

Stratégies d'adaptation aux risques hydrodynamiques dans le contexte du changement climatique au Bénin : cas des inondations de la ville de Cotonou

Léocadie ODOULAMI, Expédit W. VISSIN & Michel BOKO

Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE)/DGAT/FLASH/ Université d'Abomey-Calavi (UAC) BP 47 Abomey-Calavi, République du Bénin (Afrique de l'Ouest) leocadio@yahoo.com, Tél (229) 95 96 07 84

Résumé

La population de la ville de Cotonou est périodiquement exposée aux inondations dues à la fréquence pluviométrique et aux structures hydrogéologiques du site. De 1955 - 2004, la pluviométrie moyenne de la ville est de 1308,2 mm et les mois les plus pluvieux sont avril, mai, juin, juillet et septembre. Au cours de ces mois, le site de la ville arrive facilement à saturation et l'excès d'eau crée les inondations. Une enquête menée dans 144 quartiers de Cotonou montre que les quartiers périphériques marécageux sont les plus affectés par les inondations. Les stratégies tels que l'évacuation des eaux pluviales des lieux de travail et le remblais de certaines voies publiques et maisons par les autorités communales et la création dans la cour de certaines maisons des bassins d'accumulation des eaux de ruissellement utilisés pour la pisciculture, le remblai des maisons inondées par les ordures, l'évacuation des eaux de ruissellement par des trous faits dans les clôtures des maisons par les ménages sont développées.

Mots clés : *Bénin, Cotonou, hydrodynamique, inondations, adaptations*

Abstract

Periodically, the Cotonou population has inundation problems due to rainfall frequency and to hydro geologic structures of the site. From 1955 – 2004, the rain average is 1308, 2 mm and rain months are april, may, june and september. During those months, Cotonou site is easily comes to saturation and water excess creates the inundations. The survey does in 144 quarters of Cotonou shows that the peripheral marsh quarters are the most affected by the inundations. The strategies such as rain water evacuation from service places and embankment of some public roads and houses by communal authorities and the creation of the water accumulation basin inside of some houses for fish culture, the embankment of houses inundated by waste, the runoff evacuation by the orifices did in house enclosures by households are developed.

Key words: *Benin, Cotonou, hydrodynamic, inundations, adaptations*

1. INTRODUCTION

La ville de Cotonou est la plus peuplée métropole du Bénin. Elle est située entre 6°20' et 6°23' de latitude Nord et 2°22' et 2°30' de longitude Est. Elle s'étend sur 79 km² au sud du Bénin (figure 1) et abritait 665.100 habitants en 2002 (INSAE, 2003). Le site de Cotonou est une plaine dont les altitudes varient entre 0,4 m et 6,52 m (Afouda, et al, 1981 et Ahoussinou,

2003). Ce site est une frange dunaire parsemée de dépressions marécageuses à la périphérie. Ces dépressions sont des couloirs naturels d'évacuation des eaux pluviales. Cotonou est sous le régime climatique subéquatorial à 4 saisons : une grande saison sèche (mi-novembre à mi-mars) ; une grande saison des pluies (mi-mars à mi-juillet) ; une petite saison sèche (mi-juillet à mi-septembre) ; une petite saison des pluies (mi-septembre à mi-novembre). La température moyenne de la ville est de 27, 2 °C sur l'année et la pluviométrie est de 1308,2 mm/an en moyenne (DNM/ASECNA, 1990).

L'accroissement démographique sur un espace plat et fragile (complexe dune - dépressions marécageuses) induit par le développement des activités économiques à Cotonou crée des inondations cycliques auxquelles sont exposés ses habitants. En effet, la position du site de Cotonou en contre bas du bassin sédimentaire au sud et l'occupation par la population de son sol sablo argileux à nappe affleurante et des exutoires des eaux pluviales engendrent de façon cyclique des inondations dans la ville. Cette situation est aggravante dans les conditions de changement climatique actuel. Ces conditions ne sont pas sans conséquence sur la santé de la population et sur le développement économique du pays.

Au vu de ces difficultés, la présente étude est menée pour l'analyse des conditions de vie de la population à Cotonou et formule quelques propositions de contribution à l'amointrissement du phénomène.

