du département du Mfoundi, elle est depuis 1987 une communauté urbaine qui compte aujourd'hui 7 communes d'arrondissement. Située à environ 250 km de la côte de l'océan Atlantique et à la lisière nord de la grande forêt sud camerounaise, la ville s'étend sur 304 km². Implantée sur un réseau de collines dominées par les monts Mbam Minkom (1 295 m), Nkolodom (1 221 m) ou Eloumden (1 159 m), Yaoundé présente un relief très accidenté et est soumise à un climat de type équatorial guinéen classique : précipitations régulières et abondantes (1 600 mm par an), amplitude thermique annuelle faible (2,4°C).

Photo 1:Vue panoramique du centre-ville de Yaoundé (*Source : internet, Wikipedia.org)*

Elle est avant tout une ville tertiaire, abritant ministères et administrations centrales.
Elle est aussi le siège des grandes universités Camerounaises telles Yaoundé 1, à laquelle sont rattachées plusieurs écoles supérieures (Polytechnique, ENS…) et plusieurs établissements d'enseignement supérieur (UCAC, UPAC, ISSEA, Ndi Samba, Institut Siantou,…). Elle compte de très nombreux établissements secondaires publics ou privés, une multitude d'écoles primaires et maternelles, une trentaine d'hôpitaux et cliniques…
On recense également des industries de brasseries, scieries, menuiseries, tabac, papeteries, mécanique et matériaux de construction.
Une des caractéristiques de cette ville est son expansion désordonnée. Les différents quartiers, sont disséminés de manière anarchiques et laissent une place importante à la végétation dans les bas-fonds : Yaoundé est en effet traversée par de petits cours d'eau (les rivières Mfoundi, Biyeme, Mefou…) et, près du centre administratif, se trouve le Lac Central.
À une vingtaine de kilomètre au nord de la communauté urbaine de Yaoundé, dans le département de la Méfou et Akono, se trouve la ville de Mbankomo. La commune qui existe depuis le décret n° 59/44 du 17/06/1959 s'étale sur une superficie de 1 300 km². Elle entourée au Nord par les communes d'Okola, de Lobo et la ville de Yaoundé. A l'Ouest, par la commune de Matomb et au Sud par les communes de Ngoumou et Bikok ; enfin à l'Est par la commune de Mfou. La population résidente et saisonnière est évaluée à 25 habitants. De manière générale, l'habitat est groupé dans les zones rurale et urbaine. Ce qui traduit une volonté manifeste pour les populations de vivre ensemble. Les principaux matériaux de construction utilisés sont la terre, les briques ou blocs de terre, les parpaings, le ciment, les planches, le raphia, la paille et les tôles ondulées en aluminium. Quel que soit le type de matériaux utilisé, les maisons sont construites selon les mêmes standards à savoir : forme rectangulaire ou carré et assez spacieuse. Le ménage est généralement constitué de 02 bâtiments. L'un sert de salle

d'accueil et l'autre de salle de séjour. D'autres compartiments servent de cuisine et de magasins. Ces bâtiments sont majoritairement construits en matériaux provisoires et présentent une configuration rectangulaire. En ce qui concerne les accessoires, on note une rareté de latrines aménagées dans la Commune. Les principales activités économiques de la localité comprennent l'agriculture, le petit commerce et l'exploitation artisanale du bois et du sable. L'agriculture occupe une 90 à 95% de la population active, tandis que les autres activités demeurent faiblement représentées.

Plus loin à une trentaine de kilomètres de la ville se trouve la commune de Soa située dans le département de la Mefou & Afamba, dans la région du Centre. Couvrant une superficie de 326 km2, elle abrite environ 31.000 habitants permanents, dont près de la moitié sont des étudiants. Elle comprend le centre urbain et quatre groupements : Ebang (4 villages), Mbendé (la zone urbaine et 9 villages), Ngali (6 villages) et Touessong (14 villages). Ville universitaire, elle est le siège de l'Université Yaoundé II (Faculté de Science Juridique & Politique, et Faculté des Sciences Juridiques & de Gestion) et a vu s'installer plusieurs instituts et établissements d'enseignement supérieur (ENIET, ESSTIC, IFORD, IPAGUI, IRIC…); elle compte en outre des écoles maternelles, écoles primaires, 1 lycée d'enseignement général, 2 CES, 2 collèges privés, 1 SAR/SM.

En ce qui concerne les infrastructures de santé, Soa est équipée d'un hôpital, un dispensaire urbain, une clinique privée, deux GIC Santé, le Centre médico-social de l'Université, six centres de santé.

En outre, se sont implantées deux entreprises importantes : Fanfisa (transformation) et Sofamac (matériaux de construction).

Chacune de ces trois villes est approvisionnée par une station de production en eau. En dehors de la localité de Mbankomo où le captage se fait au moyen des forages, les deux autres villes sont alimentées par des ressources en eau de surface. Deux stations de production assurent la couverture de la ville de Yaoundé. L'une d'elle, la station d'Akomyada renforcent l'approvisionnement en eau de la ville voisine de Soa jusqu'au niveau de l'université.

Avec l'accroissement démographique de ces dernières décennies, et en particulier dans les quartiers défavorisés d'habitat spontané de la ville de Yaoundé, les infrastructures existantes ne répondent plus aux besoins de la population. L'exemple est perceptible avec le cas des infrastructures d'eau potable qui depuis un certain temps s'avèrent insuffisants en capacité pour assurer l'entière couverture des besoins en eau potable des populations. Ce qui entraine des coupures d'eau intempestives qui peuvent durer plus d'une semaine, et voir même dans certains arrondissements de la ville, comme à Yaoundé V plusieurs mois[15].

3.2. Centre-Sud-Est

Ces trois régions ont en commun leur géomorphologie et leur régime climatique de type équato-guinéen.

Elles sont toutes situées sur le plateau Sud-Camerounais, vaste pénéplaine dont l'attitude varie de 400 à 1 000 mètres, sauf pour les vallées de la Sanaga et de ses affluents, qui sont à une altitude d'environ 200 mètres. La géomorphologie est caractérisée par un relief de collines boisées, dont les plus élevées présentent un sommet dénudé et rocheux, séparées par de profondes vallées. Le point le plus élevé de la région est le Mbam Minkom, au nord-ouest de Yaoundé, qui culmine à 1.295 mètres.
Elles sont sous l'influence d'un régime climatique équatorial et tropical de transition à quatre saisons, avec une pluviométrie annuelle importante de 1 000 à 2 000 mm, les précipitations étant plus abondantes dans les zones méridionales, pouvant atteindre 2 500 mm dans les zones côtières, et diminuant vers le nord. Les saisons pluvieuses alternent avec les saisons sèches : la longue saison sèche débute l'année (Décembre à Mai), suivie de la petite saison des pluies (Mai-Juin), puis de la petite saison sèche (Juillet à Octobre); l'année se termine par la longue saison des pluies d'Octobre à Novembre. Dans le nord de la région, les périodes sèches peuvent durer jusqu'à quatre mois. Les températures sont relativement stables, avec une moyenne de 23°C à 26°C suivant la latitude et une

[15] Informations obtenues auprès du responsable de la distribution de l'agence Yaoundé Agglomération de CAMWATER (18/05/2018, 11h 20).

amplitude moyenne annuelle est de 2,4°C. La station climatologique de Batouri, à 656 m d'altitude, est assez représentative des tendances climatiques de la zone d'étude. Le couvert végétal est fortement conditionné par les influences climatiques mais aussi par la latitude.

❖ Région du Centre

La région du Centre est couverte d'une savane arborée, à l'exception des vallées, des rivières Djérem, Mbam et Noun, ainsi que de la zone frontalière avec la région Nord. Au sud, la plaine côtière et l'intérieur des terres des régions Est et Sud sont couverts d'épaisses forêts tropicales. C'est la deuxième du Cameroun en termes de superficie (68.953 km2). Elle abrite la capitale administrative du pays, Yaoundé, qui est aussi le chef-lieu régional et départemental. Le taux de naissances dans la région est assez élevé à cause de l'exode rural et l'attirance migratoire de la capitale, puissant centre de polarisation. En moins de 20 ans, la population de la région a doublé : passant de 1,65 millions d'habitants en 1987 (2ème RGPH), à environ 2.500.000 habitants en 2001 (estimations de l'INS). Puis, de 3.098.044 habitants en 2005 (3ème RGPH) et à 3.525.664 habitants en 2010 (projections de l'INS).

La région qui est marqué par un réseau hydrographique dense a permis le développement de grandes plantations de cacao (les départements de la Lékié et du Mbam sont les principaux producteurs de cacao du Cameroun), de canne à sucre, de tabac, et de palmier à huile. Mais on compte aussi de très nombreuses petites exploitations de subsistance. La région est constituée de dix départements tels que nous pouvons le percevoir sur la figure ci-dessus. La liste des départements et des villes qui nous intéressent dans le cadre de cette étude sont rappelées ci-après (**Tableau 1**).

Figure 1: Carte de localisation des départements de la région du Centre

***Source** : Institut Recherche et de Géologie Minière (IRG), 2008)*

Tableau 1 : Localités de la zone d'étude/ Région du Centre

Département	Ville	Population (hbts)*
Mbam et Inoubou	Bafia	55 506
	Ndikinimeki	17 462
Nyong et kelle	Eseka	23 242
	Matomb	11 512
Méfou et Afamba	Mfou	63 822
Lékié	Obala	78 929

*Source : *RGPH, 2005*

Quant à la région du Sud, elle est l'une des trois régions côtières du Cameroun. Elle est bordée à l'ouest par le Golfe de Guinée, au nord-ouest par la région Littoral, au nord par la région Centre, à l'est par la région Est, et au sud par la frontière avec trois pays limitrophes : la Guinée Equatoriale, le Gabon et le Congo. Elle est la quatrième du pays en superficie (47.191 km²) mais la moins peuplée : 373.798 habitants en 1987 (2ème RGPH), 534.900 habitants en 2001 (estimations INS), 634.655 habitants en 2005 (3ème RGPH) et 692.142 habitants en 2010 (projections de l'INS), dont 61% de ruraux.

L'attirance migratoire de la capitale régionale Ebolowa est ici aussi manifeste, puisqu'elle abrite près de 1/5 de la population de la région du Sud. Elle est reliée à Yaoundé par un axe routier bitumé de 168 km, aux frontières gabonaise et équato-guinéenne par un axe de 120 km, et à Kribi, sur l'océan Atlantique, par deux axes non revêtus, l'un de 160 km via Akom II et un autre de 180 km par Lolodorf. **Les centres performants que nous allons étudier dans cette région sont localisés dans les régions de l'Océan (Kribi et Campo) et du Dja et Lobo (Zoétélé).** Kribi est le chef-lieu du département de l'Océan. C'est l'une des stations balnéaires importantes du Cameroun à l'embouchure

de la rivière Kienké. Elle a connu un fort processus migratoire au début des années 1980 lors du bitumage de la RN7 Edéa-Kribi, accentué par l'implantation dans sa périphérie d'agro-industries (SOCOPALM, HEVECAM…). Terminus de l'oléoduc Tchad - Cameroun, la ville, dotée d'un aéroport, est en train de devenir un pôle économique d'importance avec la création d'un port en eau profonde et la construction à Mpogolowe de la plus grande centrale à gaz d'Afrique.

- **Région de l'Est**

La majorité du territoire de la région de l'Est, d'une superficie de 109 011 km², est couverte de forêts de type équatorial, répartie sur quatre départements. Le nombre total d'habitants de la région est passé de 517.198 (2ème RGPH de 1987) à 755.100 habitants en 2001 (estimations de l'INS). Puis de 771.755 habitants en 2005 (3ème RGPH) à 801.968 habitants en 2010 (projections de l'INS), dont 2/3 de ruraux. **Dans cette partie du Cameroun, c'est la ville de Bertoua qui nous intéresse. Elle est la capitale régionale, seul pôle urbain important de la zone.** Comme dans la région Sud, les chefs-lieux départements et centres urbanisés sont des villes de moyenne importance, telle la ville de Yokadouma sur laquelle nous allons nous attarder par la suite. Elle se trouve à plus de 300 km de la ville chef-lieu de région (Bertoua), et compte 21 091 habitants. Elle ne connaît une expansion que récemment grâce au développement de l'industrie forestière et la découverte de gisements d'or et de diamants. En effet la région qui abrite des sites d'exploitations minières de grandes importances au Cameroun est vulnérable à des risques de pollutions diffuses des eaux souterraines par des métalloïdes et autres substances métalliques lourdes purement toxiques. Ce qui expose les ménages qui s'approvisionnent au moyen des forages à des dangers sanitaires graves.

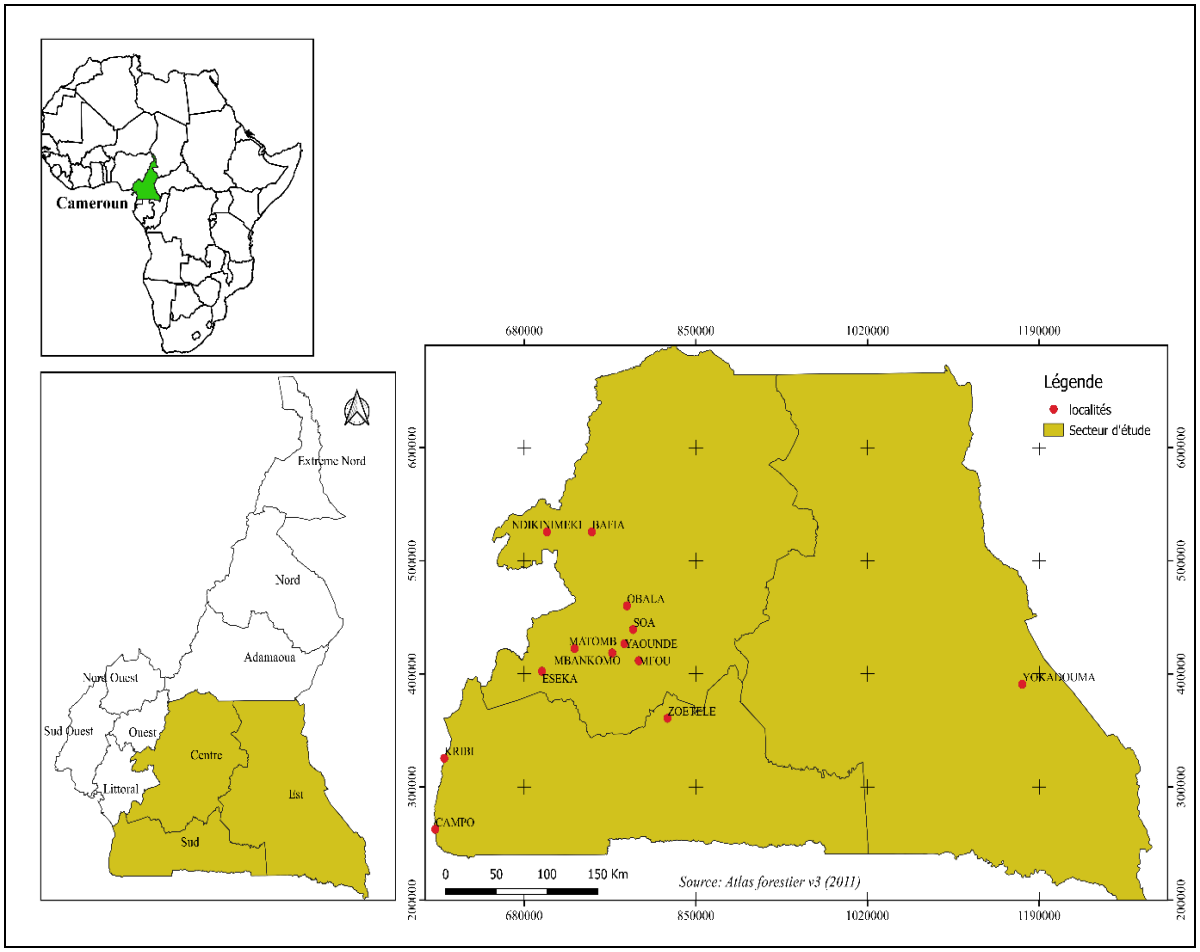


Figure 2: Localisation de la zone d'étude

4. REVUE DE LA LITTERARURE

Dans cette partie, nous allons reprendre en substance les travaux empiriques antérieurs qui ont étudié sur le thème de la demande d'eau dans des pays industrialisés et du Sud. Par ailleurs nous allons approfondir les connaissances sur les paramètres qui peuvent conduire à une baisse des consommations d'eau des abonnés domestiques, puisque c'est précisément cet aspect que nous analysons dans ce cas d'étude. Toutes ces notions scientifiques nous permettront de mieux positionner les questions et hypothèses qu'on se pose dans le cadre de ce travail.

4.1. Fondement des études de la demande en eau dans les pays développés

En gestion des services d'eau, le terme « demande en eau » renvoie à la quantité d'eau à mettre en distribution pour couvrir l'ensemble des besoins en eau journalier d'une population en tenant compte des pertes d'eau dans le réseau. Au sens strict de la théorie économique, la « demande d'eau » est un ensemble de besoins exprimés par une population de façon subjective car, il lui est possible de définir ses priorités tant en matière de consommation que de solvabilité (priorités budgétaires)[16]. Les premières études de la fonction de demande en eau domestique remontent à la fin des années 1960. Les articles fondateurs de cette littérature sont ceux des auteurs d'origine américaine. Il s'agit de Gottlieb (1963), Howe et Linaweaver (1967). Les éléments qui déclenchent ce type de recherche sont le manque de la ressource en eau, la surconsommation, la multiplication des périodes de sècheresse, ainsi que la curiosité scientifique. En France, l'intérêt d'une approche microéconomique de la demande en eau fait suite aux changements des comportements des abonnés à la suite d'une augmentation du prix de l'eau. Elle a pour avantage d'analyser les comportements de maximisation de l'utilité à l'échelle du consommateur. Son objectif vise à expliquer la consommation d'eau des abonnés domestiques par un ensemble de variables tarifaires (prix, grille tarifaire) et non tarifaires (socioéconomiques, climatique, politique de gestion). Certains débats sur ces facteurs explicatifs ont eu ont lieu. En particulier, la question porte sur le type de prix auquel le consommateur est sensible : est-ce le prix moyen ou le prix marginal (Binet et al. 2014) ? Mais également sur les techniques d'estimations des fonctions de demande en eau par les ménages (Jones et Morris (Céline Nauges et Reynaud 2001) ; Nieswiadomy et Molina (1989 *in* Nauges et Reynaud, 2001) Moffit (1990 *in* Nauges et Reynaud, 2001).

4.2. Etude de la demande en eau dans les pays en développement : déterminants d'une composante principale, la consommation d'eau

Dans les pays en développement, les enjeux pour réaliser de telles études sont différents. En effet, les disparités sociales font qu'il existe des niveaux de pauvreté extrême qui conduisent à distinguer trois groupes de ménages dans les villes urbaines et les zones périurbaines (C. Nauges et Whittington 2010) :

- En premier lieu, on a des ménages à revenu mensuel compris dans la fourchette de 150-400 dollars américains. Cette catégorie peut s'offrir des services d'eau potable modernes à domicile. Mais pour plusieurs, l'augmentation du niveau de vie entrainera une hausse des revenus, puis créera une demande supplémentaire du service modernes d'approvisionnement en eau. Ce qui fera pression sur le gouvernement qui devra s'adapter à ces changements, en s'assurant que de bien meilleurs services leur sont fournis ;
- Ensuite, la classe des ménages qui vivent dans les bidonvilles en expansion des villes. Leur revenu moyen est inférieur à 150 dollars américains par mois. Beaucoup d'entre eux ne sont pas encore raccordés au réseau d'eau. Par ailleurs, les ¾ sont éparpillés dans leurs habitudes de consommation d'eau, car ils se rabattent presque tous vers des ressources en eau alternatives (puits, forages, rivières…), auxquelles ils ont un accès facile. Pour faciliter l'accès au service moderne à ce type d'abonné, le défi de l'opérateur consiste à concevoir des tarifs et des subventions afin que les besoins de base de tous puissent être satisfaits. Seulement, il importe

[16]pdm_ps_eau_smc_guide_3_analyser_la_demande_des_usagers_et_futurs_usagers_des_services_d_eau_et_d_assainissement_dans_les_villes_africaines_2011.pdf.

d'avoir une meilleure compréhension des facteurs qui déterminent la source d'eau des ménages, d'autant plus que les revenus de beaucoup sont susceptibles d'évoluer dans le temps. Face à ces incertitudes, les options de services, ainsi que les offres tarifaires pour ces cibles défavorisées ne devraient pas l'être pendant bien longtemps.

- Enfin une dernière catégorie d'abonnés domestiques qui réside en zone rurale, dont le revenu moyen n'excède pas 1 USD par personne et par jour. Pour la majorité de ces personnes, le service d'eau potable est prohibitif. Les projets dans ces villages connaissent une longue histoire d'échec ; la plupart des ouvrages construits sont tombés en ruine, soit parce que la technologie développée ne correspondait pas aux attentes de la population, ou alors les moyens financiers provenant du règlement des factures d'eau étaient largement insuffisants pour effectuer les travaux de base comme la maintenance de ces ouvrages.

Ce sont tous ces facteurs hétérogènes qui rendent complexes les études de la fonction demande d'eau dans les pays en développement. Les premiers auteurs de cette littérature sont White (1972) et Katzman (1977). Par la suite, dans les années 90, dans un contexte de lancement de nombreux programmes d'investissements pour l'extension des réseaux de distribution d'eau potable, de nombreuses enquêtes d'évaluation contingente ont été menées (Huissier et al., 1998). Elles visaient à mesurer la faisabilité des projets en testant la capacité des populations à payer un accès et un prix de l'eau permettant le recouvrement des coûts, surtout lorsque ces projets prévoyaient l'engagement d'opérateurs privés. Les limites soulevées par ces différents travaux sont liées au choix diversifié du mode d'alimentation en eau des populations qui ont la possibilité de satisfaire leur besoins en ayant recours aux ressources alternatives en plus des branchements domiciliaires qui leur sont attribués (les puits publics ou privés, robinets, vendeurs d'eau ou revendeurs, camions citernes, eau fournie par les voisins, eau de pluie). Ainsi, les conditions d'accès à l'eau peuvent varier considérablement d'un ménage à l'autre. C'est le cas dans les tissus urbains de grandes villes des pays en développement comme le Cameroun où les réseaux canalisés sont généralement communs, mais beaucoup de gens préfèrent ne pas être raccordés pour diverses raisons. Quand bien même ils le sont, ils peuvent utiliser une variété d'autres sources d'eau. Dans les bidonvilles urbains, cette tendance persiste. En effet, les ménages peuvent très bien être branchés au réseau, mais en parallèle exploiter une grande variété de sources d'eau alternatives. Dans les zones rurales pauvres, les réseaux de distribution avec des connexions privées sont une exception.

Trois approches fondamentales ont été développées par les chercheurs pour estimer la fonction de demande en eau dans les pays en développement : la première est l'estimation de la demande (inconditionnelle) d'eau pour les ménages qui s'approvisionnent par le moyen d'une seule source d'eau (Rizaiza (1991 *in* (C. Nauges et Whittington 2010) ; ensuite, l'analyse discrète du choix de la source ; enfin, la combinaison du modèle de choix au modèle d'utilisation de l'eau conditionnel au choix de la source. Ces deux dernières approches sont surtout indiquées lorsque l'étude porte sur un échantillon de ménages ayant le choix du mode d'approvisionnement en eau.

En pratique, l'estimation de la fonction demande en eau consistent à expliquer la quantité d'eau consommée par un ensemble de variables tarifaires (prix) et non tarifaires (climatiques, socio-économiques, politiques de gestion) comme nous l'avons déjà évoqué supra. D'où l'intérêt de suivre en permanence l'évolution chronologique des niveaux de consommation d'eau, afin de tirer des résultats plus crédibles des modèles de demande en eau représentés. En effet, très peu de travaux scientifiques ont tenté d'expliquer les paramètres qui influencent sur la consommation d'eau dans les pays dit du sud. Or, c'est une variable extrêmement sensible aux mécanismes tarifaires et mesures d'incitations que peuvent entreprendre l'opérateur du service d'eau pour l'optimisation de ses performances. Quelques cas d'études présentent une certaine hétérogénéité des conditions d'accès à l'eau dans les PMA. C'est le cas du Cambodge où une étude portant sur un groupe de sept villes de province a montré que les consommations d'eau se rapprochent de 72 litres par habitant et par jour (Basani et al., 2008). A Madagascar, la quantité d'eau tend vers 88 l/jr/hbt (Larson et al., 2006). Au Vietnam et en Indonésie elles sont un peu plus élevées, puisqu'elles avoisinent respectivement les 120 l/jr/hbt dans la ville de Buon Ma Thuot et 130l/jr /hbt à Salatiga (Rietveld et al., 2000). Quand on compare ces valeurs avec la consommation d'eau d'une famille canadienne (329 litres) (Université McGill, 2018), ou européenne (165 litres), on s'aperçoit qu'elles sont relativement faibles. Selon les

attributions de l'OMS, cela signifie qu'un ménage en pays du sud peut à peine combler ses besoins vitaux (Guy Howard et Jamie Bartram, 2003). En revanche, ces moyennes de consommation d'eau masquent de fortes disparités territoriales qu'on retrouve selon les échelles d'étude. Quelques types de paramètres que la littérature illustre pour tenter d'expliquer la variation des consommations d'eau des ménages dans les PMA sont :

Le mode d'alimentation en eau du ménage : En effet, plusieurs chercheurs s'accordent au fait qu'un ménage raccordé par branchement domiciliaire consomme une quantité d'eau en moyenne plus élevée qu'un ménage qui s'approvisionne par borne fontaine ou alors celui qui a recours au revendeur d'eau. Ils estiment que le taux de consommation journalier moyen par personne qui s'alimente à partir d'un robinet situé dans la cour est d'au moins 30 % inférieur à ce qu'elle serait si le robinet était dans la maison. À Santa Ana, Sonsonate et San Miguel (El Salvador) et Tegucigalpa (Honduras) montrent que les ménages non connectés qui dépendent des robinets publics à l'extérieur de la maison consomment en moyenne 25 l/jr/hbt, alors que les ménages utilisant un branchement privé consomment en moyenne 110 l/jr/hbt (Nauges et Strand, 2007). Dans le cadre du programme de recherches BURGEAP/CEGRENE, les consommations d'eau ont été modélisées à des bornes fontaines au niveau de quelques petits centres en Afrique de l'Ouest. Il ressort qu'un accès difficile aux ressources alternatives (puits, rivière, lac, oued, …) augmente de façon significative la quantité d'eau consommée au niveau des bornes fontaines. De plus, ce volume tend à augmenter avec la densification des bornes fontaines qui se retrouvent positionnées à une équidistance de 50 m en moyenne les unes par rapport aux autres. Les consommations à ces points d'eau dans l'ensemble progressent de 22 l/jr/hbt à 25 l/jr/hbt, parce que la plupart des usagers y ont recours pour combler leurs besoins en eau. Cette tendance s'observe également en saison sèche, en l'absence des ressources alternatives où le débit d'eau baisse, ce qui emmène les usagers à se rendre à la borne fontaine pour combler leurs besoins non seulement vitaux, mais aussi courants (vaisselle, lessive, cuisine…). Cela traduit clairement l'impact que les facteurs climatiques pourraient avoir sur le changement des habitudes de consommations d'eau des abonnés qui s'approvisionnent par les bornes fontaines. Dans des conditions climat critique, quel serait l'attitude adoptée par les ménages raccordés au moyen des branchements privés? Une observation similaire reproduite sur les abonnés du service d'eau potable au Cameroun serait également intéressante, notamment sur les habitants dans la partie septentrionale où le climat est particulièrement aride sur plusieurs mois de l'année. Encore qu'aucune étude à notre connaissance ne s'y est pas attardée jusque-là. Rappelons que l'étude ressente menée par Nkengfack (2009) sur les déterminants de la consommation d'eau potable des ménages dans la ville de Yaoundé au Cameroun ne tient pas compte de ce paramètre.

Le lieu de résidence : En Guinée Conakry, (Bah et al., (2009) montre que la forme du quartier impacte aussi sur la consommation en eau spécifique des ménages selon le lieu de résidence. Il expose à travers ses résultats que les consommations des ménages dans un quartier structuré (153l/jr) sont supérieures à celles dans un quartier spontané (43l/jr) et ancien (31l/jr). Cela s'explique certainement par les usages diversifiés de l'eau dans ces quartiers de standing (arrosage des jardins, remplissage des piscines, lavage d'automobiles, etc.). Sur la même longueur d'idées, Nkengfack (2007) montre que le type matériau utilisé pour la construction du logement influence objectivement sur la quantité d'eau qu'un ménage pourrait envisagé de consommer. Ce résultat converge avec ceux obtenus dans plusieurs pays industrialisés (Nauges et Thomas, 2000). L'emplacement constitue alors un facteur qui soit tantôt est une condition nécessaire, tantôt un frein pour la consommation d'eau. C'est le cas des ménages mal branchés des quartiers précaires en Guinée Conakry qui peuvent utiliser peu d'eau potable pour diverses raisons : pression en eau faible au niveau des domiciles; partage de l'eau avec des voisins non branchés; manque de moyen financier pour se payer une plus grande quantité d'eau.

Les caractéristiques socioéconomiques du ménage: dans ce grand ensemble, les variables retenues comme déterminantes sont la taille du ménage ainsi que son statut de d'occupant dans sa résidence d'habitation. Dans le sens du premier paramètre, Nkengfack et al., (2017) montre qu'une naissance sur le territoire camerounais entraine un besoin en eau supplémentaire de 2,704220 m^3/an. Seulement, Nauges souligne dans ces travaux que la précision en vaut la peine, car si un foyer est composé en majorité d'enfants (moins de 15 ans), la tendance de baisse serait celle observée dans le temps. Ainsi, une famille qui compte plusieurs enfants consomme en moyenne moins d'eau par individu, toute

chose étant égale par ailleurs, du fait des économies d'échelle (Briand et al., 2010). Est-ce que ce facteur pourrait donc expliquer à lui seul la baisse des consommations d'eau au Cameroun ? Le niveau d'instruction du chef de ménage n'a pas été soulevé comme un paramètre déterminant dans la littérature. Encore moins le statut du locataire, pourtant dans plusieurs pays d'Afrique, il est de coutume pour le propriétaire de se substituer à l'opérateur du service en départageant le solde de la facture d'eau entre les différents locataires de sa résidence. Cette opération est très souvent entachée d'erreurs de la part des bailleurs qui reçoivent en retour de nombreuses plaintes des locataires insatisfaits du prix de la facture qu'ils doivent régler. A nos jours, le développement important de cette forme immobilière font qu'une analyse fine des consommations d'eau domestique permettrait effectivement d'appréhender les comportements des locataires qui selon notre avis, sont permanemment entrain d'envisager des mesures de rationnement d'eau.

la nature des équipements d'assainissement: pour les différents modes d'accès à l'eau (formels ou informels) il a été montré dans certaines villes d'Afrique de l'Ouest que la présence d'une latrine au sein d'une concession entraine une augmentation de la quantité d'eau de l'ordre d'un volume de 3 l/jr/hbt (nettoyage anal et dalle) en cas de latrines non améliorées ; et de 10 l /jr/hbt à chaque visite aux toilettes lorsqu'il y'a une chasse d'eau avec de l'eau courante. Ce facteur mériterait également d'être pris en compte dans les études au Cameroun en complément à la littérature existante.

Le niveau de revenu du ménage: Cette variable est assez complexe puisqu'elle est difficilement mesurable dans les pays africains. Ainsi, les auteurs se réfèrent très souvent à des variables qui traduisent le niveau des conditions de vie des membres du foyer (nombre de pièce interne du logement, équipement électro-ménagers etc.). Mais toujours est-il que ces techniques et les méthodes d'estimation des niveaux de richesses varient d'une étude à l'autre. En dépit des approches différentes, les études ont montré que les habitants qui ont un revenu faible consomment moins que ceux avec un revenu moyen ou encore élevé. La seule exception à noter concerne les ménages à faible revenu qui consomment une plus grande quantité d'eau redistribuée (l'eau la plus couteuse au litre) que les ménages à revenu moyen. Cela peut s'expliquer par le fait que la redistribution attire les ménages les plus démunis, qui n'arrivent pas à obtenir l'eau par branchement individuel et qui habitent loin d'une borne-fontaine. Au vu des revenus modestes que ces ménages gagnent quotidiennement pour du travail informel et irrégulier, ils ne peuvent se procurer, au jour le jour, que des quantités d'eau correspondant à la somme d'argent qu'ils ont en main. En général, ces ménages cherchent l'argent le matin et le dépensent dans l'après-midi. Les ménages à faibles revenus sont les principales victimes : car ils sont contraints de restreindre leur niveau de consommation et se retourner vers les sources d'eau alternatives beaucoup plus couteuses et douteuses. D'autres se retrouvent couper du réseau pour avoir manqué au règlement de la facture d'eau et donc se retournent vers les bornes fontaines ou des modes d'approvisionnement informels. Paradoxalement, c'est ce groupe de ménages à faible revenu qui payent cher pour accéder à l'eau. (Briand et Loyal, 2013).

Le prix de l'eau : Bah, Morin et Diallo (2009) décline le prix de vente de l'eau comme un facteur prohibitif de l'accès équitable à l'eau potable en Guinée Conakry. Il montre que le différentiel de prix qui existe entre les opérateurs du service public et les distributeurs d'eau influence proportionnellement les quantités d'eau consommées par les populations. Dans le sens où un foyer abonné au réseau public paye un prix de l'eau revenant à 1Fcfa le m^3, tandis que les ménages s'approvisionnant à la borne fontaine ou chez les distributeurs, payent respectivement deux fois et trois fois plus ce même prix. Cet écart de prix laisse percevoir certaines inégalités sociales que d'autres études on soulevées. En effet les ménages à faible revenus payent le service d'eau plus cher pour une consommation d'eau moindre, alors que les ménages aisés payent moins cher, pour des usages déraisonnés de l'eau potable (arrosage jardin, lavage de voiture). Une observation de ces usagers à revenus moyens et élevés en saison sèche permettrait de savoir si bien évidemment s'ils conservent le même rythme de consommation pour ces usages extérieurs. Par ailleurs, une il a été montré qu'une baisse du prix de l'eau de 3% entraine une augmentation du volume d'eau consommé de 2,5 l/jr/hbt (Bah (*op.cit.*)).

Le coût non pécuniaire et le temps d'attente au point d'eau: le cout pécuniaire évalue le temps alloué aux activités de collecte d'eau. Difficilement mesurable, il reflète l'effort physique fourni pour

le transport de l'eau par portage sur une longue distance dans des seaux, des bassines et des dames jeannes. Ce travail quotidien, réalisé par les femmes et les enfants, entraine une fatigue soutenue qui peut causer des handicaps sérieux. Ce temps est considéré comme du temps perdu pour les causeries et les disputes, dans l'attente du tour de puisage, que constituent les longues attentes aux points d'approvisionnement (surtout en période de pénurie). Mais pas uniquement, puisque c'est souvent des occasions de rencontre pour régler des litiges entre voisins, donc resserrer des liens. En Guinée Conakry, des estimations ont été faites sur le temps mis par un ménage pour la collecte de l'eau en tenant compte du type de quartier de résidence (restructuré, spontané et ancien) et du mode d'approvisionnement en eau (BP, BF, redistribution, eaux de surface). L'écart en temps moyen est de 25 minutes entre les ménages branchés et ceux d'un réseau de redistribution, de 19 minutes entre les ménages branchés et ceux utilisant les bornes fontaines et, enfin, de 42 minutes entre ces même ménages et ceux qui ont recours aux eaux de surface. Quand on s'intéresse au mode de branchement individuel, les ménages des quartiers spontanés mettent sept minutes à s'approvisionner, et les ménages des quartiers anciens, cinq minutes, comparativement à une minute pour ceux des quartiers restructurés. Ces encarts pourraient s'expliquer par le fait que les ménages branchés des quartiers anciens et spontanés utilisent une pompe qui se trouve dans une cour servant à plusieurs ménages de grande taille, tandis que les ménages branchés des quartiers restructurés s'approvisionnent au robinet installé dans leur maison. Par contre pour les ménages qui utilisent l'eau d'une borne-fontaine, ils se trouvent dans des quartiers anciens. Les études relatent que ces ménages ne mettent sensiblement 19 minutes pour trouver de l'eau, contre 30 minutes pour les ménages des quartiers spontanés où les bornes fontaines sont plus rares et donc souvent plus éloignées du domicile.

La qualité du service. La consommation des populations est souvent bridée par la mauvaise qualité du service aussi bien pour les BP que pour les BF : coupures, faible durée de la disponibilité quotidienne d'eau, insuffisante de la pression de l'eau quand elle est disponible. Ces facteurs ont souvent pour conséquence l'impossibilité pour les ménages de consommer autant d'eau qu'ils le souhaitent. Ils limitent la consommation des abonnés tout en libérant une demande d'eau non satisfaite, qui le restera aussi longtemps que la qualité du service ne sera pas améliorée. Il va de soi qu'un ménage desservi en eau de bonne qualité, de façon permanente aura une tendance à augmenter ses volumes d'eau au quotidien, comparativement à un autre qui subit des coupures d'eau permanentes ou alors collecte de l'eau à des basse pression quotidiennes. L'amélioration de la qualité du service d'eau demeure un véritable challenge pour de nombreuses sociétés d'eau dans les pays en développement. Très peu ont atteint ce niveau de performance où l'eau est distribuée en continue sans aucune formes de dérive. A Kinshasa en 2005, une forte corrélation entre le niveau de consommation à un branchement et les conditions de fonctionnement de ce dernier a été constatée. On s'est aperçu que quand le service est de bonne qualité avec une bonne pression les volumes débités s'élèvent à 34,4 m^3/mois/ménage, tandis que quand le service est discontinu et avec une faible pression, la consommation mensuelle est de 28 m^3. Au Cameroun, c'est la faible capacité de retenu des ouvrages de stockage d'eau journalier ainsi que les anomalies de fonctionnement sur le réseau (pertes de volume d'eau, fraude…) qui sont les causes principales de baisse des consommations d'eau.

En plus de tous ces facteurs d'évolution, les habitudes quotidiennes des ménages qu'on pourrait assimiler aux usages courants, tels le nombre de cuissons par jour, le nombre de bains corporels, et la fréquence du nombre de vaisselles sont aussi des types de paramètre qui influencent les quantités d'eau consommées. Ce qu'il faut savoir est que ces variables ne sont pas toutes significatives car, il y en a parmi qui ont fait l'objet d'une simple observation, sans toutes fois être testées. Dans nos investigations, nous avons certainement manqué de lire d'autres articles, mais nous avions en priorité de faire un état de l'art qui reprend les travaux empiriques conduit sur la thématique en Afrique Subsaharienne. Malheureusement, dans cette délimitation régionale, nous n'avons pas trouvé grand-chose en termes de publications scientifiques dans ce domaine. Ce qui a poussé à étendre les recherches dans l'ensemble des pays en développement. Le **Tableau 2** ci-après présente les ressources scientifiques qui ont permis d'enrichir nos connaissances dans la compréhension les déterminants de la consommation d'eau dans les pays en développement, précisément en Afrique Subsaharienne.

Tableau 2: Synthèse des paramètres qui déterminent le niveau de consommation d'eau des abonnés domestiques en Afrique Subsaharienne

Sources	Echelle des données	Facteurs et sens d'influence	Observations
Economics Analysis of determinants of Potable Water Consumption in Yaoundé and strategies for sustainaible management (Nkengfack et al., 2007)	Individuelle (500 ménages dans la ville de Yaoundé au Cameroun)	**Caractéristiques socioéconomiques :** Taille du ménage : +* Niveau d'instruction : NS** **Prix de l'eau : NS** **Standing du logement: +** **Position des robinets :** Intérieur maison : + Cour : -*** Voisin : -- **Type d'assainissement : +**	Toutes ces variables ont été testées à l'aide des méthodes et des techniques de régression linéaire. Quelques-unes ont été détectées comme ayant une influence significative sur le volume d'eau consommé. Il s'agit de : la taille du ménage ; la distance ; et le standing du logement. Le niveau d'instruction dans le cadre de cette étude influence la consommation sans toutefois être significatif.
The impact of tap connection on water use: the case of household water consumption in dakar, Senegal (Briand et al., 2010)	Individuelle (ville de Dakar au Sénégal)	**Caractéristiques socioéconomiques :** Taille du ménage : NS Nombre d'enfants : -- Bénéfices sanitaires attendus : + **Bénéfices sanitaires attendus : +**	Les variables collectées pour réaliser cette étude ont fait l'objet de tests statistiques. Le sens dans lequel elle impactent la consommation d'eau est matérialisée dans la cellule ci-contre. Nous remarquons bien là que le nombre d'enfant amène plutôt à faire des économies d'échelle.
Revue canadienne d'études du développement (Bah et al., 2011)	Individuelle (306 ménages en Guinée Conakry, Afrique de l'Ouest)	**Mode d'approvisionnement en eau :** Branchement particulier : + Borne fontaine : - Redistribution de l'eau : -- **Prix de l'eau : -** **Revenu : +** **Emplacement :** Quartiers restructurés : + Quartiers anciens : - Quartiers spontanés : -- **Couts non pécuniaires : -** **Temps d'attente : -**	Les variables listés dans ce cas d'étude n'ont pas été testées, mais simplement observées. Pour cette raison, on ne saurait préciser le sens dans lequel elles impactent sur la consommation d'eau
Water Consumption trends and demand forecasting techniques	Comparaison à l'échelle des pays de l'OCDE	Climat ; Prix de l'eau ; Taille des ménages ; Promotion des mesures d'économie d'eau	Ces paramètres reviennent en général dans des travaux scientifiques comme ayant une influence sur la consommation d'eau des populations des pays de l'OCDE

Légende :
* (+) variables influentes dans le sens de la hausse des volumes d'eau consommés ;
** variables non significatives ;
*** (-) variables influentes dans le sens de la baisse des volumes d'eau consommés.

La présente étude s'inscrit dans la continuité de ces travaux empiriques. Elle n'a pas comme objet d'étudier les variables qui déterminent la consommation d'eau des abonnés par la conception d'un modèle économétrique explicatif. Mais plutôt, de comprendre les facteurs d'évolution des consommations d'eau à l'échelle de l'abonné afin de reconstituer les tendances sur les dix dernières années (2008-2017). L'approche est assez innovante puisqu'elle complète les travaux empiriques antérieurs qui ont été menés en Afrique Subsaharienne. De plus le fait d'exploiter des données de panel d'abonnés constitue une première forme d'approche car à notre su, la plupart des travaux menés jusqu'ici en l'occurrence au Cameroun se sont basés sur l'exploitation des données en coupe transversale c'est-à-dire des données collectées auprès des échantillons de ménage cible.

5. MATERIELS ET METHODES

La méthodologie de travail a été essentiellement axée sur la méthode d'analyse et de tests statistiques multi variés, pour comprendre les phénomènes explicatifs de la variation saisonnière des consommations d'eau des abonnés de la CAMWATER. A cet effet, les logiciels pris en main et utilisés pour rendre efficace les procédures de formatage, de traitement des données en série temporelle et d'appréciation des résultats sont *Excel, la version 20 du logiciel SPSS et le logiciel XLSAT*. Par ailleurs, pour la matérialisation spatiale de quelques résultats statistiques obtenus, nous avons procédé à des analyses cartographiques à l'aide du logiciel libre *QGis* que nous avons appris et manipulé pendant la formation de Master. Dans cette partie, nous présenterons les moyens méthodologiques, les outils statistiques et les procédures qui nous ont permis de produire les résultats devant permettre de décrire et d'expliquer les évolutions tendancielles des volumes d'eau d'abonnés.

5.1 Traitement analytique des données

5.1.1 Description des bases de données

Les bases de données d'historique de consommation d'eau (2009 à 2017) ont été récupérées auprès des agences de facturation d'eau des directions régionales de Yaoundé Agglomération (DRYA) et du Centre-Sud-Est (DRCSE)) de la CAMWATER. En bref, une agence de facturation d'eau encore appelée agence commerciale rassemble des informations de plusieurs petits centres (moins de 5 000 habitants) d'une direction régionale. Pour le cas spécifique de la DRYA, elle recense les données des quartiers de la métropole de Yaoundé, puis ceux des petits centres périurbains de Mbankomo et de Soa. Au total, huit bases de données ont été récupérées, dont sept qui renseignent sur l'historique des consommations d'eau mensuelles des abonnés de la direction régionale de Yaoundé et ses environs (Soa et Mbankomo), et l'autre qui concerne les individus de l'agence régionale du Centre Sud Est. Toutes ces bases comportent chacune sept variables identiques. Cependant leurs formats de récupération ne sont pas toujours les mêmes puisque dans certaines zones, le transfert a été opéré en deux temps pour faciliter leur exportation depuis le serveur informatique souvent limité en capacité. Les variables communes à toutes ces bases de données sont résumées dans le **Tableau 3**.

Tableau 3: Caractéristiques des variables utilisées

Intitulé de la variable	Nature
Nom de l'abonné	Qualitative
Numéro de code d'abonnement	
Catégorie de l'abonné	
Code d'usage de l'eau	
Quartier de résidence de	

l'abonné	
Code anomalie	
Consommation d'eau mensuelle	Quantitative

La répartition quantifiée des données collectées auprès des cinq agences commerciales de la ville de Yaoundé est la suivante (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Répartition des données collectées par agence commerciale/Yaoundé Agglomération

Agence commerciale	Nombre d'abonnements	Nombre d'observation	Notes
Ekounou	3 357	65 535	L'agence comptabilise également les volumes d'eau consommés par les abonnés du centre périurbain de Mbankomo
	293(1)	12 145(1)	
Etoudi	21 765	2 015 698	
Tsinga	14 121	1 084 372	
Melen	2 798	65 535	
Mvog-Ada	18 346	1 180 663	L'agence comptabilise également les volumes de consommation des abonnés du centre périurbain de Soa
	1 095(2)	67 919(2)	
Total	**61 770**	**4 754 000**	

Légende :(1) Centre de Mbankomo ; (2) : Centre de Soa.

Ces données à l'état brut étaient disposées suivant plusieurs classeurs ou feuilles de calcul Excel. Des disparités socio-économiques énormes existent entre les abonnés qui résident dans ces différents quartiers. Par exemple à Mvog Ada où le tissu urbain comporte une majorité des quartiers anciens résidentiels, la population est moins dense par rapport à la zone de Melen qui a la particularité de rassembler un grand nombre de quartiers anciens.

Les données qui concernent les abonnements des régions du Centre, du Sud et de l'Est ont été collectées à l'agence régionale de Mbalmayo qui est une ville voisine à Yaoundé (

Tableau *5*). Le format de récupération de ces données était diffèrent de celui de Yaoundé puisque les variables ont été récupérées par phase à travers deux bases de données bien distinctes. La première a fait état des valeurs de consommation d'eau ordinaires, puis la deuxième l'a complétée en apportant davantage des précisions sur les volumes de consommation anormales.

Tableau 5 : Répartition des données collectées par région / agence du Centre-Sud-Est

Agence commerciale	Région	Nombre d'abonnements	Nombre d'observations*
Centre Sud Est	Centre	4 005	318 137
	Sud	2 041	261 580
	Est	704	54 044
Total		**7 110**	**633 761**

Légende : les données ont été transmises séparément dans deux bases de données. Les chiffres indiqués dans la colonne nombre d'observations prennent également en compte les observations des abonnements entachés d'une anomalie.*

Comparé à la métropole de Yaoundé, les chiffres d'abonnements de l'agence régionale du Centre-Sud-Est sont relativement faibles.

La liste qui diffuse les différentes catégories d'abonnés, ainsi que les codes d'usage de l'eau affecté à chaque abonné est consignée en **annexe J** du mémoire**. En annexe K**, nous présentons les quartiers de résidence des abonnés, ainsi que leurs agences commerciales d'appartenance respectives, puis les intitulés des codes anomalies affectés selon la nomenclature arrêtée par la CAMWATER.