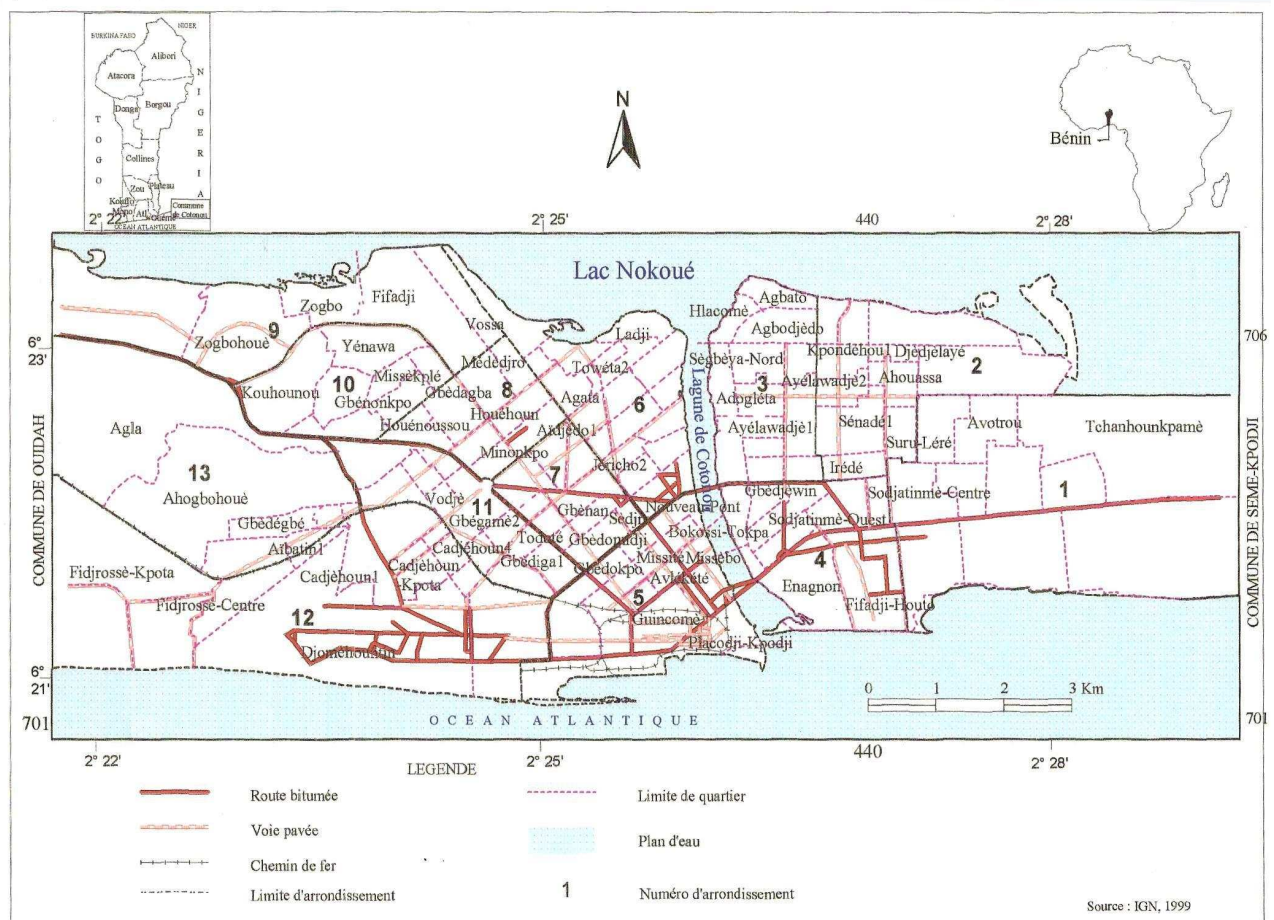


Figure 1 : Situation de la ville de Cotonou (Bénin)

2. DONNEES ET METHODES UTILISEES

Les données collectées sur le terrain pour cette étude sont les hauteurs de pluie, l'évapotranspiration potentielle, le débit au pas de temps journalier et mensuel, l'effectif de la population et le nombre de » cas des pathologies. Elles l'ont été dans plusieurs centres, services et bibliothèques à savoir le Service National de la Météorologie (SMN) de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) de Cotonou, à l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) et au Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT) de l'université d'Abomey-Calavi (UAC). Ces données sont complétées par les observations directes des infrastructures et des habitations des quartiers développés surtout sur des espaces marécageux inondables ou inondés. Le calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) à partir de l'ETP de Penman suivant la formule : $E=ETR=\alpha ETP$.