Apres la prise de connaissance des bases de données, nous avons cherché à les apurer, puis les consolider, pour mieux les exploiter. C'est pourquoi nous relaterons dans les prochaines sections, les différentes étapes du processus de traitement analytique, ainsi que les critères discriminatoires du choix de l'échantillon fiable à analyser.

5.1.2 Formatage des bases de données

Le formatage de la base de données a consisté à appliquer un ensemble de traitements qui ont contribué à la rendre digeste et exploitable. En effet puisque les données retraçaient l'information sur la période allant de 2009 à 2017, il devait y avoir 108 observations pour chaque individu. Seulement à première vue, nous avons relevé certaines incohérences qui n'ont pas facilité l'exploitation directe de ces bases de données :
A Yaoundé et environs : nous avons remarqué l'absence des données chez certains individus à une période, les abonnements des secteurs de Melen et d'Ekounou qui ont subi des troncatures au moment de l'exportation depuis de serveur.
Au Centre Sud Est : les données ont été récupérées en deux phases comme nous l'avons souligné plus haut. Pour cela, il a fallu les harmoniser au préalable pour une bonne lecture des observations.
En commun à tous les fichiers, une série de valeurs négatives ont été repérées, quoiqu'en nombre insignifiant (environ 17 données de valeur négative sur toute la base).

Les étapes qui ont permis d'aboutir au formatage intégral des bases de données des régions sont :

- la fusion de la base reconstituée des volumes de consommation d'eau à la base des anomalies. Cette opération a été rendu possible grâce au logiciel *Access du pack office 2016* qui a servi à faire des jointures suivant le code d'abonnement ; cette étape n'a concerné que les bases de données des régions du Centre Sud et de l'Est ;
- le tri des données dans l'ordre croissant selon les variables mois et année ;
- le groupement de ces données selon la variable abonnement pour individualiser les observations des abonnés ;
- la reconstitution pour chaque individu de l'ensemble de ses caractéristiques (zone commerciale ; code abonné ; noms ; catégorie ; code usage ; consommation d'eau mensuelle

de 2009 à 2017 ; le code de désignation de l'anomalie mensuelle ; et le quartier). Cette dernière étape a été facilitée grâce à l'assistance Excel « *tableau croisé dynamique* ».

- le recodage des variables, notamment la variable « type d'usager » qui a été réorganisé en 09 sous-groupes au lieu d'une trentaine comme cela l'était dans la base de données initiale.

Nous rappelons que les usages de l'eau ont été classés par secteur d'activité pour la catégorie d'abonnés particuliers. Cette forme de classification est consultable en annexe J du mémoire.

Pour terminer cette étape, nous avons apuré les données selon leur signification, en excluant des bases de données consolidées de chaque région, les valeurs négatives qui semblaient très élevées en valeur absolue[17]. Elles s'élevaient au nombre de 17 (soit 0,001%) pour Yaoundé et 26 (soit 0,003%) pour le Centre-Sud-Est.

5.1.3 Définition des critères d'inclusion/délimitation de la taille de l'échantillon

Après l'étape de formatage des données, nous avons procédé à une exploration des séries à l'aide du logiciel SPSS. Ce qui nous a permis de relever d'autres discontinuités dans les fichiers d'historique des consommations d'eau mensuelles harmonisés. En effet sur toute la période, comme nous l'avions tantôt souligné, nous devrions ressortir pour chaque individu 108 observations. Malheureusement sur certaines années, le taux de complétude se situait à moins de 50%.

Au regard de leur configuration, il s'est avéré nécessaire de définir des critères d'inclusion pour délimiter l'échantillon des abonnés à étudier. Pour cela, nous avons procédé de la manière suivante conformément aux travaux scientifiques antérieurs qui relèvent du même domaine[18] :

✓ **vérification du taux de complétude :** ce premier critère d'inclusion a permis de voir si pour chaque abonnement toutes les 12 mensualités étaient entièrement renseignées dans le temps. Le ***Tableau 6*** qui suit expose les taux annuels des abonnements renseignés pour chaque région.

Tableau 6: Taux de complétude annuel des abonnements (%)

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Yaoundé	30	31	33	34	62	64	67	70	75
Centre Sud Est	53	55	54	57	58	62	63	65	64

A partir de ces résultats et compte tenu de la période de disponibilité des données de certains de ces centres qui ne démarraient qu'à partir du mois de juillet 2012 (Mbankomo et Mvog Ada). Nous avons retenu la période d'étude qui s'étale de 2012 à 2017 pour la réalisation des analyses statistiques. Ce qui a réduit la taille de l'échantillon à **53173 abonnements pour la ville de Yaoundé et à 6 493 abonnements pour les trois autres régions.**

Une fois la période d'étude retenue, l'étape suivante à consister à :

✓ **la vérification du niveau d'instabilité des individus:** En effet, en s'étant aperçu que nous perdions de vu certains abonnés, ou même encore qu'il y'avait de nouveaux abonnements souscrits dans le temps, nous avons été amené à appliquer un deuxième critère d'inclusion, visant à retenir dans l'échantillon d'étude, **les abonnements renseignés sur une période d'au moins 06 mois l'an**. Il est à noter que spécifiquement pour les abonnements du centre de MVOG-ADA, ce critère a été appliqué sur la période de 2013-2017, compte tenu de la disponibilité des données. L'application de ce critère a permis de détecter 29 526 abonnements sur 53 173 retenus.

✓ **et à l'extraction des valeurs nulles :** les données devant être des valeurs entières et positives,

[17] Les valeurs négatives expliquent le changement ponctuel de compteur d'eau qui survient à une période.

[18] La consommation en eau potable : le cas de la PMCA (Communauté d'Agglomération de Perpignan Méditerranée) ; des auteurs : (Marielle Montginoul, Jean-François Desprats, Jean-Daniel Rinaud, 2013).

nous avons exclus de la base les individus qui pour lesquels les volumes de consommations étaient nuls sur toute la période d'étude. L'application de ce troisième critère d'inclusion a conduit à la suppression de 239 abonnements (1,48%) sur les 29 526 abonnements restants à Yaoundé; et 149 abonnements (4,3%) sur les 3 476 restants des autres régions.

Après application de tous ces critères d'inclusion, la taille de l'échantillon a été réduite à 29 089 abonnements à Yaoundé et environs, et à 3 327 dans les autres régions.

⇨ **Prise en compte de la variable anomalie**

Afin d'optimiser l'interprétation portée à nos résultats, nous avons tenu à prendre en compte l'existence du facteur anomalie. Il s'agit d'une variable qualitative qui décrit la situation anormale qui pourrait éventuellement être observée au moment de la relève au compteur d'eau. Les anomalies sont nombreuses et dépendent de la situation rencontrée sur le terrain. Parmi elles, il y'en a qui expliquent la consommation d'eau importante de l'abonné (77K : compteur d'eau déplombé), tandis que d'autres justifient la baisse de cette consommation (22E : fuite d'eau sur le compteur ou avant la vannette). Quelques-unes n'apportent aucune signification au volume d'eau, mais plutôt elles traduisent des erreurs nominatives qui ont traits à l'indentification des abonnés (nom mal orthographié). Pour ce cas d'étude spécifique, nous allons nous intéresser à deux anomalies types : il s'agit de l'anomalie qui désigne un branchement en zone sans eau (88 E, H et D) ; et celle qui indique la proximité d'une concession d'un puits ou d'un forage (11I).

Dans notre approche d'analyse, nous concilions ces deux dernières variables pour étudier le lien de causalité qui existe entre le manque d'eau dans une zone et la prolifération des forages après. C'est pourquoi dans la base de données restreinte, nous n'allons pas considérer ces deux variables comme des connotations de situations anormales. Par ailleurs pour faciliter l'exploitation des données, il a fallu constituer deux bases de données qui distinguent l'ensemble des valeurs de consommation d'eau, des valeurs adossées d'une anomalie quelconque.

Nous consignons en **annexe L** du mémoire, une liste générale des différentes anomalies qui peuvent être rencontrées sur le terrain au moment d'une relève.

En restreignant donc le listing à la période d'étude retenue (2012 – 2017), **nous avons relevé 260 122 indications d'anomalies pour les 1 333 532 observations qui se rapportent à la ville de Yaoundé et ses environs (soit un taux de 19,50% de valeurs affectés d'une anomalie), puis 100 601 indications d'anomalies sur 238 121 mensualités (soit un taux de 42,24%) qui concernent l'ensemble des données des autres régions (Centre-Sud-Est).**

La prise en compte du facteur anomalie a favorisé une analyse des niveaux de consommation d'eau en deux temps. Pour la suite des analyses statistiques et des tests, nous avons considéré exclusivement les valeurs sans anomalies qui s'avèrent plus fiables.

Après l'application des différents critères, nous avons retenu un échantillon plus fiable sur lequel mener les analyses (**Tableau 7**).

Tableau 7: Distribution régionale de l'échantillon d'abonné à étudier

Périmètre régional de la CAMWATER	Agence commerciale/ville	Effectifs				
		Initial	Après application des critères d'inclusion	Taux (%)	Après exclusion des variables anormales	Taux (%)
Yaoundé Agglomération	EKOUNOU	3357	1238	4,3	794	3,4
	ETOUDI	21765	7784	26,8	6516	28,2
	MBANKOMO	293	21	0,1	12	0,1
	MELEN	2798	1083	3,7	854	3,7
	MVOG-A	18346	10621	36,5	8754	37,9

Périmètre régional de la CAMWATER	Agence commerciale/ville	Effectifs				
		Initial	Après application des critères d'inclusion	Taux (%)	Après exclusion des variables anormales	Taux (%)
	SOA	1095	423	1,5	392	1,7
	TSINGA	14121	7919	27,2	5759	25
Total DRYA			**29089**	**100**	**23081**	**100**
Centre	BAFIA		372	11,2	315	13,1
	ESEKA		542	16,3	488	20,3
	MATOMB		38	1,1	33	1,4
	MFOU		129	3,9	100	4,2
	OBALA		448	13,5	391	16,3
	Sous Total 1	**4005**	**1529**	**46,0**	**1327**	**55,2**
Sud	CAMPO		65	2,0	42	1,7
	KRIBI		1396	42,0	751	31,3
	ZOETELE		47	1,4	25	1,0
	Sous Total 2	**2041**	**1508**	**45,3**	**818**	**34,0**
Est	YOKADOUMA		290	8,7	258	10,7
	Sous total 3	**704**	**290**	**8,7**	**258**	**10,7**
Total DRCSE		**6750**	**3327**	**100**	**2403**	**100**

Comme nous l'avons déjà souligné, deux anomalies seront exploitées dans la base afin d'expliquer les faits observés. Il s'agit de l'anomalie qui reflète la présence d'un forage aux alentours d'un domicile, et qui compte pour 1 814 occurrences (soit 7,9% abonnements marqués par la présence d'un forage). Puis de l'anomalie qui signale au moins une fois le mois, la coupure d'eau subite par des abonnés. Le nombre de ces cas s'élève à 14 147 abonnés à Yaoundé Agglomération (soit 61,3%) et, à 899 abonnés dans la partie Centre-Sud-Est (soit 37,4%).

Le nombre d'occurrence de ces coupures d'eau a été plus important en 2015. C'est l'agence régionale de Yaoundé qui a été la plus touchée, surtout les abonnés des quartiers gérés par l'agence de Melen (**Tableau 8**).

Tableau 8 : Répartition des occurrences des anomalies zones sans eaux (88D, 88E et 88H), suivant les centres pour la catégorie d'abonnés particuliers

Agence régionale	Agence/centre	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Yaoundé Agglomération	EKOUNOU	1179	666	1639	286	507	516	**4793**
	MELEN	8625	8985	11026	4999	7049	3172	**43856**
	SOA		6		54	31	30	**121**
	MVOG-ADA		6938	3030	2008	643	803	**13422**
	MBANKOMO	-	-	-	-	-	-	**-**
	ETOUDI	5570	5127	7160	4624	3621	3819	**29921**
	TSINGA	9282	11327	-	-	-	-	**20609**
TOTAL 1		**24656**	**33049**	**22855**	**11971**	**11851**	**8340**	**112722**

Agence régionale	Agence/centre	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Centre	BAFIA	809	328	234	423	722	474	2990
	ESEKA	1	2	-	-	11	55	69
	MATOMB	3	4	7	1	1	6	22
	MFOU	0	13	15	91	343	279	741
	OBALA	67	201	273	99	25	47	712
Sous Total 1		**880**	**548**	**529**	**614**	**1102**	**861**	**4534**
Sud	CAMPO	-	63	-	-	-	-	63
	KRIBI	1236	1171	1704	3181	1773	1309	10374
	ZOETELE	4	72	101	80	58	74	389
Sous Total 2		**1240**	**1306**	**1805**	**3261**	**1831**	**1383**	**10826**
Est	YOKADOUMA	1	11	12	75	8	10	**117**
TOTAL 2		**2121**	**1865**	**2346**	**3950**	**2941**	**2254**	**15477**

5.2 Test de non stationnarité de Mann-Kendall[19]

Le test d'indépendance de Mann-Kendall (1976) est l'une des options qui peut être utilisée pour tester la stationnarité d'une série de données (Ouarda et *al*, 1996). Il a d'abord été étudié par Mann en 1945 puis repris pas Kendall en 1975 et améliorer par Hirsch au cours des années 1980. En fait, sous sa forme originelle, ce test ne prenait pas en compte la présence d'une saisonnalité dans la série de données ; l'amélioration de Hirsch a consisté à introduire la composante saisonnière dans la mise en œuvre du test.

Le test de non stationnarité de Mann Kendall consiste à assigner une valeur positive (1) ou nulle (0) à chacune des observations X_i supérieures ou X_{i-1} inférieure selon le sens d'instruction du test (*Srikanthan et al., 1983)*[20]*:* la statistique (S) de Kendall s'écrit :

$\mathbf{S = \sum_{i}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sgn\ (x_j - x_i)}$ **;** Où n représente le nombre d'observations et sgn la variable binaire prenant les valeurs 0 ou 1.

Pour sa mise en œuvre, nous avons utilisé le logiciel XLSTAT qui calcul la p-value par une approximation normale de la distribution de la moyenne des statistiques de Kendall.

L'intérêt de ce test en rapport avec les données saisonnières disponibles est qu'il a permis d'avoir une idée de l'évolution mois après mois d'une année à l'autre des tendances de consommation d'eau.

Les trois éventualités qui peuvent se présenter après application des tests sont : l'hypothèse négative (c'est-à-dire que les individus ont une tendance de consommation décroissante), l'hypothèse nulle H0 (cela traduit la présence d'aucune tendance) l'hypothèse positive (elle se rapporte à une croissance des volumes d'eau consommés).

Dans le cadre de l'étude, nous avons établi la vérification de la stationnarité uniquement pour les valeurs de consommations d'eau sans anomalies de la classe des individus qui totalisent l'ensemble des 72 observations sur les années d'étude (**Tableau 9**). Ceci afin de limiter les biais liés aux imputations du logiciel. Ainsi la prise en compte de ce critère s'est traduite par l'application d'un tri à plat à l'issu duquel, nous avons restreints l'échantillon à 3 235 individus (soit 14,0% de la base initiale sans anomalie) à Yaoundé et à 2 403 individus dans les autres centres des régions du Centre Sud Est,

[19] Voir assistance d'aide de XLSTAT sur le test de Mann-Kendall.
[20] Suivant l'hypothèse alternative retenue dans de test (tendance décroissante ou croissante).

soit 14,1% de la base initiale.

Tableau 9: Distribution de l'échantillon d'abonnés ayant subi des tests de non stationnarité

Région CAMWATER	Nom de la zone commerciale	Effectifs	Poids (%)
Yaoundé Agglomération	EKOUNOU	120	3,7
	ETOUDI	1813	56
	MELEN	199	6,2
	SOA	152	4,7
	TSINGA	951	29,4
TOTAL 1		**3235**	**100**
CENTRE	BAFIA	8	2,4
	ESEKA	24	7,1
	MFOU	3	0,9
	OBALA	6	1,8
	Sous Total 1	**41**	**12,1**
SUD	CAMPO	21	6,2
	KRIBI	182	53,5
	ZOETELE	8	2,4
	Sous Total 2	**211**	**62,1**
EST	YOKADOUMA	88	25,9
	Total Sous 3	**88**	**25,9**
TOTAL 2		**340**	**100**

5.3 Estimation des prévisions

Les prévisions des consommations d'eau futures ont été faites sur la catégorie d'abonnés « particuliers » qui sont au nombre de 22 431 individus. Pour cela nous avons constitué un modèle économétrique qui vise non pas à expliquer les déterminants de la demande d'eau, mais plutôt à avoir une idée des projections futures au cours des prochaines années (2018 et 2019) sur la base des données passées existantes. Le modèle choisi à cet effet est ARIMA. Il s'agit d'un **modèle autorégressif de moyennes mobiles** qui comporte trois types de paramètres qui sont : les paramètres autorégressifs (*p*), le nombre de différenciations (*d*), et les paramètres de moyenne mobile (*q*). Pour le faire tourner, la série chronologique doit être stationnaire, ce qui implique que la moyenne, la variance et l'autocorrélation soient constantes au cours du temps. Voilà pourquoi, il est souvent primordial de différencier les séries par une transformation logarithmique. Le nombre de différenciations nécessaires étant fonction du paramètre *d*. par exemple pour d=0 nous avons la série de paramètres suivants.

Fonction d'autocorrélation Simple	Processus générateur	Fonction d'autocorrélation Partielle
Un pic pour k=1	AR(1)	Décroissance exponentielle
Décroissance exponentielle	MA(1)	Un pic pour k=1
*Un pic k=1 suivi d'une décroissance exponentielle	ARMA(1,1)	*Un pic k=1 suivi d'une décroissance exponentielle

Fonction d'autocorrélation Simple	Processus générateur	Fonction d'autocorrélation Partielle
*Deux pics k=1 et k=2 suivis par une décroissance exponentielle	ARMA(2,1)	*Un pic k=1 suivi d'une décroissance exponentielle
*Un pic k=1 suivi d'une décroissance exponentielle	ARMA(1,2)	*Deux pics k=1 et k=2 suivis par une décroissance exponentielle
*Deux pics k=1 et k=2 suivis par une Décroissance exponentielle	ARMA(2,2)	*Deux pics k=1 et k=2 suivis par une décroissance exponentielle

Toutefois il faudrait garder à l'esprit que certaines séries chronologiques ne nécessitent que de très peu voire aucune différenciation, et qu'un nombre trop important de différenciations pourrait conduire à des estimations de coefficients moins stables

Pour estimer et prévoir les évolutions de consommations, des paramètres ont été estimés (en utilisant des procédures de minimisation de fonction), afin de minimiser la somme des carrés des résidus, puis de nouvelles valeurs de la série calculées (au-delà de celles qui composent la série initiale).

En application, si on considère une série temporelle X_t qui vérifie l'équation $\Phi(L)(1-L)^d X_t = \theta(L)\varepsilon_t$, de telle sorte que sa forme ARIMA s'écrive $X_t = \sum_{i=1}^{p+d} \Psi_i X_{t-i} + \varepsilon_t + \sum_{j=1}^{q} \theta_j \varepsilon_{t-j}$ et pour tout nombre entier h, la forme de l'équation qu'on obtient s'écrit : $X_{t+h} = \sum_{i=1}^{p+d} \Psi_i X_{t+h-i} + \varepsilon_{t+h} + \sum_{j=1}^{q} \theta_j \varepsilon_{t+h-j}$.Où $\Psi = \Phi(L)(1-L)^d$. C'est une combinaison des coefficients de la partie AR(p) du model ARMA (p, q) qui en découle et θ le vecteur des coefficients de la partie MA(q) du model ARMA (p, q). La formule générale de la prévision à l'horizon T+h (h>=1) qui découle est :

$$\begin{cases} \hat{X}_{T+1} = \sum_{l=1}^{T} a_{T+h-l} X_l \text{ pour } h = 1 \\ \hat{X}_{t+h} = \sum_{l=T+1}^{T+h-1} a_{T+h-l} \hat{X}_l + \sum_{l=1}^{T} a_{T+h-l} X_l \ pour \ h \geq 1 \end{cases}$$

Où (a_l) sont des fonctions des éléments de Θ et Φ estimés.

Outre les paramètres standards autorégressifs et de moyenne mobile, les modèles ARIMA peuvent également comporter une valeur constante. L'interprétation d'une constante (significativité statistique) dépend du modèle ajusté. Plus précisément,

(1) s'il n'y a pas de paramètre autorégressif dans le modèle, l'espérance mathématique de la constante est égal à m, la moyenne de la série ;

(2) s'il y a des paramètres autorégressifs dans la série, la constante représente l'ordonnée à l'origine. Si la série est différenciée, la constante représente la moyenne ou l'ordonnée à l'origine de la série.

Les grandes notions et concepts abordés dans cette partie sont tirés des ressources scientifiques édités par:

- ***Emmanuel César & Bruno Richard(2006),*** *Les Séries Temporelles, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines ;*

- ***ARTHUR CHARPENTIER(2011),*** *Introduction à la théorie des processus en temps discret Modèles ARIMA et méthode Box & Jenkins(2011), Université Paris Dauphine ;*
- ***Gaston fils LONZO LUBU(2015),*** *Application de la Technique de prévision BOX-JENKINS, Université de Kinshasa.*

5.4 Analyse cartographique

Elle a porté sur le traitement des valeurs moyennes mensuelles de consommation d'eau des abonnés. Le traitement de ces données s'est fait à l'aide du logiciel de Système d'Information Géographique QGIS par importation des données dans le logiciel depuis le tableur *Excel* enregistré au préalable sous un fichier d'extension point tabulation texte *(CSV).* A terme une carte géo référencée de ces volumes de consommations moyennes mensuelles a été produite à l'échelle des quartiers de la ville de Yaoundé afin de mieux percevoir les disparités locales.

6. RESULTATS

Les étapes méthodologiques que nous venons de décrire et d'expliquer nous ont permis d'aboutir à des résultats statistiques concrets que nous exposerons dans les sections suivantes. Ils sont diffusés pour les agences régionales respectives de de Yaoundé Agglomération et du Centre Sud Est[21].

6.1 Evaluation des niveaux de consommation d'eau

Après l'organisation des bases données, leurs mises en forme et synchronisation suivant la démarche méthodologique déjà précisée, nous avons engagé des manipulations statistiques afin d'étudier dans un premier temps les niveaux de consommation d'eau des abonnés sur la période d'étude retenue (2012 à 2017). Pour cela l'analyse a été menée à deux temps pour les deux cas spécifiques de valeurs de consommation d'eau mensuelle qui se présentaient dans les bases de données: premièrement sur celles affectés d'une « anomalie », c'est-à-dire où l'on a noté la présence d'une situation anormal au moment de la relève qui aurait pu conduire à une sur/sous-évaluation des volumes de consommation mensuelle; deuxièmement et essentiellement sur des valeurs sans anomalies.

✓ Cas de la région de Yaoundé Agglomération

➢ Vue d'ensemble et disparités géographiques

Les disparités qui existent en matière de consommation d'eau des abonnés de la communauté urbaine de Yaoundé et environs sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau 10: Données de consommation moyenne mensuelle 2012-2017 (m^3/mois/ abonné)

Agence	Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum	Ecart-type
EKOUNOU	27	16	0,43	2704,63	90,50
ETOUDI	25	15	0,24	4715,54	96,47
MBANKOMO	28	18	3,83	92,93	24,55
MELEN	11	7	0,22	193,47	14,58
MVOG-ADA	28	13	0,25	4461,38	125,07
SOA	18	11	0,22	620,40	32,87
TSINGA	37	11	0,21	12659,36	243,42
TOTAL	**29**	**13**	**0,21**	**12659,36**	**157,28**

[21] Découpage régionale de la CAMWATER.