Le coefficient α traduit la disponibilité en eau dans les premiers horizons du sol et est toujours inférieur à 1. Il faut, pour l'exprimer de façon rigoureuse, connaître à la fois le stock d'eau présent dans le sol et les résistances opposées par le système sol/végétation à l'évaporation. Nous avons donc adopté la même hypothèse que SUTCLIFFE et PIPER, (1986) à savoir :

$$\text{- Si } P_i > ETP_i \quad \alpha = 1 \quad \text{où : } P_i = \text{pluie annuelle en mm}$$

$$\text{- Si } P_i < ETP_i \quad \alpha = \frac{P_i}{ETP_i} \quad ETP_i = \text{évapotranspiration potentielle annuelle}$$

en mm

Le bilan hydrologique $P=E+Le+I$ (avec P : hauteur de pluie en mm ; E : évaporation en mm ; Le : lame écoulée en mm et I : infiltration en mm), nous a permis d'estimer l'infiltration (recharge).

3. RESULTATS

3.1. L'évolution de la pluviométrie et les structures hydrogéologiques de Cotonou

La position de la ville de Cotonou dans le sud du Bénin soumet celle – ci au régime pluviométrique à double pics. Les données pluviométriques régulières collectées à la station synoptique de l'Aéroport de Cotonou sur la période 1955 – 2004 (les autres stations qui sont au nombre de 7 ont des séries inégales et comportaient assez de lacunes) ont permis de réaliser l'évolution pluviométrique annuelle de la ville (Figure 2).

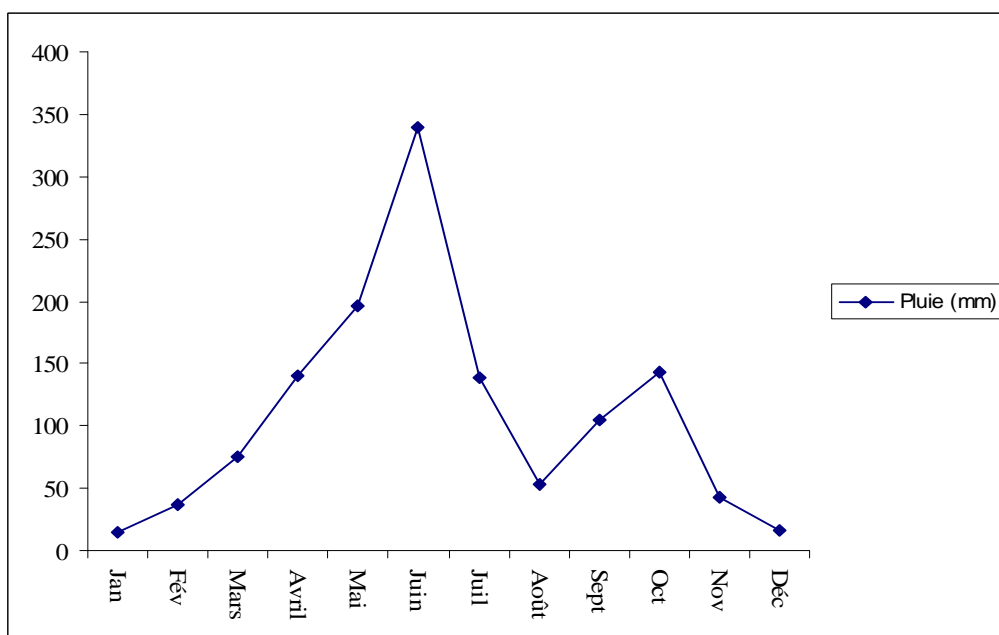


Figure 2 : Evolution pluviométrique annuelle de la ville de Cotonou

La figure 2 montre un régime pluviométrique moyen annuel à deux modes centrés sur le mois de juin (337 mm) et sur le mois d'octobre (142 mm) à Cotonou. Les mois les plus pluvieux sont avril, mai, juin, juillet, septembre et octobre.