Les chiffres tels qu'ils se présentent affichent une disparité assez remarquable entre les valeurs moyennes mensuelles des consommations d'eau de chaque zone. L'écart entre le volume de consommation moyen d'ensemble (29 m^3) et sa médiane (13 m^3) le confirme. Ce qui pourrait éventuellement s'expliquer par la présence d'abonnés de profils différents dans la base (ménage, administration, industriels etc.). En effet on s'aperçoit que les consommations d'eau moyennes importantes se retrouvent par ordre dans les secteurs de Tsinga, de Mvog-Ada, et d'Ekounou qui abritent un effectif d'abonnés importants des catégories des administrations, des industriels, mais aussi des ménages aisés. Contre toute attente, on s'aperçoit également que le centre périurbain de Mbankomo affiche lui aussi le même ordre de grandeur du volume d'eau moyen mensuel (28m^3), ce qui pourrait certainement s'expliquer par l'implantation au fil des ans de quelques usines et industries de fabrication de produits manufacturés dans la ville, mais surtout par la forte expansion démographique de la ville de Yaoundé qui commence à se faire ressentir dans les villes voisines. A Melen et à Soa ces paramètres (moyennes et médianes) sont assez homogènes. Les volumes moyens faiblement représentés dans ces deux secteurs peuvent vouloir signifier deux choses : soit que les abonnés résidents sont en grande majorité des habitants saisonniers, notamment des étudiants ; ou alors qu'il y'a eu des interruptions d'eau fréquentes dans ces zones qui ont eu un effet de changement au niveau du comportement de certains abonnés.

- **Vue d'ensemble et disparités géographiques pour le cas des valeurs exonérées d'anomalies**

Quand on exclut de la base les valeurs entachées d'anomalies, les consommations moyennes d'eau diminuent dans l'ensemble des zones, en dehors de Mbankomo, où elles ont plutôt tendance à augmenter, puis à Melen et à Soa où elles restent relativement constantes. Le **Tableau 11** expose une quintessence des valeurs moyennes et médianes pour chaque zone.

Tableau 11: Données de consommation moyenne mensuelle 2012-2017 (m^3/mois/abonné)

Agence	Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum	Ecart-type
EKOUNOU	22,8	16,1	0,23	323,9	24,7
ETOUDI	22,7	14,4	0,23	4505,3	77,7
MBANKOMO	36,0	27,5	6,29	92,6	26,2
MELEN	11,1	7,5	0,22	148,3	13,5
MVOG-ADA	22,4	13,1	0,27	2318,6	63,0
SOA	18 ,9	11,5	0,27	620,4	33,7
TSINGA	19,9	10,7	0,21	6755,7	106,9
TOTAL	**21,5**	**12,7**	**0,21**	**6755,7**	**78,7**

Les volumes moyens et médians de la consommation d'eau dans la DRYA baissent respectivement de 7,5 m^3 et de 0,3 m^3 pour une analyse qui se rapporte aux valeurs sans anomalies. Les valeurs médianes qui ne changent presque pas peuvent constituer des paramètres représentatifs des volumes de cosommation d'eau observée chez les ménages domestiques. A Tsinga ce volume d'eau chute fortement pour passer de 37 m^3 à 19,9 m^3, ce qui confirme l'impact du grand nombre de valeurs anormales que cette agence présente. Cependant l'écart persiste également entre les valeurs moyennes et médianes sans anomalies, ce qui confirme bel et bien les disparités locales qui existent en matiere de consommation d'eau des abonnées de la région.

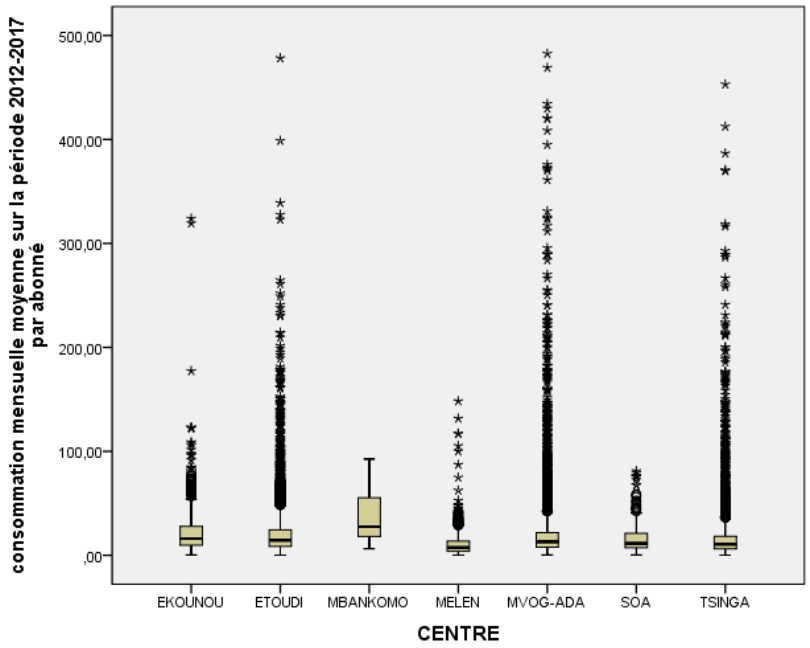


Figure 3: Box plot de la consommation moyenne mensuelle des abonnés par agence commerciale (2012-2017)

En ressortant pour ces mêmes valeurs la boite à Moustache **Figure 3** bornée à 500 m^3 pour l'appréciation des amplitudes de consommation par zone, nous constatons en effet que les zones de Mbankomo, d'Ekounou, et d'Etoudi présentent des amplitudes de consommation grandes, tandis qu'à Melen et à Soa, ces amplitudes sont faibles. A Mvog Ada et à Tsinga, on retrouve des consommateurs très dispersés contrairement à ceux de Soa et de Melen qui donnent l'impression d'être en grande majorité composés d'une population domestique.

✓ **Centre Sud Est**

➢ **Vue d'ensemble et disparités géographiques des volumes de consommation d'ensemble**

Pour le cas des villes gérées par la direction régionale du Centre Sud Est, la même analyse a été reproduite. Ainsi la première étape a consisté à évaluer les niveaux de consommation d'eau pour des valeurs avec anomalies (**Tableau 12**)

Tableau 12: Données de consommation moyenne mensuelle de 2012 à 2017 (m^3/mois/abonné)

Région	Centre	Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum	Ecart-type
CENTRE	BAFIA	66,90	4,38	0,08	3407,33	287,72
	ESEKA	34,93	6,25	0,09	1761,79	136,36
	MATOMB	9,14	5,46	0,52	120,56	19,22
	MFOU	38,14	8,42	0,21	630,07	85,87
	OBALA	20,77	5,49	0,08	727,04	75,07
	Total	**38,19**	**5,63**	**0,08**	**3407,33**	**171,09**
SUD	CAMPO	14,21	6,44	0,15	188,89	27,06
	KRIBI	13,15	7,01	0,08	582,00	29,59
	ZOETELE	13,46	4,32	0,21	197,50	30,57
	Total	**13,20**	**6,81**	**0,08**	**582,00**	**29,49**
EST	YOKADOUMA	35,71	9,51	0,56	1437,87	131,74
	Total	**35,71**	**9,51**	**0,56**	**1437,87**	**131,74**

Région	Centre	Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum	Ecart-type
TOTAL		**26,65**	**6,51**	**0,08**	**3407,33**	**124,50**

On s'aperçoit que les volumes moyens mensuels des consommations d'eau des abonnés de cette région sur la période d'étude tournent autour des 26,6 m^3 d'eau pour l'ensemble de la population. Quant à la médiane, elle est très faible et avoisine les 6,5 m^3. Ce qui révèle une dispersion dans les habitudes de consommation d'eau des abonnés. L'explication qui pourrait se rapporter à cela est certainement liée à la présence de plusieurs catégories d'abonnés dans la base (ménages domestique, particuliers exerçant une activité connexe ; administratif ; etc.). La région du Centre est celle qui enregistre un niveau de consommation moyen mensuel élevé (38 m^3), suivie de la région de l'Est (35,7 m^3), enfin du Sud (13,2 m^3). C'est également dans cette région qu'on relève un nombre d'abonnés important qui consomment des quantités d'eau faibles comme le prouve la variable médiane (6,51 m^3). La région du Centre se démarque des autres par sa ville Bafia qui sort du lot avec un volume moyen explosif de 70 m^3, soit le double à peu près de la consommation moyenne d'ensemble. **Ce qui reflète probablement la présence dans cette ville, de plusieurs grandes industries et administrations étatiques qui pratiquent peut-être, des activités de redistribution d'eau aux populations riveraines**. Dans la région du Sud par contre, les habitudes de consommation dans les villes sont presqu'identiques: Campo (14,2m^3) ; Kribi (13,2 m^3); et Zoetele (13,5 m^3).

- **Vue d'ensemble et disparités géographiques des consommations relevées sans anomalies**

Lorsque les valeurs mensuelles sont exhonérées d'anomalies, contrairement à la première direction régionale (DRYA), le volume d'eau moyen d'ensemble dans ce cas augmente, en passant de 26,6 m^3 à 32,1 m^3. Ce contraste pourrait s'expliquer par la présence d'anomalie régulière liée à la perte d'eau dans le réseaux ou encore d'autres qui ont un effet de baisse sur les volumes de consomamtion d'eau. D'une manière générale on assiste à la hausse du niveau moyen de consommation pour toutes les villes des régions confondues. La hausse touche egalement le niveau de consomation médian (7,6 m^3) même si celui-ci reste toujours très éloigné de la moyenne (soit un écart de 24,54 m^3). Cela traduit une très forte hétérogénéité du niveau de consommation entre les abonnés des differentes régions. La ville de Bafia persiste avec des valeurs dérogatoires, suivie de la ville de Youkadouma. Les villes du Sud maintiennent des valeurs de consommation homogènes qui s'expriment par des écarts faibles entre variables statistiques moyennes, médianes et les écarts types.

Tableau 13: Données de consommation moyenne mensuelle 2012-2017 (sans anomalie)

Région	Centre	Moyenne	Médiane	Minimum	Maximum	Ecart-type
CENTRE	BAFIA	66,90	5,08	0,08	2415,57	250,45
	ESEKA	36,92	6,63	0,16	1761,79	142,32
	MATOMB	9,69	5,46	0,59	120,56	20,55
	MFOU	37,65	9,54	1,49	657,46	90,01
	OBALA	22,61	6,03	0,49	727,04	80,62
	Total	**39,20**	**6,20**	**0,08**	**2415,57**	**158,45**
SUD	CAMPO	19,98	11,21	1,12	188,89	32,38
	KRIBI	18,58	9,75	0,09	582,00	41,20
	ZOETELE	20,40	5,27	1,89	200,28	40,91
	Total	**18,71**	**9,84**	**0,09**	**582,00**	**40,74**
EST	YOKADOUMA	38,25	10,17	0,94	1437,87	139,32
	Total	**38,25**	**10,17**	**0,94**	**1437,87**	**139,32**
TOTAL		**32,12**	**7,58**	**0,08**	**2415,57**	**128,82**

Le box plot de la **Figure *4*** permet d'avoir un aperçu des disparités par ville à travers une meilleure appréciation du degré d'amplitude de consommation. Dans un souci de clarté il a lui aussi été borné à une valeur moyenne de 500m^3.

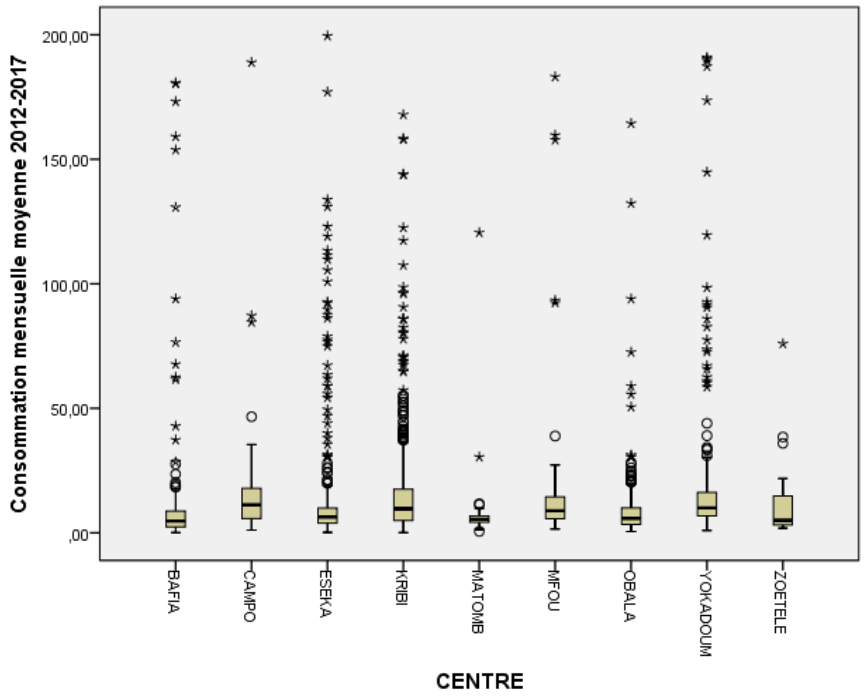
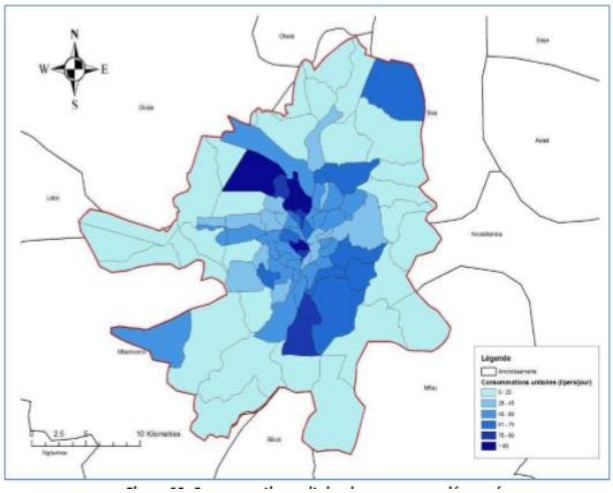


Figure 4: Box plot de la consommation moyenne mensuelle par abonné dans les agences de la DRYA, sur la période 2012-2017

Les plus grandes amplitudes de consommation sont observées dans les villes du Sud, respectivement à Campo, Kribi, et à Zoetelé. Quant aux amplitudes faibles elles sont repérées dans les villes de la région du Centre à savoir Bafia, Matomb et Eseka. Il est à noter que ces trois villes présentent des habitudes de consommation disparates. Pour ce qui est de la ville de Matomb, la faible amplitude reflète le taux élevé d'abonnés particuliers qui s'y trouve (soit 94% d'abonnés particuliers). C'est dans cette ville que les habitudes de consommation sont les plus homogènes (moyenne proche de la médiane).

6.1.1 Disparités à l'échelle des quartiers

La figure ci-contre illustre la situation géographique des consommations d'eau des abonnés des quartiers de la communauté urbaine de Yaoundé en 2012, au démarrage de l'étude du Plan Directeur de l'Hydraulique Urbaine et Périurbaine. **En annexe J du mémoire se trouve la carte de délimitation actuelle des quartiers de la ville en fonction des communes d'arrondissement.** Nous percevons très bien qu'à cette période, les consommations d'eau des abonnés présentaient déjà des disparités énormes.



En effet, la moyenne des consommations d'eau dans les zones périurbaines se montrait très faible (moins de 25 l/pers/jr), tandis que

dans la partie du centre-ville historique, les quantités d'eau consommées étaient très élevées, avoisinant les 90 l/pers/jr.
Par ailleurs à travers **la figure 5** qui ressort la situation spatiale de ces consommations en 2017, on se rend compte des changements survenus entre temps à intervalles égales des consommations d'eau mensuelles de 2012.

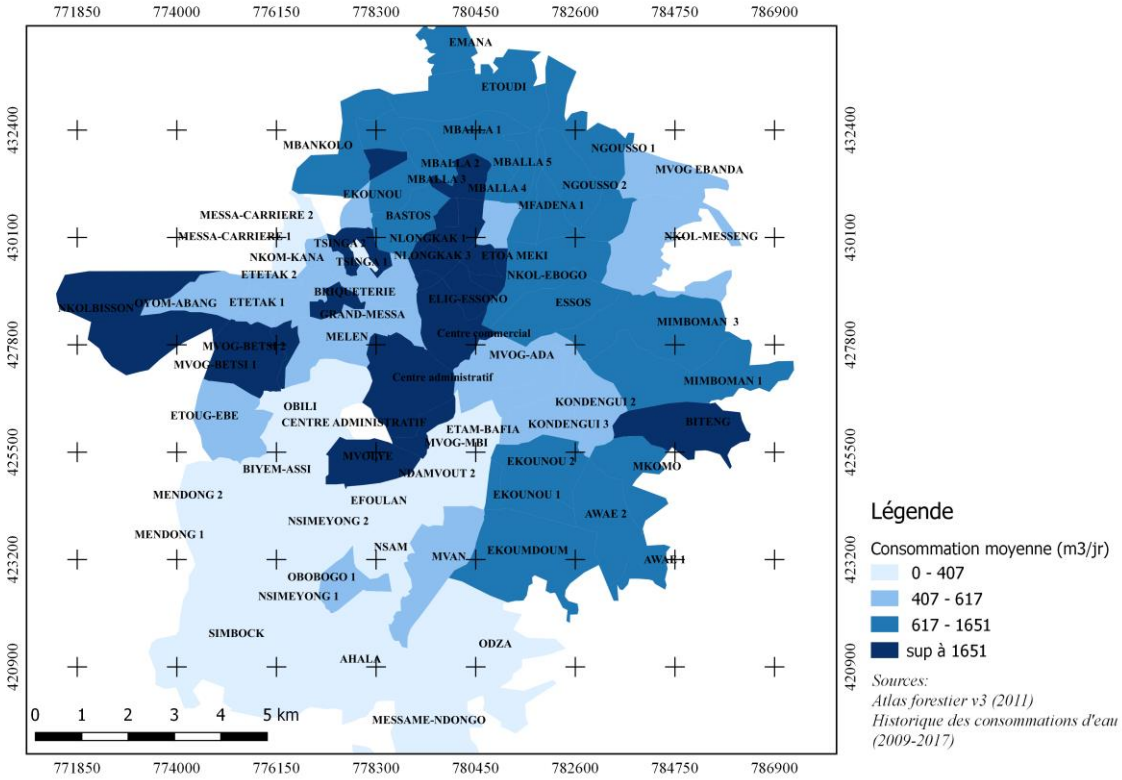


Figure 5: Consommation moyenne mensuelle des abonnés des quartiers de la ville de Yaoundé (2012-2017)

Les projets d'adduction d'eau mis en œuvre au cours de ces dernières années par la CAMWATER ont certainement contribué à l'extension du réseau d'eau sur plusieurs milliers de kilomètres d'eau en zone périurbaine. Ceci est perçu au travers des améliorations du niveau de consommation des abonnés qui résident dans ces quartiers périphériques, autrefois mal desservies.
Ainsi, dans les communes d'arrondissement de Yaoundé I, II, V et VII, les volumes sont nettement meilleurs puisqu'ils sont oscillent entre 16 l/jr/pers et 45 l/jr/pers. Alors que dans les communes d'arrondissement de Yaoundé III et de Yaoundé VI qui sont gérées par l'agence de Melen, on peut s'apercevoir que les abonnés ont davantage diminué leur consommation, puisqu'elle baisse de 25l/pers/jr en 2015, à 12l/pers/jr, ce qui est problématique et soulève un questionnement vis-à-vis des causes de cette baisse.

6.1.2 Désagrégation par catégorie d'abonné

✓ **Yaoundé agglomération**

En 2016 la CAMWATER a enregistré un volume d'eau de consommation important à l'agence régionale de Yaoundé Agglomération, comparativement aux autres années (60 104 219 m^3).[22] Ce volume qui est inégalement réparti entre les différentes catégories d'abonnés ressort dans le **Tableau 14** en fonction du poids de consommation de chacun.

[22] En 2012, cette valeur est critique puisqu'elle correspond à la plus faible de toute la période d'étude (3 069 518 m3), à cause du faible taux de complétude, mais aussi, de l'absence dans la base des consommateurs de la zone de Mvog Ada.

Tableau 14 : Poids des différents abonnés en 2016, et leur niveau de consommation d'eau sur la période 2012-2017.

Catégorie d'abonnés	Effectifs	Poids (%)	Volume totale (m^3)	Moyenne	Médiane	Ecart type
Particulier	22 431	96,8	5 974 960	21,31	12,64	78,39
BF payante	108	0,4	24 907	19,74	14,69	22,89
Administration	295	1,6	97 031	26,58	12,68	83,32
Bat communal	20	0,2	13 800	52,01	13,50	133,28
Client industriel	2	0,0	1 651	31,52	31,52	21,35
Agents et administration Enéo	128	0,7	40 344	25,72	13,54	73,20
Agent et administration CAMWATER	97	0,3	20 009	17,59	11,02	26,80
TOTAL	**23 081**	**100,0**	**6 172 702**	**21,41**	**12,65**	**78,18**

Evidemment, ce sont les abonnés particuliers qui sont les plus représentés car, leur taux seul s'élève à 97,2% contrairement aux autres (2012-2017). De plus en 2016 ce taux reste quasiment le même puisqu'il gravite autour des 96,8%, tandis que pour les autres clients des bornes fontaines payantes et des bâtiments communaux, le taux est relativement faible puisqu'il n'excède pas les 1%. Toujours dans cette direction régionale, on ne retrouve presque pas d'abonnés qui sont des clients industriels ou des ménages alimentés par des bornes fontaines communales.

En termes de niveau de consommation, les abonnés des bâtiments communaux arrivent en tête (52 m^3), ensuite ce sont ceux des industries (31,5 m^3), malgré qu'ils soient faiblement représentés. S'en suit les clients des administrations (26,58m^3). Chez les abonnés des bâtiments communaux, les consommations d'eau sont dispersées. Cela est traduit par l'écart-type qui est grand d'une valeur de 133,3 m^3. A contrario, les clients industriels et ceux des bornes fontaines payantes présentent des valeurs moyennes et médianes des consommations d'eau assez homogènes.

Les disparités observées au niveau de la consommation d'eau chez les abonnés particuliers proviennent de nombreux usages que l'opérateur maitrise difficilement. Par exemple il y'a des ménages qui souscrivent comme abonnés particuliers afin d'entretenir des activés qui n'ont aucun rapport avec l'usage domestique. Ces activités relèvent très souvent du secteur primaire (agriculture et élevage) ou encore du secteur tertiaire (hôtel, boulangerie, centre de santé, etc.). **L'affectation des usages en fonction des sous-groupes de secteur d'activités est rappelée en annexe J.**

En se fiant au code d'usage de l'eau signalé par chaque abonné au releveur, nous avons tenté de recoder dans une certaine mesure la variable pour mieux percevoir les proportions qui ressortent pour chaque type d'usage de la ressource.

D'après la **Figure 6** qui fait état de ces proportions pour les usages des abonnés particuliers. Nous remarquons sans aucune surprise que les ménages domestiques sont fortement représentés dans l'ensemble en 2016 (70%); ensuite, viennent les ménages vivant en logement collectifs (appartement ou mini cité). Les ménages qui s'approvisionnent à l'aide des bornes fontaines payantes ou auprès des vendeurs d'eau représentent un poids de consommation d'eau faible qui n'excède en général pas 1,6%. Ceux qui s'en servent pour satisfaire aux besoins du secteur primaire (agriculture ou élevage) ou encore qui possèdent une piscine sont quasi inexistants. Il y'a 9,1% d'abonnés pour lesquels nous n'avons pas pu identifier les usages de l'eau.