La fréquence et la régularité des pluies pendant ces mois pluvieux entraînent la saturation, la résurgence et la stagnation des eaux de pluie sur un sol sableux argileux composé de 80 % de sables grossiers (sables dunaires) avec une porosité supérieure à 40 % et un coefficient d'emménagement de 20 % ; de sables silteux grisâtres marins fins avec un mélange de sables grossiers (30 %), de sables fins (50 %) et de silt (10 %). Cette situation est liée à la porosité du sol (35 %), à son coefficient d'emménagement (7 - 10 % ; Gandaho, op. cit. et Ahoussinou, op. cit.) et la vitesse d'infiltration du sol (supérieure à 8.3×10^{-5} m/s ; Boukari et al, op. cit.). La porosité et l'infiltration du sol sont élevées mais l'emménagement est faible. et favorise la résurgence et le séjour plus ou moins long de lame des eaux pluviales à la surface du sol. En plus des pluies tombées sur Cotonou, le sol de Cotonou reçoit des apports d'eau en provenance du sous bassin de l'Ouémé à Bonou. Ces apports d'eau aux cours de la période 1965 – 2004 ont contribué à la réalisation de la figure 3.

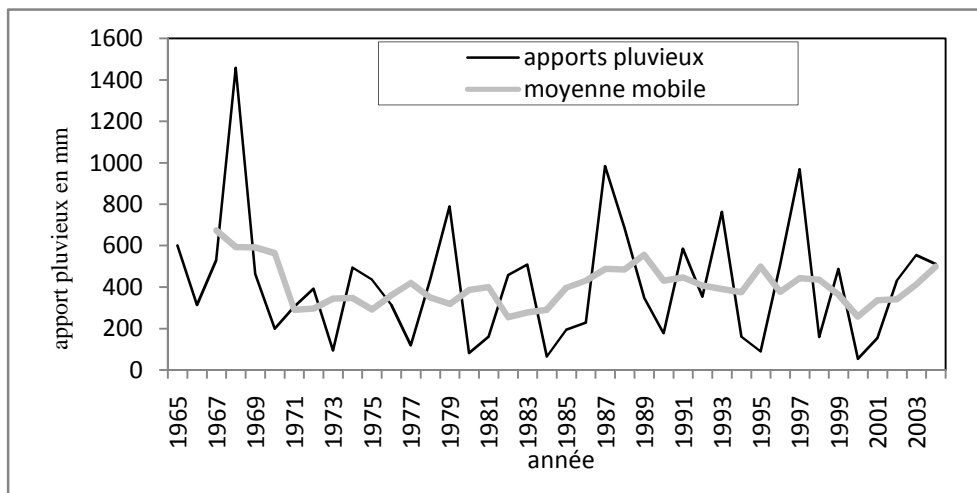


Figure 3 : Variation interannuelle des apports pluvieux à Cotonou

En général, les apports pluvieux entre 1965 et 2004 tendent à la baisse. La variabilité interannuelle de ces apports pluvieux permet de dégager trois séquences : une séquence humide entre 1965 et 1971 caractérisée par d'importants apports pluvieux ; une séquence sèche entre 1972 et 1985 se manifestant par une baisse considérable des apports pluvieux ; une séquence humide moins marquée que la première entre 1986 et 2004 se caractérisant par une forte variabilité des apports pluvieux. Cette séquence ne permet pas de dégager une tendance d'apports pluvieux.

A l'échelle mensuelle, la variation des apports pluvieux permet de dégager les apports mensuels réels d'eau de pluie (Figure 4).