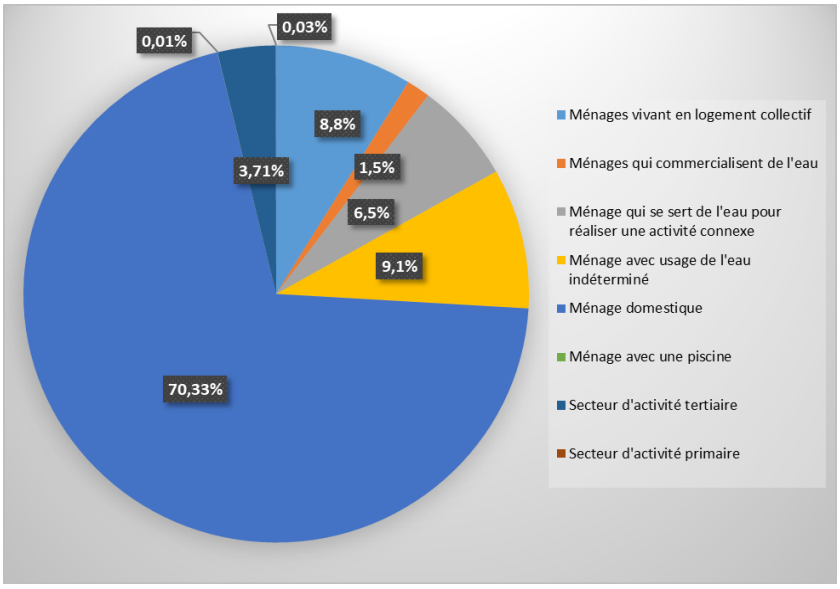


Figure 6: Poids des différents groupes d'usage dans la consommation totale de 2016 de la catégorie ''particulier'' (total m^3/abonné/an)

En se penchant uniquement sur le niveau de consommation de chaque usage chez ces abonnés particuliers, nous relevons une consommation gourmande chez les particuliers qui souscrivent à des abonnements pour alimenter en eau des terrains de jeux (stade de football, complexe sportif…), ou alors approvisionner des boucles d'incendie. Par contre, les valeurs moyennes faibles s'observent chez les particuliers du secteur primaire qui entretiennent une activité agricole ou d'élevage. **Les faits surprenant dans ces résultats sont observés chez les ménages qui ont des piscines car, il apparait qu'un ménage avec une piscine consomme moins d'eau qu'un ménage qui n'en a pas. Par ailleurs, les abonnés qui entretiennent des fermes ou pratiquent une activité agricole (secteur primaire) consomment eux aussi des quantités d'eau moindres que les ménages domestiques. Cependant cela peut trouver une explication du moment où dans cet ensemble sont également compris les ménages qui disposent des systèmes d'AEP alternatifs tels des puits ou des forages.**

La distribution des consommations d'eau médianes semble plus homogène pour tous types d'usages confondus (**Figure 7**). Les médianes sont donc des variables statistiques plus explicatives de ces niveaux de consommation d'eau. **L'ordre de grandeur des volumes moyens et médians qui s'inversent pour la catégorie d'abonnés du secteur d'activité primaire et tertiaire signifie qu'il y'a un grand nombre d'abonnés qui utilisent de l'eau pour satisfaire des usages du secteur d'activité tertiaire contrairement à ceux qui s'en servent pour combler des usages primaires.**

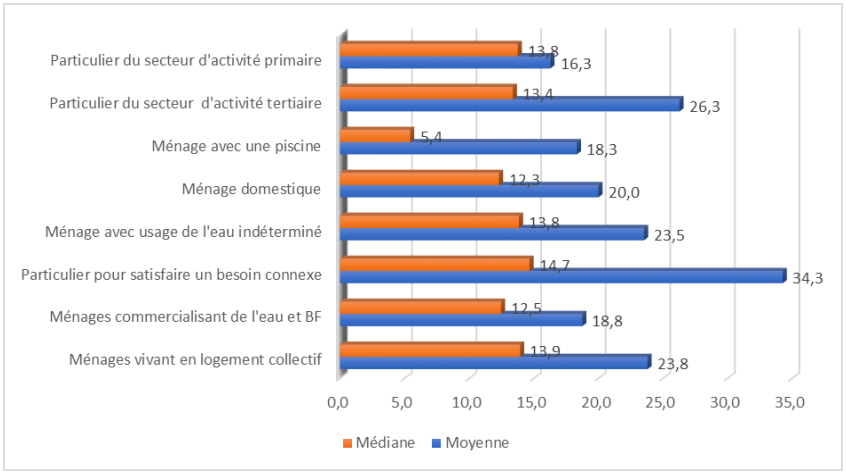


Figure 7: Consommation mensuelle moyenne et médiane de 2016 suivant le type d'usage dans la catégorie "particulier"

✓ Centre Sud Est

A l'agence du Centre-Sud-Est, le volume total annuel maximum des consommations d'eau a été enregistré en 2014 (voir tableau annexe sur les évolutions annuelles des consommations d'eau des abonnés de l'agence). A partir de l'année 2015, on perçoit une chute de ces volumes de consommations annuelles dans toutes les villes des régions. Sur les 06 années d'études, ce sont les villes de Bafia et d'Eseka qui enregistrent des consommations moyennes importants.

Par ailleurs, lorsqu'on compare avec l'agence de Yaoundé Agglomération, les abonnés les plus représentés dans cette agence sont les Administrations (69,6%). Ensuite, ce sont les abonnés particuliers. Les abonnés des bâtiments communaux et des bornes fontaines payantes sont présents en quantité faible comme cela peut se lire sur le **Tableau 15**.

Tableau 15: Poids des différents abonnés en 2014, et leur consommation mensuelle moyenne 2012-2017

Catégorie d'abonnés	Somme en m3	Poids (%)	Moyenne	Médiane	Ecart-type
Particulier	1 505 439	27,8	10,1	6,9	12,9
BF payante	8 275	0,2	12,0	11,6	9,8
Administration	3 767 387	69,6	272,7	118,5	371,4
Bâtiment communal	5 447	0,1	26,8	9,0	32,8
Client industriel	19 038	0,4	53,6	54,3	42,5
Agents et administration Enéo	68 383	1,3	74,9	33,7	83,1
Agent et administration CAMWATER	41 526	0,8	36,6	10,2	77,5
TOTAL	**5415495**	**100,0**	**32,1**	**7,6**	**128,8**

En termes de volumes de consommation, les administrations arrivent en tête avec une moyenne de 272,7 m^3, ensuite viennent les abonnés des agents des administrations de la société d'électricité au Cameroun (Enéo), avec une valeur de 74,4 m^3, et les clients industriels (53,6 m^3). Il convient de souligner que les consommations sont plus disparates chez les abonnés des administrations, avec une écart-type de 371,4 m^3. Elles sont plus homogènes chez les clients industriels et ceux des bornes fontaines payantes, avec des médianes proches des moyennes et des écarts-types faibles. Les volumes des administrations sont majoritairement supportés par les Hôpitaux, les services de sécurité (gendarmerie, commissariat, etc.), les prisons, les lycées etc.

En se rapportant aux poids de chaque usage de l'eau des abonnés particuliers, nous dégageons les proportions suivantes dans la **Figure 8**.

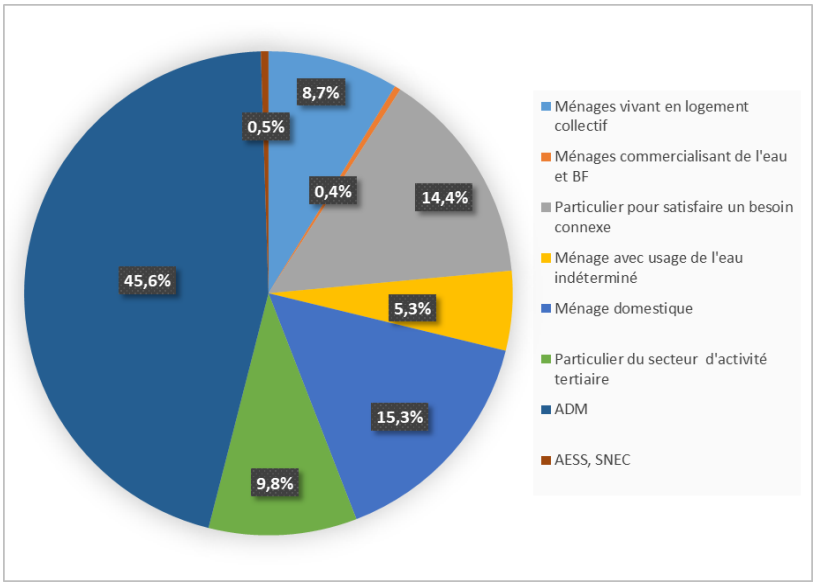


Figure 8: Poids des différents groupes d'usage dans la consommation de l'année 2014

Les usages les plus présentent sont ceux des ménages domestiques (15,3%). Tandis que les usages les moindres sont ceux des BF et des vendeurs d'eau. **Ce taux de représentativité est plus important pour l'usage désigné des bornes fontaines dans la DRCSE par rapport à la DRYA. Les abonnés avec piscines ne sont pas du tout représentés dans la DRCSE.** Ce qui est assez surprenant, surtout pour le cas de la ville de Kribi dans la région du Sud qui est réputée d'être l'une des cités balnéaires de grande renommée au Cameroun.

Par rapport au niveau de consommation de ces usages sur la période allant de 2012 à 2017, les consommations moyennes les plus importants sont adossées aux usages du secteur d'activités tertiaires (74 m^3). S'en suit les usagers vivant en logement collectif (Figure 9).

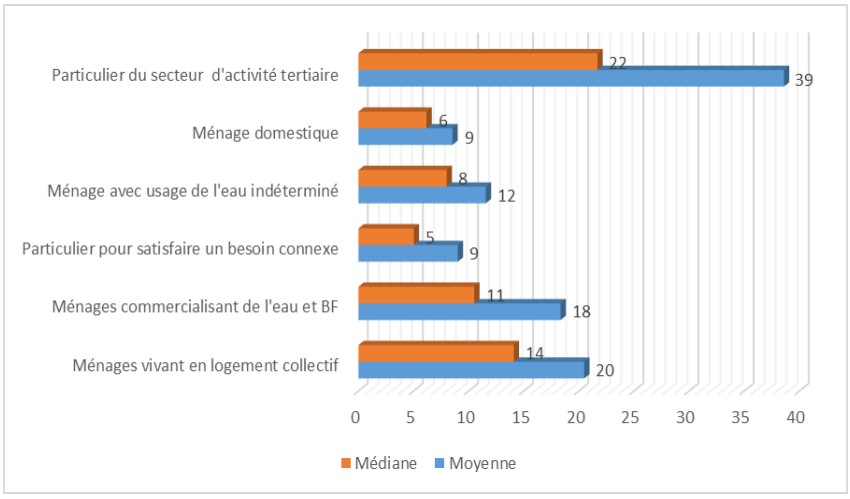


Figure 9: Consommation mensuelle moyenne et médiane de 2015 suivant le type d'usage de la catégorie d'abonné particulier (m3/abonné/an)

Par rapport à Yaoundé (20m^3), la consommation pour les usages domestiques dans la région du Centre-Sud-Est n'atteint qu'en moyenne 9 m^3 mensuel. La moyenne des consommations à la borne fontaine est sensiblement la même au niveau des deux agences régionales. Dans la région du Centre Sud et Est les particuliers qui se servent de l'eau pour alimenter des bouches d'incendie ou des terrains de jeux consomment très peu d'eau. En moyenne dans les 9 m^3. Les abonnés du secteur primaire (agriculture et ferme) ou avec des piscines sont inexistants dans la région.

Les consommations des abonnés particuliers reparties selon les tranches de volume définis dans la grille tarifaire en vigueur à la CAMWATER affichent que ce soit à Yaoundé ou au Centre-Sud-Est,

une proportion importante des consommations moyennes mensuelles plafonnées à 10 m^3. Cet effectif est plus grand dans la région du Centre Sud Est comme le montre **la Figure 11**. Très peu de ménage consomment plus de 30 m^3 dans les deux agences régionales.

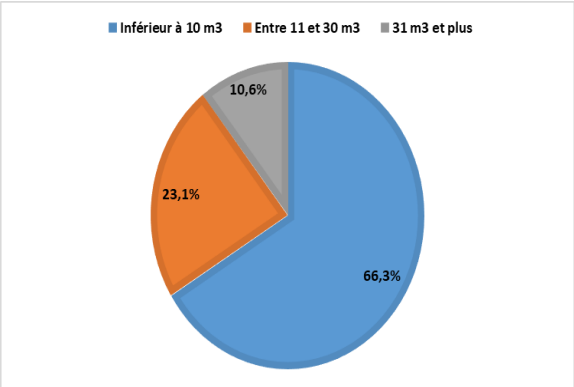


Figure 11 : Consommation moyenne des abonnés des régions du Centre Sud Est suivant les tranches de consommation d'eau de la grille tarifaire (2012-2017)

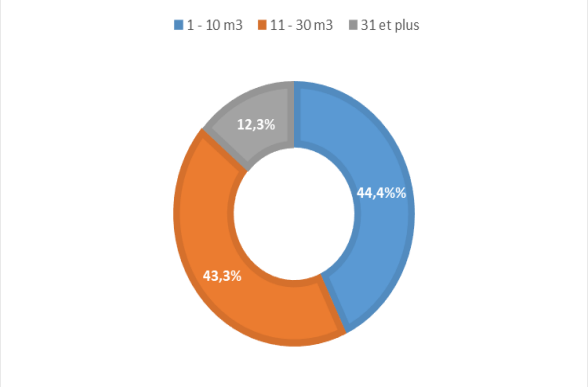


Figure 10 : Consommation moyenne des abonnés de la DRYA suivant les tranches de consommation (2012-2017)

Quand on se limite aux abonnements particuliers, on observe que le nombre d'abonnés de la classe inférieure à 10 m^3 augmente dans la région du Centre Sud Est, en passant de 66,3% à 72,5%.

Le système de relève de l'entreprise permet d'associer à chaque abonnement la nature du branchement exécuté. En ce sens, il existe six branchements types qui portent chacun une désignation. Dans cette gamme, on distingue des branchements particuliers qui ont contractés été après acquittement de la totalité de la somme due pour l'installation du branchement. Les branchements MAETUR qui renvoient aux abonnements souscrits par des ménages résidents dans des logements collectifs sociaux proposés par la Société Immobilière du Cameroun (SIC). Les branchements GPBOA qui désignent des branchements subventionnés par la Banque Mondiale (BM) dans le cadre du vaste programme de branchements sociaux initié au Cameroun après la réforme structurelle de 2005, dans le secteur de l'eau potable. Les effectifs d'abonnés recensés pour chaque type de branchement en fonction de leur classe de consommation d'appartenance se présentent comme suit dans la région Centre-Sud-Est.

Tableau 16: Répartition des abonnés selon le type de branchement et la tranche de consommation moyenne mensuelle 2012-2017

Nature du branchement	Inférieur à 10 m^3		Entre 11 et 30 m^3		31 m^3 et plus	
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
Branchement Particulier	1518	65,7%	540	23,4%	251	10,9%
Branchement Agent	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
Branchement administratif	0	0,0%	0	0,0%	3	100,0%
Branchement communal	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%
Branchement MAETUR	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%
Branchement GPOBA	73	83,0%	14	15,9%	1	1,1%

On peut ainsi lire que tous les branchements administratifs se retrouvent dans la dernière tranche de consommation (31 m^3 et plus). Les volumes des abonnements souscrits au titre de logement collectif à vocation social (Branchement MAETUR) sont compris en grande proportion entre 11 et 30 m^3. Les abonnés ayant bénéficiés des branchements sociaux se retrouvent en grande majorité dans la première tranche de consommation, c'est-à-dire les consommations de moins de 10 m^3 (15,9%). Cependant

quelques-uns de ces abonnés parviennent à basculer dans la deuxième tranche de consommation, et une part très infime dans la dernière tranche (1,1%).

6.2 Étude comportementale des abonnés exposés à des conditions de vie particulière

Dans cette section, nous tentons de comprendre les habitudes de consommation que développent les abonnés du centre de Yaoundé Agglomération qui ont été privé d'eau momentanément. De même, nous étudions le comportement des abonnés qui résident à proximité d'une source d'eau alternative tels un puits ou un forage.

6.2.1 Abonnés particuliers ayant résidé dans une zone privée d'eau pendant une période.

La configuration de la base de donnée nous a permis d'identifier le nombre d'abonnés ayant été privé d'eau à un moment donné. Les codes d'identification de ces abonnés se rapportent à l'indication des anomalies 88D, 88 E et 88H qu'on retrouve dans la base.

Dans l'échantillon d'étude, le nombre total d'anomalies du genre a été noté comme important au cours de l'année 2013 (33 772 fois) pour tous types d'abonnés confondus. Par contre, cette situation s'amoindrit en 2017 où on a relevé juste 1 4701 cas.

Lorsqu'on se restreint uniquement aux particuliers, le constat reste le même que précédemment : le pic de ces relèves d'anomalies se situe en 2013 et le creux en 2017. C'est le centre de Melen qui regorge du maximum d'occurrence de ces anomalies. Ce qui pourrait expliquer le changement qui a été observé précédemment dans la zone.

Les consommations moyennes en présence de telles anomalies sont très faibles. Elles oscillent entre 1 et 2 m^3 pour la majorité des abonnés particuliers. Les consommations médianes, elles sont nulles pour tous ces particuliers ; cependant chez ces particuliers il y'a un grand écart de volume de consommation entre les abonnés du secteur primaire et les autres abonnés. **En effet, la consommation n'est pas si faiblement représentée chez les particuliers du secteur primaire car, certains parmi eux s'arrangent à consommer des grands volumes dès qu'ils en n'ont la possibilité (Figure 12).**

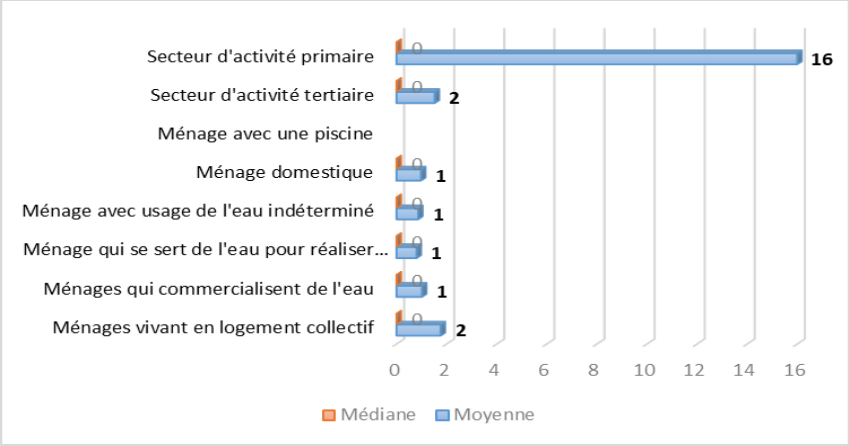


Figure 12: Consommation moyenne et médiane annuelle (2013) des abonnés particuliers à proximité d'une ressource alternative suivant le type d'usage

Pour mieux percevoir l'impact qu'une coupure d'eau pourrait avoir sur le changement d'habitude de consommation d'eau d'un ménage, nous avons relevé le nombre de ménage propriétaire d'un forage ou résidant à proximité de celui-ci en 2013 qui est l'année où l'on a enregistré un nombre d'occurrence élevé de coupures d'eau. Sur les 2 381 abonnés recensés comme privés d'eau dans les quartiers de la ville de Yaoundé, nous avons relevé 11 abonnés déjà dotés d'un forage ou d'un puits à domicile ou aux alentours. Ces abonnés ont été repérés par le code d'anomalie 11I mentionné au niveau de leur consommation mensuelle. En 2014 dans cette même sous-population, le nombre

d'abonnés marqué par cette anomalie est passé à 25.

Tableau 17 : Répartition des résidents en « zone sans eaux » en 2013, (anomalie 11I)

Années	Effectifs	Pourcentage	Nombre d'occurrences de l'anomalie 11i
2013	11	0,46%	17
2014	25	1,05%	54

On pourrait donc déduire que les fréquences de coupures d'eau de 2013 ont poussé 14 abonnés supplémentaires à se doter d'un puits ou d'un forage l'année d'après. Ce qui explique tant bien que mal l'influence que peut avoir les mesures de rationnement d'eau provisoire souvent déclenchées dans des quartiers des grandes villes comme Yaoundé.

Par la suite, il a été testé si les ménages qui se rapprochaient d'un forage en 2014 étaient évidemment ceux qui avaient le plus enregistré des coupures d'eau l'année d'avant. Pour ce faire, parmi les 2381 abonnements affectés en 2013, on a comparé le nombre moyen d'occurrences des anomalies 88D, 88E et 88H en 2013 entre les 14 abonnés ayant adopté un puits/forage en 2014 et les 2356 abonnés ne l'ayant pas fait.

Situation du ménage en 2014	Effectifs	Nombre moyen d'occurrences de l'anomalie 88 en 2013	Ecart-type	P-value
Pas de forage	2356	4,0	3,6	0,517
Acquisition d'un Forage	14	3,1	2,3	

Le test de moyenne de Fisher ne dénote pas une différence significative entre les deux groupes, ainsi le fait pour un ménage de choisir une source alternative d'approvisionnement en eau est en partie due à la l'absence d'eau dans leur zone résidence (qu'importe le nombre de fois que ces coupures sont survenues).

✓ Centre Sud Est

Sur la période de 2012 à 2017, le nombre d'occurrences de l'anomalie « zone sans eau » est de 15 477. Le pic de ces anomalies s'observe en 2015 avec 3 950 cas **(voir le décompte annuel par centre en annexe).** Ce qui correspond parfaitement à l'année où la région enregistre un volume d'eau très bas. **Au Sud, et plus précisément dans la ville de Kribi, on dénombre un peu plus des 2/3 des abonnements qui ont été marqué par l'anomalie 88 E, 88D et 88H. Les villes d'Eséka, de Matomb et de Campo sont les moins exposées au phénomène de coupure d'eau intempestive.**

Pour l'année 2015 où il y a eu ce maximum d'occurrence, la **Figure 13** ressort les niveaux de consommation de chaque usage chez les abonnés particuliers.

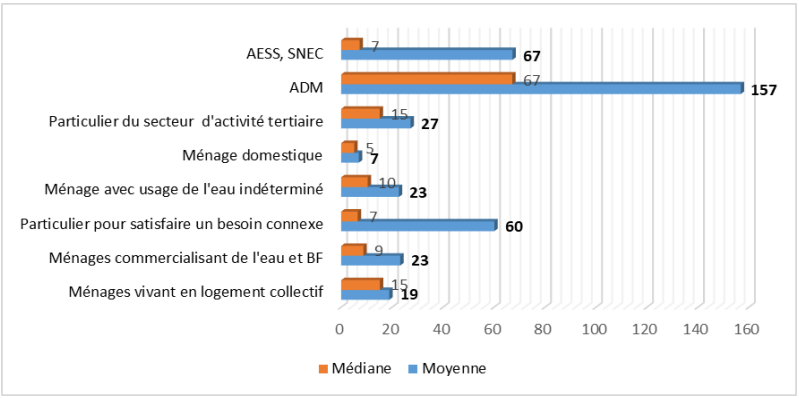


Figure 13 : Consommation moyenne et médiane annuelle (2015) des usages des abonnés particuliers privés d'eau de façon saisonnière suivant le type d'usage

En cas de coupure d'eau, les volumes moyens et médians des usages connaissent une baisse notoire. Seulement le niveau de la baisse n'atteint pas les 1 m^3 comme tel est le cas dans la ville de Yaoundé. Ce qui pourrait se comprendre, puisque la fréquence des coupures d'eau n'est pas la même dans les deux régions. On a tendance à penser qu'il y'aurait plus de coupures d'eau dans la ville de Yaoundé par rapport aux autres centres de la DRCSE. **Exceptionnellement pour les abonnés des bornes fontaines, les volumes restent pratiquement inchangés avec ou sans coupure d'eau.**

A présent on va analyser pour les abonnés qui ont résidé en « zone sans eaux » au cours de l'année critique, les changements qui s'opèrent l'année d'après (adoption d'un puits ou d'un forage).

En 2015, on a identifié 841 abonnés qui ont résidé en zone sans eaux, parmi lesquels 98 abonnés dotés déjà à leur domicile d'un puits ou d'un forage (anomalie 11i). Entre 2015 et 2016, dans cette même sous-population, le nombre d'abonnés proche d'un puits est passé de 98 à 128.

Tableau 18: Répartition des abonnés de « zonez sans eaux » en 2015, suivant l'anomalie 11i

Année	Effectifs	Pourcentage
2015	98	11,6%
2016	128	15,2%

Ainsi du fait d'absence d'eau en 2015, 30 abonnés supplémentaires se seraient dotés d'un puits ou d'un forage en 2016. Ce qui justifie dans une certaine mesure qu'en absence d'eau, les ménages sont enclins d'opter des sources d'approvisionnement en eau subsidiaires aussi dans cette région.

Le **Tableau 19** permet d'observer que ce sont les abonnés les plus affectés pas les anomalies de « zone sans eau » qui ont opté pour une source secondaire d'approvisionnement en eau.

Tableau 19: Résultats des tests de comparaison des moyennes

Situation des abonnés en 2016	Effectifs	Nombre moyen d'occurrences de l'anomalie 88 en 2015	Ecart-type	P-value
Pas de forage en	713	4,6	3,8	0,001

6.2.2 Abonnés particuliers résidants à proximité d'une source d'eau alternative (puits ou forage).

5 222 abonnés résident à proximité d'une source d'eau alternative. Le pic d'occurrences de l'anomalie 11I qui témoigne de la présence de ces moyens d'approvisionnement en eau a été relevé en 2017. C'est le quartier Mvog Ada qui enregistre un nombre élevé d'abonnés à proximité de ces sources d'eau, ce qui se comprend puisque dans cette zone, il y'a un maximum d'abonnés.

Toutefois ces valeurs sont discutables puisque dans certains centres comme Soa, on décompte 24 abonnés avec forage ou proche en 2012, puis l'année d'après il n'y a aucune valeur de marquée.

Tableau 20: Répartition des occurrences de l'anomalie 11i suivant les centres pour la catégorie ''particulier''

Zone commerciale	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
EKOUNOU	32	69	3	14	55	10	**183**
MELEN	82	141	129	303	333	585	**1573**
SOA	24		22	54	87	178	**365**
MVOG-ADA		839	1288	1248	921	890	**5186**
MBANKOMO	0	0	0	0	0	0	**0**

Zone commerciale	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
ETOUDI	96	139	179	269	246	273	**1202**
TSINGA	435	324	0	0	0	0	**759**
TOTAL	**669**	**1512**	**1621**	**1888**	**1642**	**1936**	**9268**

Lorsqu'on compare la fréquence des forages en fonction du nombre d'abonnés que renferme chaque agence commerciale, il ressort que les secteurs de Melen (27,5%) et de Soa (26,5%) sont les plus marqués par la présence de ces puits et forages. De mémoire ce sont d'ailleurs ces deux zones qui affichent des niveaux de consommation d'eau très bas, (moins de la moyenne générale qui est de 21,5 m^3).

Il existe moins de forages dans les secteurs de Tsinga (4,7%) et d'Etoudi (4,1%) où sont localisés la majorité des quartiers résidentiels. A Mbankomo, on ne recense aucun ménage abonné qui s'approvisionne ou réside près d'un forage ou d'un puits ce qui est assez surprenant, mais aussi pourrait se comprendre puisque la zone apparemment serait l'une des mieux desservies de la DRYA.

Le graphique 14 présente les niveaux de consommation d'eau des ménages qui ont eu recours à ces modes d'approvisionnent en eau subsidiaires en 2017 où ce nombre recensé a été important.

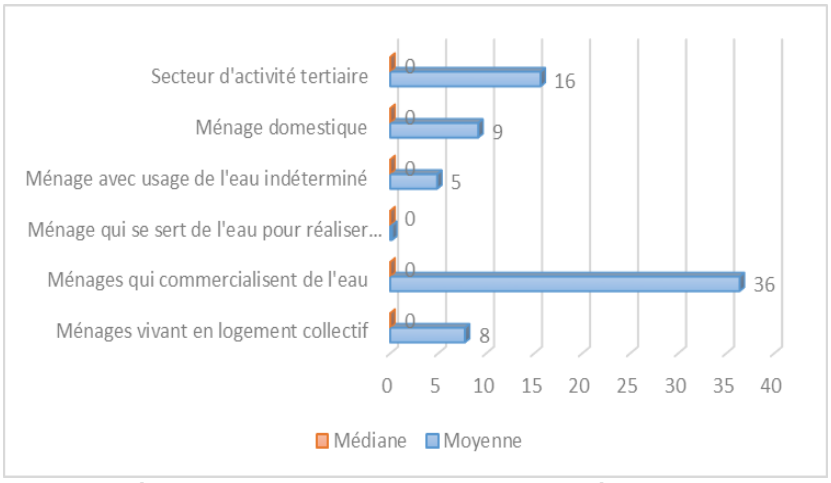


Figure 14: Répartition de la consommation moyenne et médiane annuelle (2017) suivant le type d'usage de l'abonné particulier résidant à proximité d'un forage ou d'un puits

Nous observons que les ménages domestiques et ceux qui vivent en logements collectifs changent fortement leurs consommations puisque les volumes moyens chutent sensiblement à 9,5 m^3 par rapport à la moyenne d'ensemble qui oscille entre 21 et 23 m^3. Par ailleurs pour toutes les catégories d'abonnés sans distinction, la moitié se retrouve avec des consommations médianes égales à zéro. **Chez les abonnés des bornes fontaines payantes, les consommations ne sont pas vraiment impactées par la présence des forages puisque le niveau moyen général en présence de ces ressources est plutôt porté vers la hausse.**

Sur toute la période d'étude (2012-2017), les volumes de consommation moyens annuels des ménages situés près d'une source d'eau alternative se rapproche des 18m^3, contre 223,5 m^3 pour l'ensemble des ménages.

Tableau 21: Caractéristiques de la consommation annuelle 2012-2017 des ménages abonnés

Caractéristique du ménage	Moyenne (m3/an)	Médiane	Minimum	Maximum
Ménages dont la concession est proche d'un puits ou d'une borne-fontaine	18,35	0,00	0,00	964,00

Caractéristique du ménage	Moyenne (m3/an)	Médiane	Minimum	Maximum
Ensemble des ménages (sans anomalies)	210,58	129,3	2,5	70934

6.3 Caractérisation des tendances de consommation d'eau et leurs prévisions

✓ Yaoundé Agglomération

La **Figure 15** retrace l'évolution des consommations d'eau moyennes et médianes annuelles de 2012 à 2017. Les deux courbes suivent des allures similaires sur l'ensemble des 06 années d'étude ; la médiane restant toujours inférieure à la moyenne d'une année à l'autre. La moyenne annuelle par abonné varie de 207 m^3 à 269 m^3. L'année 2013 marquée par des coupures d'eau importantes comme nous l'avons précédemment souligné enregistre une consommation d'eau faible équivalente à 207 m^3 d'eau. De 2013 à 2016, on observe une tendance à la hausse et à partir de 2017 une baise qu'on ne saurait prédire à cause du manque d'information suffisante sur l'année courante (2018).

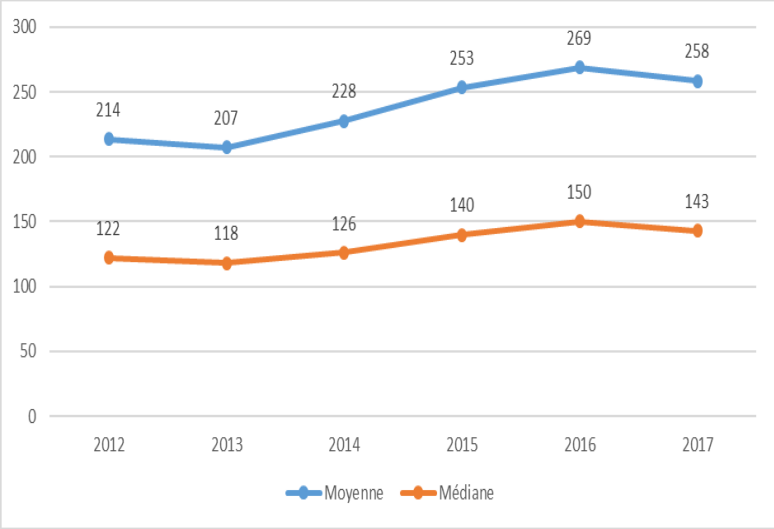


Figure 15: Consommation moyenne et médiane annuelle (2012-2017)

La juxtaposition des séries annuelles nous a permis de dresser un profil saisonnier de la consommation d'eau. Il semble se dégager un phénomène périodique d'une année à une autre puisqu'on observe des pics et des creux sur les mêmes mois de ces années. Les mois de mars, de juin et d'octobre qui correspondent à des mois de précipitation extrême d'après les climatique de la ville de Yaoundé sont caractérisés par des volumes de consommation bas.

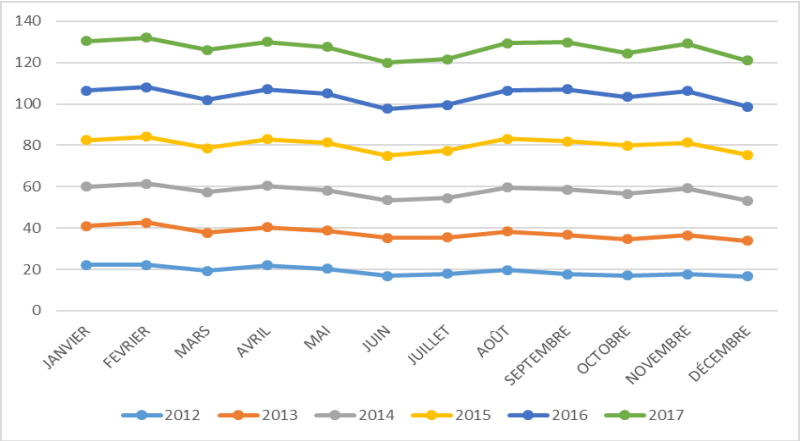


Figure 16 : Profil saisonnier de la consommation mensuelle sur la période 2012-2017

Lorsqu'on s'attarde à l'évolution des consommations d'eau dans les agences commerciales de la ville de Yaoundé, on s'aperçoit que les consommations des zones d'Ekounou, d'Etoudi, de Mvog-Ada et de Tsinga présentent des évolutions progressives. Dans le secteur de Melen, la courbe d'évolution varie d'une année à l'autre en dent de scie, rendant difficile l'interprétation véritable de l'allure de la courbe dans le temps. A Soa, après la hausse qui survient entre les années 2012 et 2013, on assiste à une baisse continue jusqu'en 2017. Pour ce qui est du centre de Mbankomo, il est difficile d'appréhender la tendance d'évolution mais, ce qui est perceptible est qu'en 2015, ce volume de consommation a connu un croit important avant d'évoluer de façon constante.

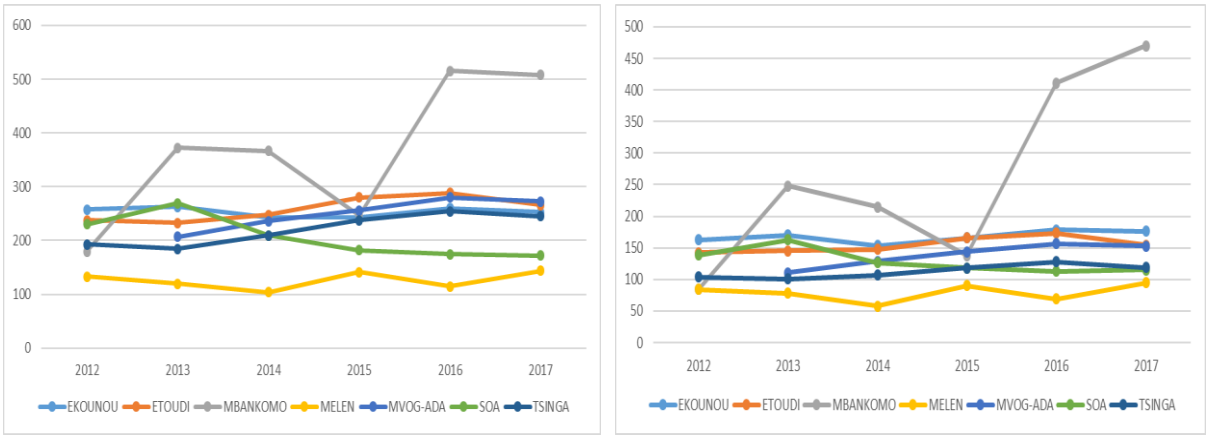


Figure 17: Tendances des consommations (moyenne à gauche et médiane à droite) par agence de facturation (m3/abonné /an)

Les consommations médianes et moyennes suivent la même tendance **(Graphique 17).**

Ces analyses de tendance reprises pour les différentes catégories d'abonnés ressortent un pic de consommation en 2016 pour les clients industriels. Respectivement pour les abonnés des bâtiments communaux et des clients industriels, les volumes croissent jusqu'en 2015 et 2016 avant de baisser. Les autres catégories présentent des volumes qui progressent lentement au cours du temps (Graphique 19).

Sur **la figure 18** sont représentées les évolutions de consommation annuelle moyenne suivant les quintiles de consommation. Les 20 plus gros consommateurs (5ème quintile) ont augmenté leur volume de consommation entre les années 2013 et 2016, avant de baisser. C'est compréhensible puisque l'année 2016 a été marquée par la chute de volume des grands consommateurs de la ville (industriels et bâtiments communaux) Pour les autres classes, l'évolution est presque constante dans le temps, mais justement à partir de 2016, l'allure change.

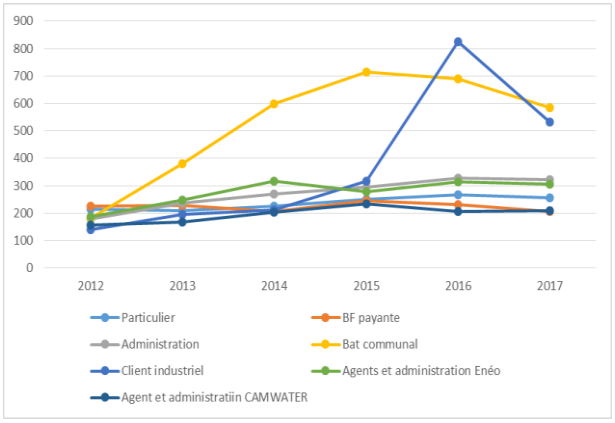


Figure 18 : Consommation moyenne annuelle selon les catégories d'abonnés

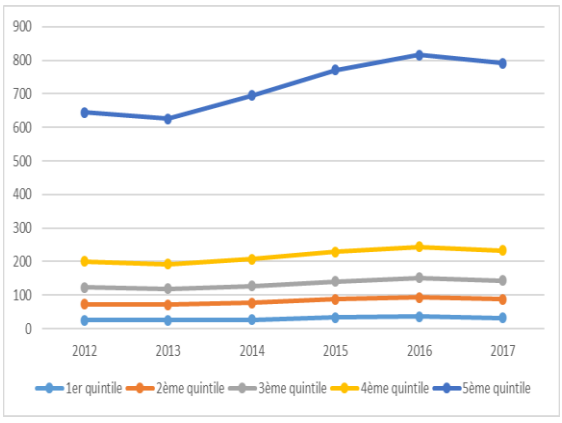


Figure 17 : Evolution des consommations moyennes annuelle par classe de quintile

Les volumes d'eau utilisés par les particuliers augmentent tous sauf chez les particuliers dotés d'une piscine où après le pic observé en 2014, une baisse se poursuit sur le reste de la période. Dans

l'ensemble, les valeurs modales sont observées chez les ménages qui utilisent de l'eau pour des activités connexes, ensuite on retrouve les usages du secteur d'activité tertiaire.

✓ Centre Sud Est

La figure ci-dessous présente l'évolution de consommation totale annuelle (moyenne et médiane) de 2012 à 2017 dans la région Centre Sud Est. Les deux courbes ne suivent pas la même tendance. La courbe des consommations moyenne est croissante de 2012 à 2014 ; à partir de 2014 on assiste à une baisse systématique jusqu'en 2017 qui porte le volume de 566 m^3 à 167 m^3. Tandis que la courbe de la médiane évolue de façon presque constante sur toute la période d'étude. Les valeurs moyennes demeurent supérieures aux médianes d'une année à l'autre.

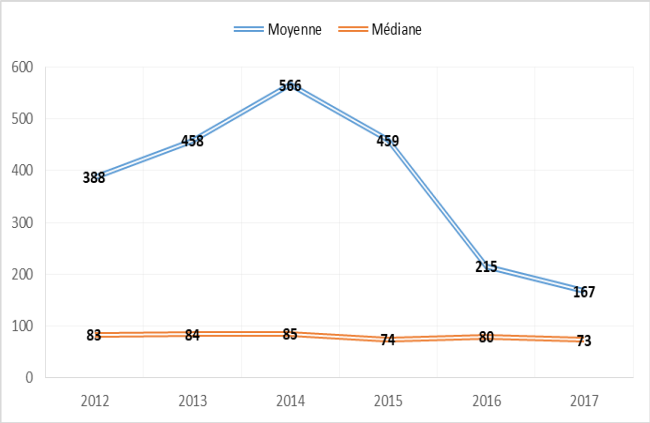


Figure 19 : Evolution de la consommation totale annuelle 2012-2017 (m3/abonné /an)

Lorsqu'on étudie l'allure de la consommation suivant les centres, on s'aperçoit que dans pratiquement tous les centres, les volumes progressent jusqu'en 2014 avant de baisser comme le prouve **la Figure 21**. Ce qui explique certainement la chute observée dans l'ensemble de la région à partir de l'année 2014. Dans la ville de campo, l'allure de la courbe s'inverse puisqu'à partir de la même année, les consommations augmentent plutôt dans le temps. A Bafia, de 2012 à 2014 les consommations moyennes importantes ont évolué de façon constante, avant de baisser jusqu'en 2017. La courbe moyenne à Zoétélé est relativement constate depuis 2015 et pourtant sa médiane a une allure de croissance ce qui signifie que plus de la moitié des abonnés de la ville sont tenté de faire évoluer leur niveau de consommation.

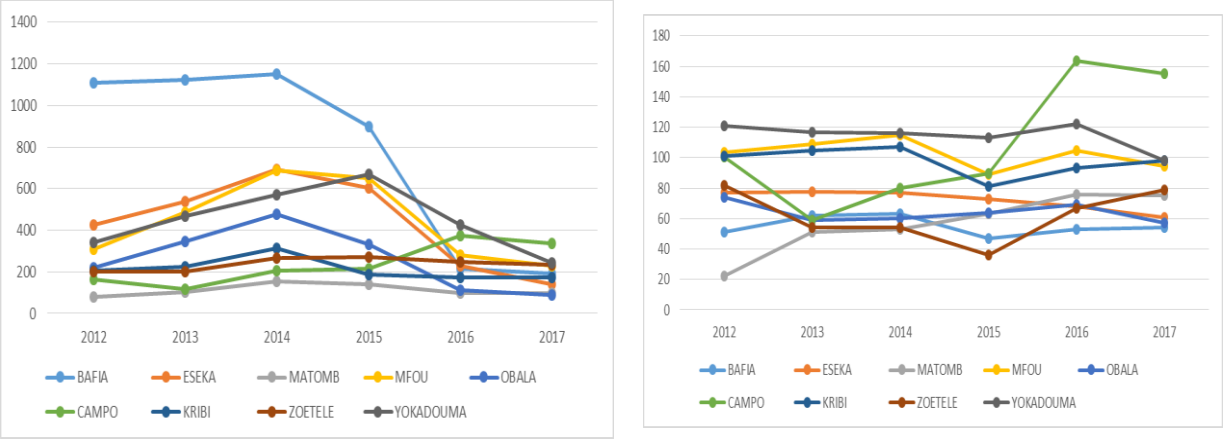


Figure 20 : Consommation moyenne par catégorie d'abonné (gauche) et par type d'usage de la ressource chez l'abonné particulier (droite)

La tendance d'évolution suivant les catégories d'abonnés met en évidence une chute drastique des volumes de consommation d'eau chez les administrations et une baisse progressive chez les autres catégories d'abonnés (Figure 21).

Notons qu'il n'existe aucun lien de causalité entre la baisse de consommation des administrations et les coupures d'eau observées dans la région, puisque celle-ci ne commencent à être fréquentes qu'à partir de 2015. **Un élément factuel qui expliquerait alors cette baisse d'après quelques sources serait le réseau frauduleux de surfacturation d'eau qui aurait été démantelé en 2014, et attiré l'attention des différents responsables des structures administratives. Pour ne pas avoir à s'imiter davantage dans des problèmes de cuisine interne de la CAMWATER, nous n'allons plus évoquer cet aspect qui s'éloigne d'un argument scientifique.**

Chez les particuliers, la baisse commence effectivement à se faire ressentir en 2015, où la fréquence des coupures d'eau devient longue et importante.

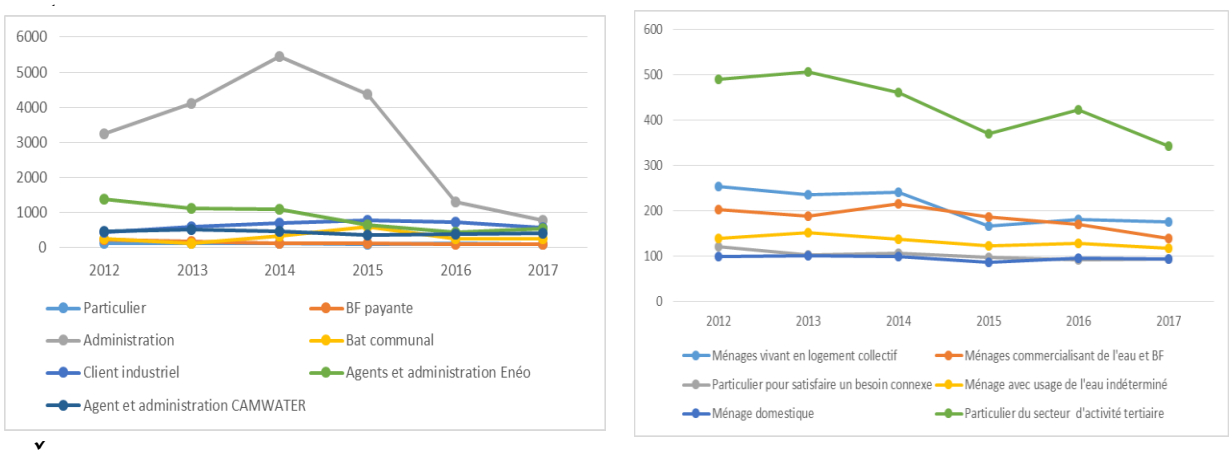


Figure 21 : Consommation moyenne par catégorie d'abonné (gauche) et par type d'usage de la ressource chez l'abonné particulier (droite)

6.3.1 Test statistique de non stationnarité

✓ **Yaoundé Agglomération**

Cette partie expose les résultats obtenus à l'issu des tests de non stationnarité effectués sur la variable consommation d'eau. En rappel, nous nous sommes restreints aux individus qui sont renseignés sur toute la période d'étude (soit un total de 3235 abonnés).

Les tests de non stationnarité ont été réalisés pour chaque abonné et les résultats agrégés sont exposés dans les figures ci-contre. Bien que dans l'ensemble la consommation en eau soit animée d'une évolution croissante, il n'en est pas de même pour chaque abonné pris isolement.

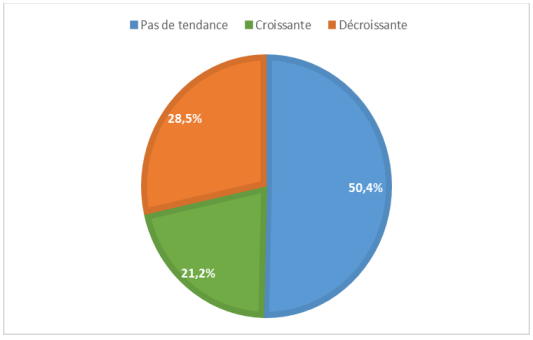


Figure 22 : Evolution de la consommation d'eau des abonnés en fonction du Test de Mann Kendall (2012-2017)

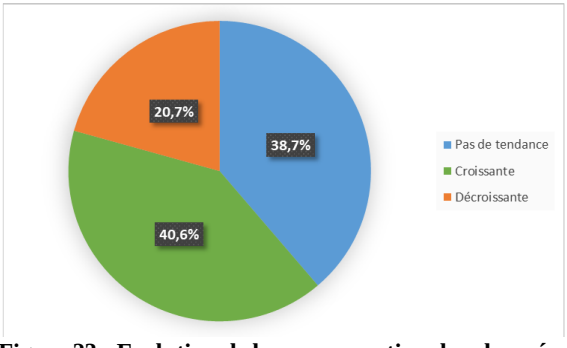


Figure 23 : Evolution de la consommation des abonnés exposés aux coupures d'eau fréquentes en fonction du test de Mann Kendall (2012-2017)

En effet, les résultats du test nous renseignent que dans l'ordre de 10 abonnés en moyenne, 04 présentent des consommations avec tendance croissante contre 2 avec tendance décroissante, et les six autres restant pas de tendance.