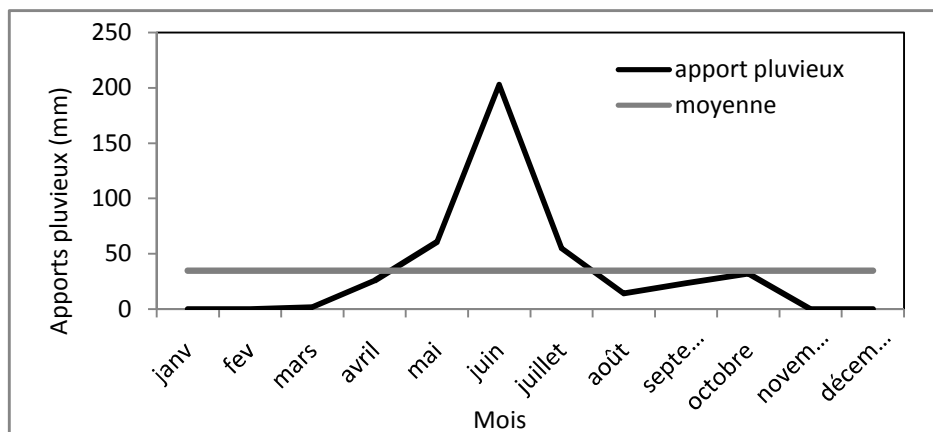


Figure 4 : Variation mensuelle des apports pluvieux à Cotonou

Les mois d'avril, mai, juin et juillet enregistrent un apport pluvieux excédentaire dans la ville tandis que les autres mois connaissent un déficit des apports pluvieux lié à une forte évaporation. Il y a alors une variation des apports d'eau de pluie.

Le bilan hydrologique rend compte des entrées et des sorties d'eau à l'échelle du bassin versant en fonction des précipitations P, du débit à l'exutoire Q, de l'évapotranspiration ETR et de la variation du stock d'eau de la nappe (Figure 5).

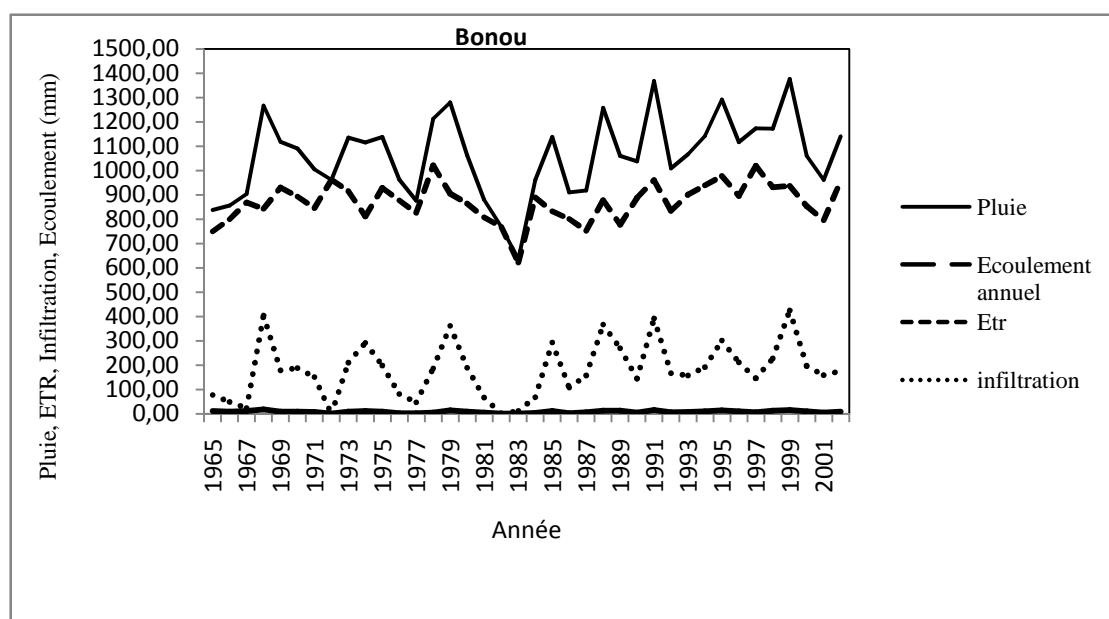


Figure 5 : Evolution interannuelle des termes du bilan dans le sous bassin de l'Ouémé à Bonou

La figure 5 présente l'évolution des différents termes du bilan dans le sous bassin de l'Ouémé à Bonou. La pluie est la plus importante des quatre termes avec un maximum de 1.376,79 mm à Bonou. L'écoulement et l'infiltration qui dépendent des hauteurs de pluie ont également une évolution analogue. Les entrées et les sorties d'eau dans ce sous bassin sont les déterminants des facteurs d'inondation à Cotonou car ce bassin draine les eaux du nord vers le sud du Bénin. Ces eaux parviennent au sud du Bénin en septembre et octobre qui sont les mois de la fin de la saison pluvieuse du Nord Bénin.

3.2. Causes et manifestations des inondations dans la ville de Cotonou

Le sol peu profond et la platitude de la plaine de Cotonou sont les causes naturelles de la stagnation des eaux pluviales à Cotonou. Elle s'amplifie avec l'occupation humaine galopante des dépressions marécageuses qui sont des couloirs naturels d'évacuation des eaux pluviales vers la mer par le biais du lac Nokoué et les lagunes de Cotonou et de Porto-Novo.

Les mesures de lutte contre les inondations prises par le gouvernement et les comités de développement de Cotonou (CDQ) à travers la construction du système de drainage pluvial sont inefficaces. Cette inefficacité a pour raison la faiblesse des systèmes de pente du relief suivant lesquels le réseau pluvial serait réalisé et au incivisme des habitants riverains. La plupart des caniveaux de drainage des eaux de pluie (couverts et non couverts) sont devenus des dépotoirs des déchets solides et liquides des riverains. Cette attitude constitue une barrière pour le drainage normal des eaux de pluie et provoque leur accumulation (Photos 1 et 2).



Photos 1 et 2 : A gauche, le déversement des eaux usées domestiques dans un collecteur d'eau pluviale à ciel ouvert à Agbondjèdo (3^{ème} Arrondissement) et à droite, un caniveau à ciel aux eaux de pluie stagnantes à Sainte Cécile (6^{ème} Arrondissement). Clichés ODOULAMI Léocadie, 2005, 2007

L'évacuation des eaux pluviales poserait aussi un problème compte tenu du niveau bas du site de Cotonou par rapport à celui de la mer. Le reflux est une source de la stagnation des eaux dans la ville.

L'accumulation des lames d'eau pluviale au sol conduit aux inondations des infrastructures et des lieux d'habitation (Photos 3, 4 et 5).

L'inondation crée l'impraticabilité des voies d'accès des zones d'habitation, des lieux de travail que ce soit les services publics et privés, les centres commerciaux ou d'autres activités.

Elle empêche ou ralentit l'évolution du travail dans les différents secteurs d'activités, crée également de préjudices à la santé de la population. Ce qui n'est pas sans conséquence sur l'économie du pays.



Photos 3 et 4 : Rue et maisons inondées à Missèklé (10^{ème} Arrondissement). *Clichés, ODOULAMI Léocadie, 2007*



Photos 5 : passage inondé à Vossa (6^{ème} Arrondissement)

Cliché, ODOULAMI Léocadie, 2007

3.3. Les stratégies d'adaptation développées par les sinistrés de Cotonou

Le mirage qu'offrent les activités économiques de la ville de Cotonou oblige la plupart des habitants de Cotonou à s'adapter aux conditions précaires que leur imposent les inondations de Cotonou. La lutte de l'homme contre celles-ci se traduit par l'utilisation des techniques endogènes telles que la déviation ou la mise hors de l'eau des habitations (assainissement) par le percement (suivant la pente du terrain) de trous en bas des clôtures des maisons ou des tranchées faites dans le sol devant les devantures des maisons ou dans les rues, le remblai des cours de maisons par des tas de déchets ménagers ou de sable, la pose de briques dans l'eau pour servir de passage (photo 6).



Photo 6 : Remblai des parties inondables (1) et déviation de l'eau (2) suivie de pose de briques (3) pour accès à une habitation à Missèkplé (10^{ème} Arrondissement). Cliché, ODOULAMI Léocadie, 2005

A ces techniques, il faut ajouter une autre technique spectaculaire qui consiste à recreuser une partie basse de la maison où les eaux de pluie s'accumulent. Cette technique constitue une belle opportunité qui génère de revenus à moyens termes. Au cours du ruissellement des eaux de pluie dans ce réceptacle, elles entraînent avec elles les poissons des zones marécageuses environnantes qui s'y trouvent de refuge. Ces poissons sont nourrit au reste des repas domestiques et se multiplient librement. Ces poissons sont vendus au cours de la saison sèche pendant laquelle l'eau s'assèche (photo 7 et 8). La lutte contre l'inondation à Cotonou devient ainsi une source d'activités lucratives.



Photos 7 et 8 : A gauche voie d'accès à l'habitation chargée avec du sable (1) et un bassin artificiel de collecte d'eau pluviale servant de trou à poisson (2) ; à droite prise de poisson dans le trou à Ahogbohové (13^{ème} arrondissement). Cliché ODOULAMI Léocadie, 2005

Ces techniques sont des mesures échappatoires aux nuisances créées par l'inondation dans la ville de Cotonou mais ne règlent pas toujours le problème.