La reproduction du test au niveau de la catégorie d'abonnés « particuliers » a conduit à l'obtention des résultats assez proches de ceux de l'ensemble des abonnés **(voir annexe J).**

lorsqu'on sinterresse cependant au cas des abonnements affectés d'une anomalie marquée par la présence d'une coupure d'eau (88E, D et H), on constate que près de la moitié de l'ensemble de l'échantillon n'affichent aucune tendance (50,4%). Sur l'autre moitié restante, 21,2% ont une tendance à la baisse et 28,5% une tendance à la hausse (voir graphe de gauche ci –dessus).

En effet, pour 01 abonné sur 02 (50,4%), les tests ont conduit à l'hypothèse pas de tendance ce qui signifie que sur deux individus qui ont été privé d'eau au cours d'une période, il y'a une chance de ne dégager aucune tendance. Par ailleurs dans cette tranche de la population, la tendance ***décroissante*** est fortement représentée avec une différence d'environ 8 points de la précédente (28,5% contre 20,7% dans l'ensemble).

Au niveau des agences qui assurent les couvertures des quartiers, le test reproduit permet de percevoir des tendances variables d'une zone à l'autre (**Figure 25**).

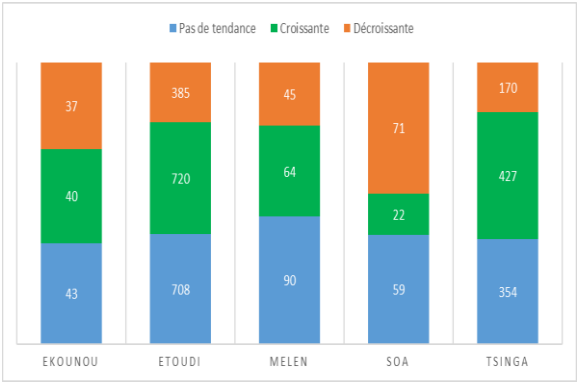


Figure 25 : Répartition des abonnements suivant la tendance de consommation de 2012-2017 en fonction du test de Mann Kendall

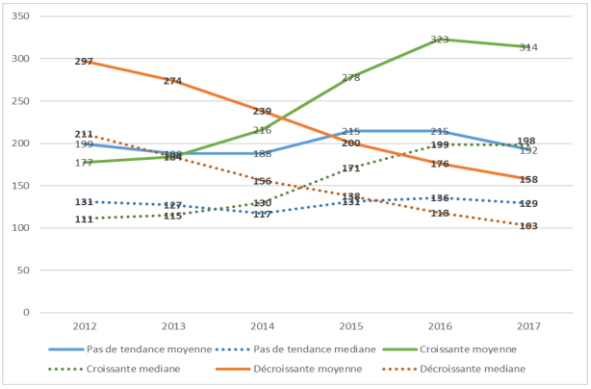


Figure 24 : Evolution de la consommation moyenne et médiane correspondante en fonction du test de Mann Kendall

Les abonnés des quartiers couverts par l'agence de Tsinga augmentent leur consommation d'eau de 44,9%, ensuite viennent les abonnés du secteur d'Etoudi avec un taux de 39,7% ; A l'inverse dans la zone de Melen qui couvre en grande majorité les quartiers périphériques de la ville, les ménages ont davantage baissé leur consommation respectivement de 46,7%, comme cela est perçu à travers le graphe de gauche ci-dessus.

A droite, la **Error! Reference source not found.** d'évolution associée à ces résultats de test de non stationnarité présente une pente forte dès l'année 2013 pour la classe d'abonnés qui augmentent leur volume de consommation d'eau. Chez les abonnés qui ont une tendance de baisse, les moyennes et médianes tendent plutôt vers une homogénéisation au fil des ans.

- ✓ **Centre Sud Est**

Dans les régions du Centre, Sud, Est, les tests de stationnarité ont été réalisés pour chaque abonné et les résultats agrégés sont exposés dans la figure 28 en dessous. Bien que dans l'ensemble la consommation d'eau soit animée d'une évolution croissante, il n'en est pas de même pour chaque abonné pris isolement. En effet, les résultats du test nous renseignent qu'en moyenne sur 10 abonnés, 04 voient leur consommation baisser, contre 2 qui l'augmentent.

Pour 37,9% des abonnés, le test de tendance n'a pas été concluant.

Par ailleurs le test reproduit sur deux catégories d'abonnés distincts (particuliers et administrations) a permis de montrer qu'une grande part d'abonnés particuliers (32,8%) a une tendance à baisser ses consommations, contre très peu qui l'augmentent (25,3%). Dans la catégorie des administrations, la tendance à la baisse l'est à plus de de 57% à cause du problème surfacturation précédemment évoqué.

En s'intéressant de près aux abonnés de la ville de Kribi où on a repéré le plus grand nombre d'occurrence de coupures d'eau, on constate que pour 1 abonné sur 2, la tendance de consommation

est décroissante. Ramené aux abonnés de la ville, cela correspond à 50,8% d'individus (sur les 39,7% du global) qui ont une tendance décroissante, contre 32,3% qui n'affiche aucune tendance. En effet, suite aux multiples coupures d'eau, il y a trois fois plus de chance d'observer une baisse de consommation chez les abonnés de Kribi (figure de gauche).

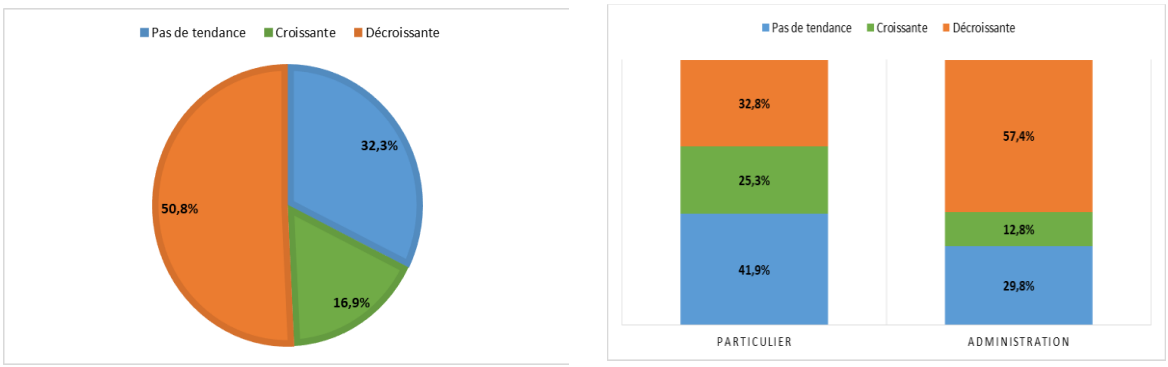


Figure 26 : Répartition des abonnés (particuliers et administrations) et des particuliers de la ville de Kribi (gauche) présents sur six ans selon l'évolution des consommations en eau (2012-2017), en fonction du test de Mann Kendall

D'une région à l'autre, l'évolution tendancielle des consommations d'eau varie. C'est pareil d'une ville à l'autre appartenant à une même région. En général la baisse touche toutes les régions, mais la zone la plus impactée par ce phénomène est la région du Centre comme le témoigne le graphique 27.

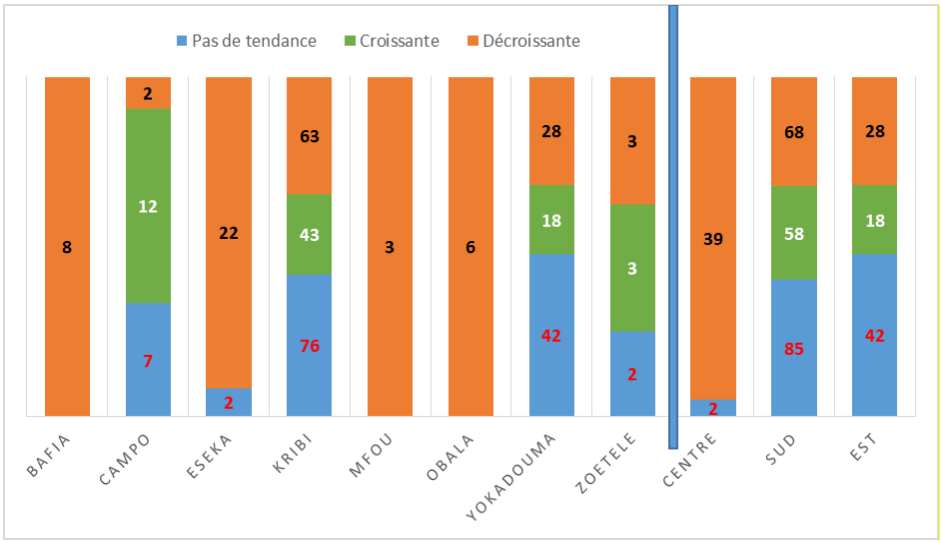


Figure *27*: Répartition des abonnements par centre suivant la tendance de la consommation de 2012-2017, en fonction du test de Mann Kendall

La forte baisse notée au Centre est soutenue par le nombre d'occurrence de coupure d'eau importante que connaissent les villes de la région, notamment les villes de Bafia, d'Obala et de Mfou où il n'y a aucune tendance haussière. Parmi toutes ces villes, seul Campo dans la région du Sud enregistre une part importante d'abonnés qui augmente le niveau de consommation.

Le graphique 28 permet de mieux appréhender l'évolution de la consommation en fonction de chaque groupe de tendance. La courbe de couleur orange illustre bien la décroissance du niveau moyen de consommation depuis 2014, certainement des abonnés administratifs comme déjà évoqué. Les courbes médianes pour tous les groupes de tendance sont presque toutes homogènes.

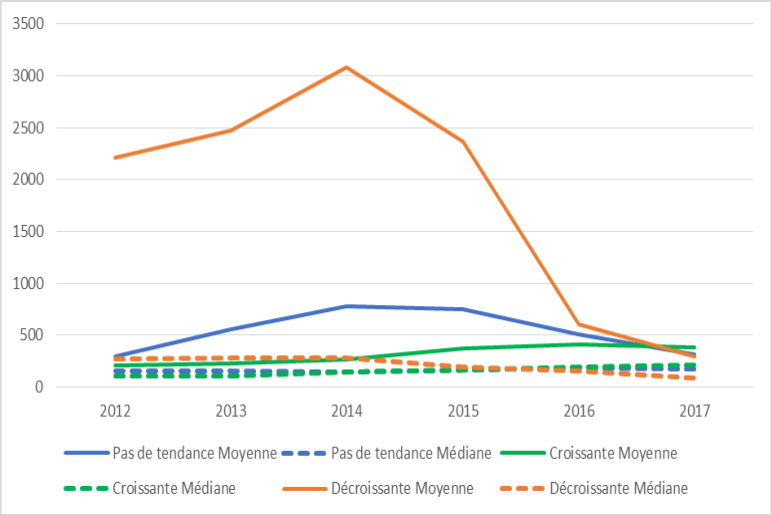


Figure 28: Evolution de la consommation annuelle moyenne et médiane de 2012-2017 En fonction du test de Mann Kendall

6.3.2 Prévisions de l'évolution des consommations des abonnés de Yaoundé

Dans cette partie, nous avons tenté d'estimer les prévisions de la consommation d'eau, conformément à la méthode déjà relatée. Les données antérieures n'étant disponibles que sur quelques années, il a été difficile de réaliser de longues prévisions[23]. Le tableau suivant résume donc la situation des consommations qui a été prédite pour les années 2018 et 2019.

Tableau 22: Prévisions des consommations d'eau suivant les centres d'abonnements

Zone	Nombre d'abonnés	2018 (m3/an)	Consommation (l/jr/pers)	2019 (m3/an)	Consommation (l/jr/pers)
EKOUNOU	794	200 262	69,10	198 709	68,57
ETOUDI	6 516	1 672 184	70,31	1 837 253	77,25
MBANKOMO	12	5 259	120,07	6 552	149,59
MELEN	854	112 532	36,10	115 008	36,90
MVOG-ADA	8 754	2 209 972	69,17	2 512 059	78,62
SOA	392	64 187	44,86	54 482	38,08
TSINGA	5 759	1 389 555	66,11	1 544 086	73,46

Pendant l'année en cours et l'an prochain, certains quartiers connaitront une augmentation du volume de consommation d'eau, contrairement à d'autres qui connaitront plutôt une baisse. Les quartiers concernés par cette baisse sont ceux couverts par les agences d'Ekounou et la ville de Soa. A Melen, on va enregistrer une légère augmentation du niveau de consommation d'eau entre ces deux années (2018-2019), sensiblement de 2,2% qui pourrait éventuellement changer d'allure les années d'après.

Selon les catégories d'abonnés, le modèle prévisionnel indique que ce sont les agents des administrations de la société d'électricité (Enéo) qui risqueraient d'augmenter leur volume de consommation d'eau. Ensuite et certainement les abonnés des bâtiments communaux, et enfin les industriels. Cette tendance va à l'encontre de la politique nationale des services d'eau qui au

[23] Il est recommandé d'avoir un historique qui s'étende sur au moins 30 ans, afin d'envisager de longue prévision dans le temps.

Cameroun qui sont engagés depuis plusieurs années à réduire les volumes de consommation de ces administrations de 3% chaque année. Les abonnés des bornes fontaines ne vont augmenter leur consommation que de 9,26%. Ce qui confirme bel et bien que les abonnés qui s'approvisionnent par des bornes fontaines payantes ne feront pas trop évoluer leur niveau de consommation d'eau (Tableau 23).

Tableau 23: Prévisions des consommations en suivant les catégories d'abonnés (m^3/an).

Catégorie d'abonné	2018 (m3/an)	2019 (m3/an)
Particulier	5418344	6047544
BF payante	22947	25071
Administration	102132	120561
Bat communal	12270	15251
Client industriel	899	1112
Agents et administration Enéo	35189	45213
Agent et administration CAMWATER	19463	23418

7. RECOMMENDATIONS

Depuis quelques années déjà, la CAMWATER constate une baisse des consommations d'eau de ses abonnés à travers des chiffres de reporting des activités d'exploitation. Intuitivement, les responsables de l'entreprise assimilent ce changement au déficit d'eau qui caractérise plusieurs centres du périmètre d'affermage. Pour pallier à cette éventualité dans nos analyse, nous avons tenté dans un premier temps grâce à des méthodes de calcul d'hydraulique de confronter l'offre et la demande d'eau dans les centres, afin de choisir les villes performantes/excédentaires en eau pour lesquels l'étude serait affiner. C'est ainsi que 10 villes ont été retenues dans les régions du Centre-Sud-Est, et à Yaoundé Agglomération pour poursuivre l'analyse de ces consommations à l'échelle individuelle.

Les bases de données exploitées à cet effet ont été récupérées auprès des agences commerciales de la CAMWATER. Elles ont fait l'objet d'analyses statistiques et de tests, afin d'affirmer ou infirmer certaines hypothèses de départ que nous avons émises. Egalement à partir de ces données qui retracent l'évolution des consommations d'eau sur ces neuf dernières années, nous avons élaboré un modèle de prévision qui a servi à prédire cette évolution au cours des prochaines années.

Ainsi deux principaux facteurs ont été identifiés comme ayant eu un impact négatif sur le niveau de la consommation d'eau des abonnés ces dernières années : il s'agit premièrement des coupures d'eau intempestives; deuxièmement de la fraude dans le réseau d'eau. En effet nous avons remarqué que plusieurs ménages qui avaient recours à des sources d'eau alternatives (puits ou forages) étaient ceux qui avaient eu à subir des coupures d'eau fréquentes sur une période. Le test des moyennes (Fisher) qui a été réalisé sur l'échantillon d'abonnés exposés à ces conditions de coupure d'eau le confirme, puisqu'il est significatif pour les abonnés particuliers de la DRCSE. C'est pareil dans les quartiers des agences commerciales de Melen et la ville de Soa, où on s'aperçoit que les ménages victimes de ces coupures d'eau se sont rabattus en grande masse vers ces sources d'eau alternatives.

Dans la région du Centre-Sud-Est, la chute drastique des volumes de consommation, surtout chez les abonnés des administrations s'explique par la vigilance double que ces derniers ont portée au moment des relèves qui s'effectuaient à leur compteur d'eau car, apparemment ils auraient été très souvent victimes de surfacturation par le réseau de fraude créé avec la complicité de certains agents chargée de relève à CAMWATER. Cette même fraude pourrait éventuellement justifier les consommations d'eau

faibles observées chez les ménages dotés des piscines par rapport aux simples ménages abonnés domestiques. Cependant il n'est pas exclu que les usages qui déterminent la demande d'eau commencent à être priorisés par les abonnés domestiques qui possèdent des puits ou des forages.

Au regard de ces facteurs intrinsèques qui peuvent entraver à la bonne marche des activités de planification de l'entreprise, et plus loin encore à la gestion du patrimoine conféré par l'Etat, nous formulons les recommandations suivantes qui sont des instruments de mesures par anticipation pour limiter l'inadéquation en l'offre et la demande d'eau d'une part. Mais aussi pour maintenir les abonnés dans le système de distribution actuelle d'autre part. Ainsi les grandes actions à mettre en place sont:

- **la mise à jour du plan directeur :** le plan directeur est un outil stratégique qui oriente les investissements à mettre en œuvre dans le secteur de l'eau, par le gouvernement à travers l'entreprise. D'après les résultats de cette étude, le document devrait être révisé puisqu'au fil des ans, avec la dégradation du service, et même aussi les contrefaçons des agentes de relève, les abonnés ont changé leurs habitudes de consommation d'eau en ayant recours à d'autres ressources alternatives. Ceci dit, le model prévisionnel de la demande d'eau étudié en 2012 s'avère dépassé et limité puisque, non seulement il n'intègre pas ce paramètre du changement, mais aussi il omet de prendre en compte les usages de l'eau actuels qui déterminent la demande d'eau. Ainsi pour que l'entreprise espère réaliser des investissements durables, il faudrait qu'elle réévalue son modèle prévisionnel de demande en intégrant justement tous ces paramètres qui ne peuvent être obtenus qu'au moyen d'une enquête de terrain. Les zones critiques où il faudrait impérativement poursuivre l'étude sont les quartiers des agences de Melen, d'Ekounou et la banlieue de Soa car comme nous l'avons constaté, la baisse des consommations d'eau risquerait de s'empirer au fil des ans.
- **la numérisation du système de facturation d'eau :** nous recommandons formellement à l'entreprise de mettre en place des systèmes de télégestion qui pourront limiter les erreurs liées à la relève, en particulier les fraudes et les autres dégâts matériels pouvant conduire à fausser les chiffres qui attestent du niveau de performance et de rentabilité dans le secteur. En effet, nous avons constaté que très peu d'abonnés particuliers sont raccordés au réseau d'eau public dans les régions du Centre du Sud et à l'Est. Ce faisant, l'opérateur ne pense pas du même avis puisqu'apparemment, il y'aurait des abonnés raccordés qui bénéficient du service tout en payant leur consommation d'eau directement chez le releveur de compteur, ce qui n'est pas légale, et appelle à plus de diligence de la part des dirigeants de l'entreprise. Cette hypothèse peut se confirmer à travers les résultats qui montrent qu'un ménage abonné qui est doté d'une piscine consomme moins que celui qui ne l'est pas, et donc certainement il s'agit là soit d'un ménage qui a radicalement changé ses usages de l'eau qui déterminent sa demande, en décidant par exemple d'alimenter sa piscine par un forage ; ou alors des personnes qui sont impliquées dans des réseaux de fraude. Toutes fois une enquête de terrain est nécessaire pour caractériser les différents usages des abonnés particuliers, pour ainsi mieux appréhender ce changement.

En fin de compte, toutes ces conditions réunies permettront d'aboutir sans doute à une révision du montant des investissements alloués au cours des prochaines années dans le secteur pour combler les besoins en eau de la population.

Aujourd'hui, le fort rationnement des consommations d'eau des ménages à partir des branchements particuliers est un fait réel qui ne permet pas de couvrir une part des besoins essentiels pour l'hygiène et la santé des familles camerounaises, ce qui est fort regrettable et doit inciter les responsables à revoir et à conforter la place des bornes fontaines sur la courbe de satisfaction de la demande d'eau des ménages dans des zones périurbaines. Au vu de la situation d'irrégularité de la distribution de l'eau qui prévaut chez certains abonnés résidents des quartiers périurbains mal desservis, les mesures prévoyantes que nous suggérons à l'opérateur pour maintenir ces abonnés dans le réseau, tout en restant crédible à leur égard sont de :

- **limiter la fréquence des coupures d'eau :** le fait de couper l'eau n'est pas toujours rattaché à la qualité du service, mais peut également provenir des mesures de rationnement qui ne sont

pas appliquées de façon équitable entre les abonnées des différentes quartiers car rappelons le, la CAMWATER est souvent confrontée à des problèmes de réseau qui l'amène à établir des calendriers de suspension provisoire du service dans certains quartiers pour satisfaire d'autres.

- **développer des systèmes de gestion des points d'eau collectifs durables :** l'opérateur pourrait faire face à la réalité du rationnement en développant systématiquement des mesures d'accompagnement qui visent à mettre en place des points d'eau collectifs tels les bornes fontaines prépayées qui seraient alimentées par des forage de faible capacité de production. Les acteurs à impliquer dans ce genre d'organisation sont : les usagers ; les collectivités et les opérateurs privés. Ce collège d'acteurs devra être constitué dans une logique contractuelle de complémentarité;
    - la population des quartiers bénéficiaires devra être consultée dans le choix des sites d'implantation et la sélection des préposés afin de garantir la viabilité du service offert ;
    - la grille des tarifs officiels de revente de l'eau à la borne fontaine doit être définie par la CAMWATER, et adopter par le Gouvernement, de manière à préserver l'équilibre financier du service offert et garantie à l'usager de la BF des coûts de l'eau abordables et une qualité de service acceptable (qualité de l'eau, durée d'ouverture de la BF, etc.) ;
    - un mécanisme de suivi-évaluation, de contrôle de proximité et d'autocontrôle de l'exploitation du service d'eau à la BF sera mis en place. Cette responsabilité incombe au premier chef à la CAMWATER, ensuite aux communes d'arrondissement et aux usagers ;
    - pour permettre aux usagers d'effectuer leur propre contrôle, l'obligation sera faite aux préposés de mettre en place bien en évidence sur la borne fontaine ou à proximité de celle-ci un « tableau tarifaire » visible et lisible, indiquant pour chaque unité de mesure utilisée pour la vente de l'eau (bassine, seau, fût, etc.) sa capacité, son prix. Le tableau indiquera également les heures d'ouverture et de fermeture sur lesquelles l'assemblée des usagers du quartier se sera mise d'accord avec le gérant désigné ;
    - des campagnes vigoureuses de sensibilisation sur l'utilisation des BF prépayées seront entreprises pour mieux négocier leur insertion dans le champ des sources alternatives viables de fourniture d'eau.

Ce système de borne fontaine prépayé est un mécanisme d'accès raisonnable à l'eau potable que l'Etat camerounais envisage d'adopter. Ce mécanisme devrait être complémentaire au branchement social. Ce que nous recommandons pour optimiser sa mise en œuvre est qu'une étude soit d'abord menée pour conforter sa place dans la demande d'eau des ménages qui résident dans les zones sujettes à des baisses de consommation d'eau future. La solution devra également pallier au problème lié à la fréquence de facturation mensuelle jugée peu accessible par des ménages des quartiers populaires et à revenus saisonniers.

Pour faciliter l'acceptabilité d'une telle mesure par la population, la qualité de l'eau devra donc être revue car elle demeure l'une des anciennes préoccupations des populations. En outre, des mesures énergiques devront être prises par la CAWATER pour mettre aux normes de qualité les centres de production.

L'analyse de la consommation d'eau selon les tranches tarifaires en vigueur dans le secteur de l'eau a permis de détecter certaines faiblesses qui pourraient avoir une incidence financière dans le secteur. L'une d'elles se rapporte au manque de mesures incitatives suffisantes qui devraient s'appliquer aux abonnés d'un certains rangs. Il s'agit d'une part des particuliers qui bénéficient des branchements sociaux, et qui excèdent la tranche de consommation dite sociale (0-10m3) pour atteindre jusqu'aux 30 m^3 d'eau mensuelles. D'autre part des ménages qui habitent les logements sociaux promus par des institutions publiques comme la MAETUR, mais qui ne sont en réalité pas des ménages à faibles revenus, par conséquent se retrouvent à consommer tous des volumes compris entre 11 m^3 et 30 m^3

d'eau. Pour ces abonnés qui bénéficient des facilités qui ne leur sont pas dédiées, nous suggérons à la CAMWATER d'envisager des mesures rigoureuses pour faire rembourser le différentiel entre le coût du branchement ordinaire et le montant d'avance de la somme payée pour un branchement social (équivalant à l'avance sur consommation) à tous les bénéficiaires qui dépasserait le seuil de consommation d'eau fixé pour les abonnés sociaux. Puis de frapper d'une amende forfaitaire tous ces abonnés des logements sociaux qui excèderaient un seuil de consommation minimale qui aura été défini par l'entreprise. Ces fonds récoltés devront certainement permettre à l'entreprise d'être plus autonome financièrement pour pouvoir des fonds propre à des projets relatifs au développement des infrastructures telles les extensions de réseau d'eau dans des quartiers périphériques, mais aussi, l'installation des bornes fontaines prépayées dans ces même zones qui abritent une grande part des abonnés à faible revenu.

8. DISCUSSION

Un modèle de long terme tout comme celui de court terme a été étudié par des chercheurs camerounais afin de montrer que la demande d'eau des abonnés (particuliers, industriels et des administrations) n'a aucun impact significatif sur l'offre en eau potable au Cameroun. En d'autres termes, cela sous-entend que la société en charge de la gestion de ce service n'a pas tenu compte des besoins en eau de la population (la demande) pour baser ses volumes de production. Ce qui a pu justifier autrefois l'inadéquation qu'il y'avait entre l'offre et la demande en eau au Cameroun (Nkengfack, Domguia, et Kamajou 2017).

Aujourd'hui cette hypothèse est discutable puisque depuis l'année 2008, le secteur de l'hydraulique urbaine tient compte de la demande à travers des outils qui visent à coordonner les activités programmation mis en œuvre par la CAMWATER. L'un de ces outils est par exemple le plan directeur de l'hydraulique urbaine et périurbaine qui a été étudié en 2012. En effet le plan directeur est un document qui a été élaboré pour permettre l'estimation des besoins en eau à prendre en compte au moment du développement des ouvrages de production, de stockage et de distribution d'eau potable dans chaque centre. En bref il s'agit d'un document de grand intérêt pour le secteur de l'eau potable, puisqu'il concourt à la réalisation de grands investissements de façon durable.

Toutefois la présente étude qui part d'un constat de baisse des volumes d'eau des abonnés tente de comprendre les facteurs qui peuvent l'expliquer car, une telle continuité pourrait entrainer à nouveau une inadéquation entre l'offre et la demande en eau, mais au sens où l'offre serait bien plus importante que la demande.

A partir de la littérature existante, nous avons identifié quelques paramètres influents du niveau de consommation d'eau des abonnés, puis de son évolution au cours du temps.

- **Le mode d'approvisionnent en eau**

C'est un facteur déterminant du niveau de consommation d'eau d'un ménage d'après plusieurs études scientifiques menées en Afrique Subsaharienne (Memon et Butler 2006). Dans ce cas précis d'étude, nous avons relevé que la consommation moyenne d'un ménage à la borne fontaine (19,74 m^3) est inférieure à celle du foyer qui s'approvisionne par un branchement domiciliaire (21,31 m^3). Constat qui est bien en accord avec la littérature qui énonce que la proximité à la ressource est un paramètre déterminant de la quantité d'eau consommée par un individu. Toutefois dans cette étude, la situation inverse a tout de même été observée dans la région du Centre-Sud-Est, puisqu'on a montré que les abonnés des bornes fontaines consomment en moyenne bien plus d'eau (12,2m^3) que ceux des branchements privés (10,5m^3). En dehors de ce paramètre, il faudrait dont certainement tenir compte d'autres, notamment le type d'usage qui est fait de la ressource en eau.

- **Les usages de la ressource**

Divers usages ont été répertoriés chez les abonnés particuliers. Néanmoins tous n'ont pas la même cécité en termes de volume d'eau. On s'aperçoit que certains usages sont moins gourmands en eau, tels le cas des usages en eau domestiques (autour de 10m^3/mois/ménage). Toutefois le fait surprenant dans cette analyse est qu'il a été relevé pour les ménages de la DRYA que ceux possèdent des piscines

à domicile consomment moins de quantité d'eau que ceux qui n'en possèdent pas. Par ailleurs, que les ménages domestiques consomment plus que des particuliers qui entretiennent des activités du secteur primaire (agriculture et élevage). Ce qui va à l'encontre des hypothèses dégagées par la littérature puisque, plusieurs études ont montré qu'un ménage fortement équipé en appareils électroménagers, ou en équipement de loisir à domicile tels des piscines devrait normalement consommer plus de quantité d'eau qu'un simple ménage. Cependant peut être, l'existence des ressources d'eau alternatives serait l'un des éléments en plus à considérer pour expliquer ce changement. De mémoire à notre su, Celine Nauges déclare dans son condensé de littérature qu'elle publie en 2013 qu'il n'y aurait pas encore eu d'étude de cas dans des pays en développement qui étudie les usages de l'eau comme des paramètres déterminants des quantités d'eau consommées. Pareillement, il a été montré que le niveau de consommation d'eau d'un particulier avec piscine est sensiblement égal à celui d'un abonné qui s'approvisionne à la borne fontaine. Ce qui semble contradictoire aux résultats des travaux empiriques antérieurs. Ceci dit, les usages de l'eau sont donc des éléments fondamentaux qui expliquent le niveau de consommation d'eau des clients. Pour mieux les caractériser, une enquête sociologique est indispensable.

- **La qualité du service :**

La mauvaise qualité du service a amené de nombreux abonnés, surtout les ménages des nouveaux quartiers à se rabattra vers des sources d'approvisionnement alternatives comme les puits ou les forages. Le test de comparaison des moyennes de Fisher significatif pour l'échantillon d'abonnés de la région du Centre Sud Est a permis d'établir le lien de causalité qu'il y'aurait entre le fait qu'un ménage ait subit des coupures d'eau fréquentes sur une année et sa décision de construire ou de résider à proximité d'un forage ou d'un puits l'année d'après. Le type de quartier représente donc un facteur limitant de la desserte en eau qui a un impact conséquent sur le volume d'eau consommé.

- **La typologie du quartier**

A Yaoundé, les zones qui consomment des quantités d'eau faibles sont essentiellement des quartiers éloignés du centre urbain. Dans ce sens et compte tenu des disparités qui existent au niveau de la desserte, on s'aperçoit que le service d'eau est plus profitable aux ménages qui résident dans des quartiers du centre-ville où sont situés la plupart des services centraux administratifs, des espaces de loisirs, et certaines industries. Aussi ce sont des quartiers résidentiels anciens préférés des ménages aisés. Tandis que dans les quartiers reculés, le niveau de consommation est faible comparativement à la moyenne d'ensemble de la ville, car ce sont des zones en général qui sont le moins desservies en eau, et qui subissent le plus grand nombre de coupures d'eau. Cette observation rejoint l'hypothèse de Bah qui oppose les volumes de consommation d'eau entre quartier ancien et nouveau en Guinée Conakry. Néanmoins dans cette étude, il a été observé que certains nouveaux quartiers périurbains tels Biteng et Nkolbisson font exception puisqu'ils renferment des abonnés des camps SIC de la MAETUR qui n'ont pas toujours des profils sociaux. Mais aussi, une autre explication serait liée au développement urbain important connu au cours de ces dernières années dans ces différents quartiers.

- **Les ressources en eau alternatives**

Les puits et les forages sont deux modes d'approvisionnement en eau subsidiaires qui influencent grandement le niveau de consommation d'un ménage domestique, puisque la moyenne générale pour ces personnes résidentes à proximité des ressources a été estimée à 1,8 m^3 d'eau par mois, contrairement à ceux qui ne le sont pas (21,2m^3). A cet effet les abonnés particuliers qui se servent de l'eau pour satisfaire à des besoins domestiques sont plus enclin à faire des économies d'échelle qu'un ménage qui utilise cette même eau pour d'autres usages. Donc le facteur usage de l'eau réapparait encore ici comme un paramètre très influent de ces volumes. De même on s'aperçoit que les habitudes de consommation des ménages déjà alimentés par des bornes fontaines ne sont pas influencées par la présence d'un forage ou d'un puits à proximité de leur maison d'habitation. En d'autre terme on pourrait penser que les ménages les plus enclins à solliciter des puits ou des forages comme mode d'approvisionnement après des coupures d'eau répétées sont ceux qui possèdent des branchements domiciliaires. Pendant la saison sèche, le recours à ces sources d'eau devient plus important. Ce qui nous amène à dégager l'effet de la saisonnalité sur les volumes d'eau consommés.

- **Le climat**

En effet on s'est rendu compte qu'en saison pluvieuse, les ménages de l'échantillon tendaient à réduire leurs volumes de consommation. Ceci provient certainement du fait qu'en période de pluies intenses, les abonnés, en particulier les ménages se lancent dans la collecte d'eau. Encore plus les ménages qui s'approvisionnent à la BF puisque, l'effet de la distance pour accéder à la ressource est un obstacle à toute exagération. On en déduit que le comportement des populations en matière de volume d'eau est également proportionnel à la disponibilité de la ressource.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de comprendre les facteurs chronologiques qui expliquent la baisse des consommations d'eau des abonnées depuis quelques années au Cameroun. Ceci a été fait de prime à bord grâce à l'exploitation de diverses ressources documentaires qui encadrent le secteur. Mais aussi à partir du traitement statistique des données agrégées et individuelles des consommations d'eau qui nous ont été transmises par les agences commerciales de la CAMWATER. Rappelons qu'une agence rassemble des données de plusieurs centres (cas de la DRCSE), ou encore de plusieurs quartiers (cas de la DRYA).

Pour ponctuer ce travail, l'essentiel à retenir est que la consommation d'eau présente des grandes disparités dans les agences de la DRYA et de la DRCSE. Ce différentiel moyenne/médiane révèle l'existence d'usagers très fortement consommateurs d'eau et c'est d'ailleurs ce premier quintile supérieur qui semble responsable en grande partie de la baisse constatée de la consommation d'eau dans la région du Centre-Sud-Est. La cause de la baisse est liée aux nombreuses coupures d'eau qui ont marqué les quartiers et les villes gérés respectivement par les agences commerciales de Yaoundé Agglomération et du Centre Sud Est, en 2015 et en 2013. Cette contrainte a donc poussé plusieurs ménages domestiques à solliciter d'autres moyens, en l'occurrence les puits et les forages. Ce qui impact considérablement le niveau de consommation d'eau d'un ménage domestique car, on s'aperçoit qu'une fois que ce dernier y a recours, la quantité d'eau consommée baisse puisqu'elle passe de 21 m^3/mois à 1,8 m^3/mois. Ce qui représente un manque à gagner important pour l'entreprise, surtout lorsqu'on sait que la construction d'un tel ouvrage n'est pas à portée de prix.

Ainsi ce facteur est déterminant du niveau de consommation d'eau des abonnés. Par conséquent il mérite d'être pris en compte au cours des prochains exercices d'actualisation des modèles de demande d'eau des populations, surtout dans les zones où la baisse devra se poursuivre.

Toutes ces observations sont en accord avec la littérature d'autres pays en développement. Cependant il est nécessaire de compléter cette étude par une enquête de terrain car comme nous l'avons souligné, il y'a des usages qui déterminent la demande d'eau des abonnés domestiques. Dans notre cas nous avons par exemple constaté qu'un ménage équipé d'une piscine pouvait enregistrer une consommation d'eau moindre par rapport à des ménages domestiques non équipés. Ce résultat qui semble paradoxal, nous amène à nous interroger sur les usages prioritaires qui définissent le niveau de consommation d'eau des ménages, surtout lorsqu'ils possèdent une ressource d'eau alternative à leur domicile. Mais encore là le phénomène peut être complexe, puisqu'il nécessite une prise en compte de plusieurs autres paramètres tels la distance à parcourir, les couts pécuniaires etc.

Ainsi nous pensons qu'il faut compléter ces travaux d'analyses théoriques par une enquête de terrain dans les zones où la baisse est sensée se poursuivre. Celle-ci permettra de collecter plusieurs autres variables, mais également de mieux caractériser les usages de l'eau qui déterminent la demande pour des ménages ayant investis dans la construction d'un puits ou d'un forage pour des raisons liées à la mauvaise qualité du service. Le modèle économétrique qui sera conçu devra donc tenter d'expliquer cette variable qui semble ne pas avoir encore été étudiée dans des pays en développement.

Enfin la place de la BF, ainsi que des ressources en eau pluvieuses abondantes que le pays dispose devraient être confortées sur la courbe de satisfaction de la demande en eau des ménages qui résident dans des zones périurbaines mal desservies.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abou Ez, Eléonore. 2017. « Géopolis Afrique ». 21 juillet 2017. http://geopolis.francetvinfo.fr/319-millions-de-personnes-privees-d-eau-potable-en-afrique-subsaharienne-150723.

Ako, Andrew Ako, Jun Shimada, Gloria Eneke Takem Eyong, et Wilson Yetoh Fantong. 2010. « Access to potable water and sanitation in Cameroon within the context of Millennium Development Goals (MDGS) ». *Water science and technology* 61 (5): 1317–1339.

Araral, Eduardo, et Yahua Wang. 2013. « Water demand management: review of literature and comparison in South-East Asia ». *International Journal of Water Resources Development* 29 (3): 434–450.

Bah, Ahmadou Koré, Amadou Diallo, et Richard Morin. 2007. « Approvisionnement en eau des ménages de Conakry, Abstract ». *Afrique contemporaine*, n° 221 (juin): 225-45.

Bah, Ahmadou Koré, Richard Morin, et Amadou Diallo. 2009. « Coûts et niveaux de consommation différenciés de l'eau des ménages dans les villes africaines: Le cas de Conakry ». *Revue canadienne d'études du développement* 28 (3-4): 415–437.

Baron, Catherine, et Mahaman Tidjani Alou. 2011. « L'accès à l'eau en Afrique subsaharienne: au-delà des modèles, une pluralité d'innovations locales ». *Mondes en développement*, n° 3: 7–22.

Briand, Anne, et Amandine Loyal. 2013. « La demande de raccordement des ménages auprès des petits opérateurs privés d'eau potable ». *Revue économique* 64 (4): 685-719.

———. 2017. « La demande pour des services urbains d'eau potable : une analyse du consentement à payer des ménages bamakois et de quartiers précaires de Ouagadougou ». *Revue d'Économie Régionale & Urbaine* Janvier (1): 33-66.

Briand, Anne, Celine Nauges, Jon Strand, et Muriel Travers. 2010a. « The impact of tap connection on water use: the case of household water consumption in Dakar, Senegal ». *Environment and Development Economics* 15 (1): 107–126.

CAMWATER. 2012. *Plan Directeur de l'Hydraulique Urbaine et Périurbaine: rapport de synthèse*. Douala: CAMWATER.

———. 2015a. *Consolidation des résultats de l'étude du Plan Directeur de l'Hydraulique Urbaine et Périurbaine du Cameroun*. Douala: CAMWATER.

———. 2015b. *Gestion du conseil d'administration*. Douala: CAMWATER.

———. 2015c. *Synthèse des activités du premier trimestre*. Douala: CAMWATER.

CCM Benchmark Group. 2018. « Dictionnaire économique et financier ». journaldunet (en ligne). 2 mai 2018. https://www.journaldunet.fr/business/dictionnaire-economique-et-financier.

Diop, Moussa. 2014. « Le partenariat public-privé: une alternative à l'aide publique au développement? L'exemple des services urbains d'eau au Sénégal ». *Mondes en développement*, n° 1: 79–92.

Henry, Alain. 2004. « Le recouvrement en Afrique, les logiques sociales oubliées ». *Flux*, n° 2: 87–95.

Jaglin, Sylvy. 2001. « L'eau potable dans les villes en développement: les modèles marchands face à la pauvreté ». *Revue Tiers Monde* 42 (166): 275–303.

Ministère de l'Eau et de l'Energie (MINEE), Global Water Partnership. 2009. *Plan d'Action National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PANGIRE) : Etats des lieux du secteur, cadre financier, économique et social*.

Morel a L'Huissier, Alain. 1990. « Economie de la distribution d'eau aux populations urbaines à faible revenu dans les pays en voie de développement ». Centre pour la Communication Scientifique Directe (CCSD). 22 décembre 1990. https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00529771.

Nauges, C., et D. Whittington. 2010. « Estimation of Water Demand in Developing Countries: An Overview ». *The World Bank Research Observer* 25 (2): 263-94.

Nauges, Céline, et Arnaud Reynaud. 2001. « Estimation de la demande domestique d'eau potable en France ». *Revue économique* 52 (1): 167–185.

Nauges, Céline, et Alban Thomas. 2000. « Dynamique de la consommation d'eau potable des ménages: une étude sur un panel de communes françaises ». *Économie & prévision* 143 (2): 175–184.

NKENGFACK, Hilaire. 2007. « Economic Analysis of Determinants of Potable Water Consumption in Yaounde (Cameroon) and Strategies for Sustainable Management », 2007.

Nkengfack, Hilaire, Edmond Noubissi Domguia, et François Kamajou. 2017. « Analyse Des Determinants De L'Offre De L'Eau Potable Au Cameroun ».

« Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ». 2016. AQUASTAT. 2016. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/Profile_segments/CMR WU_fra.stm.

Rayaleh, Hassan-Omar. 2004. « La gestion d'une pénurie: l'eau à Djibouti ». PhD Thesis, Orléans.

Republique du Cameroun. 2008. *Contrat d'affermage du service public de l'alimentation en eau potable des centres urbains et périurbains du Cameroun*.

Smets, Henri. 2002. *Le droit à l'eau*. Paris: Conseil Européen du Droit de l'Environnement.

———. 2012. *Le droit à l'eau potable et à l'assainissement en Europe: implementing the right to drinking water and sanitation in 17 European countries*. Paris: Johanet.

Verdeil, Véronique. 2004. « Branchements collectifs et pratiques sociales à Metro Cebu, Philippines : des services d'eau en quête de légitimation, Abstract ». *Flux*, n° 56-57: 57-70.

Whittington, Dale, Donald T. Lauria, et Xinming Mu. 1991. « A Study of Water Vending and Willingness to Pay for Water in Onitsha, Nigeria ». *World Development* 19 (2-3): 179-98.

RESUME

Le Cameroun est un pays d'Afrique Centrale qui se caractérise par une démographie galopante, notamment en milieu urbain. Le pays qui est peuplé de 25 millions d'habitants affiche également un mouvement migratoire important de ses populations qui partent des zones rurales vers des villes à la recherche des conditions de vie meilleure. Parmi ces indicateurs de bien être, il y'a l'accès à l'eau potable qui est l'une des missions régaliennes à laquelle l'Etat a failli au cours des années 90. En effet après la crise économique qui a sévi à cette période, le service public d'eau géré par la Société Nationale des Eaux du Cameroun (SNEC) a connu des difficultés de gestion à cause des finances publiques fragilisées. Dès lors, de nombreuses infrastructures d'adduction d'eau ont été laissées à l'abandon, surtout dans des villes secondaires.

Face à cette incapacité des pouvoirs publics, une réforme structurelle survient en 2005. Elle a conduit à la mise en place d'un système de Partenariat Public Privé (PPP) qui a lié deux structures partenaires à savoir : la CAMWATER qui est la société de patrimoine en charge de la gestion des infrastructures d'eau potable, et du contrôle des activités d'exploitation; et la Camerounaise des Eaux (CDE) qui est la société à capitaux majoritairement privés, chargée de l'exploitation du service public d'eau, et des aspects commerciaux.

Au démarrage de ses activités en 2008, la CAMWATER se retrouve donc confrontée à un défi majeur qui est de rehausser le niveau de la desserte qui n'est que de 24% sur le territoire national. Pour cela, elle s'est dotée d'un Plan Directeur qui est un document de planification stratégique devant lui permettre de réaliser des investissements de façon durables en tenant compte des centres prioritaires. De même, d'accroitre l'offre en eau en fonction des prévisions de la demande d'eau de chaque centre, pour limiter l'inadéquation dans l'évolution de ces deux fonctions. Seulement depuis quelques années, on constate une baisse des consommations d'eau, ce qui soulève des questions et des hypothèses. La principale étant liée à la qualité du service fourni. Durant ce stage, nous avons tenté de comprendre le phénomène à partir d'une analyse des ressources documentaires qui encadrent le secteur, puis des bases de données d'historique des consommations d'eau allant de 2008 à 2017.

La méthodologie de travail a été essentiellement basée sur des méthodes d'analyse et des tests statistiques comme Mann Kendall qui visent à décrire et à comprendre des hypothèses qu'on avance. Dix villes des régions administratives du Centre, du Sud et de l'Est ont été retenues au terme d'une analyse préalable qui a permis de distinguer les centres excédentaires de ceux déficitaires en eau. Par ailleurs, le modèle économétrique *ARIMA* a servi à réaliser des prévisions de ces consommations d'eau sur l'année en cours et celle d'après (2018 et 2019).

A l'issu de toutes ces analyses, nous avons relevé des grandes disparités en matière de consommation d'eau dans toutes les villes des régions. Cela a été perçu à travers l'écart considérable qui existe entre les valeurs des consommations moyennes (32,12 m^3/mois) et médianes (7,58 m^3/mois). Comme causes principales de la baisse, nous avons tout d'abord relevé les coupures d'eau intempestives, ensuite la fraude dans le réseau qui provoque de nombreux désistement d'abonnés. Cependant soulignons que cette baisse n'est pas autant perceptible chez les abonnés qui ont recours aux bornes fontaines payantes. D'après le modèle prévisionnel établi pour le centre de Yaoundé Agglomération, la baisse se poursuivra dans les quartiers couverts par les agences de Melen et de Mvog-Ada, en l'occurrence dans la ville périphérique de Soa. Naturellement, il a été constaté que ces coupures d'eau ont entrainé un changement sur ceux qui la subisse puisque nombreux d'entre eux se sont tournés vers des ressources d'eau alternatives (puits ou forages). De même, la fréquence de ces coupures provisoires s'est avérée significative vis-à-vis du recours à ces ressources subsidiaires dont l'adoption provoque une baisse forte du volume moyen de consommation d'eau mensuelle qui passe de 21,35 m^3 à 1,8 m^3.

Ainsi au terme de cette étude, des travaux complémentaires restent nécessaires pour prendre en compte tous ces nouveaux paramètres déterminants dans les modèles prévisionnels de demande d'eau. De plus, il faudrait que la place des bornes fontaines soit confortée dans la fonction demande de ces zones périurbaines mal desservies qui abritent de nombreux ménages à revenus faibles et saisonniers. Ceci pourra dans une certaine mesure aider l'entreprise à maintenir ces abonnés domestiques dans le réseau.

Mots clés : Afrique sub-saharienne, consommation d'eau, abonné, service public d'eau, plan directeur de l'hydraulique urbaine et périurbaine du Cameroun, qualité du service.

Pour citer cet ouvrage : TONYE NLIBA, Rose Christiane, (2018). Analyse rétrospective de la consommation d'eau des abonnés du service public d'eau potable au Cameroun. Mémoire de stage M2, Master Eau, parcours Eau et Société, AgroParisTech/Montpellier Supagro/Université. Montpellier.55 pages.

2, place Pierre Viala, F-34060 Montpellier Cedex 2