4. QUELQUES ACTIONS CONTRE L'INONDATION

On peut répertorier : l'aménagement des voies en terre et revêtues avant les saisons pluvieuses, le rechargement des voies en vue de l'amélioration des conditions de circulation, le curage des caniveaux et la mise en place des tranchées.

Dans ce cadre il a été créé une tranchée à Agla et un remblai d'une école à Akpakpa



Photo 9 : Tranchée à Agla
Source : Laceede, mai 2009



Photo 10 : Remblai d'une école à Akpakpa
Source : Laceede, mai 2009

Plusieurs autres actions sont menées pour atténuer les impacts des inondations dans la ville de Cotonou. Parmi elles , on note : l'aménagement du bassin **AA** desservant les quartiers d'Akogbato, Fidjrossè, Kpota, Agla-sud, la construction du collecteur **V2** qui dessert les quartiers Yénawa, Sènadé, Irédé, Sadjatimè-Est, l'aménagement du collecteur **W** qui dessert les quartiers de Suru Léré, Avotrou, Dandji, Toto, Yagbé et Kowégbo, l'aménagement de la suite du collecteur **P** desservant les zones Fifadji, Vossa, Missèkplé, Kpénokpo, la construction du collecteur **P11** qui dessert les quartiers Houéyiho 1 et 2, Houénoussou et environs.



Photo 11 : Vues du Bassin XX en construction à Agla
Cliché : Laceede, juin, 2009

A terme, ces bassins et collecteurs devraient permettre un meilleur drainage de la ville et limiter sensiblement l'ampleur des inondations.

5. CONCLUSION

Le relief plat et bas, et les structures hydrogéologiques du site de Cotonou exposent les habitants au phénomène des inondations cycliques de la ville pendant les saisons pluvieuses au Bénin. Face à cela, des stratégies d'adaptation sont développées par les sinistrés mais sont devenus inefficaces avec les phénomènes du changement climatique observés dans le monde. Vu l'ampleur des inondations actuellement à Cotonou, il est souhaitable que des mesures coercitives soient prises par les autorités communales, le gouvernement et les décideurs politiques dans le sens de la création des bassins de retenu d'eau dans la partie septentrionale du Bénin pour la promotion des activités agricoles de contre saison, pour la pisciculture et pour l'hydroélectricité. Au niveau de la ville, la promotion des citernes dans les ménages pourraient servir à la collecte et à la conservation des eaux de pluie des eaux de pluie perdues pour les besoins domestiques.

Références bibliographiques

- Afouda (A. A.), Alé (G.) et Vodji (L.),** 1981 ; *Etude du ruissellement en zone urbaine à Cotonou. Rapport de campagne*, 1978, étude réalisée à l'initiative du comité interafricain d'Etudes Hydrauliques, Direction de l'Hydraulique, Cotonou, centre de Lomé, section hydrologie, 12 p + annexes
- Agbo (B. F.),** 1985 ; *Le phénomène de périurbanisation à Cotonou*, mémoire de maîtrise, UNB, 142 p
- Ahoussinou (A. S.),** 2003 ; *Pollution fécale de la nappe phréatique et comportements des populations à Cotonou*, mémoire de maîtrise professionnelle, UAC, 88 p
- Boukari (M.),** 2002 ; *Réactualisation des connaissances hydrogéologiques relatives au bassin sédimentaire côtier du Bénin*, 134 p
- DNM/ASECNA,** 1990 ; *Bref Aperçu sur le Climat du Bénin*, Cotonou, 8p
- Gandaho (S.),** 1994 ; *Problème de pollution de la nappe phréatique de Cotonou, étude comparative et perspectives d'aménagement*, mémoire de maîtrise, UNB, 89 p + annexes
- INSAE,** 2003 ; *Synthèses des résultats*, Cotonou, 34 p
- N'Bessa (B.),** 1997, *Porto-Novo et Cotonou (Bénin) : Origine et évolution d'un doublet urbain*, thèse de doctorat d'état es lettres, Bordeaux – Talence, 1997, 456 p
- ODOULAMI (L.),** 2009 ; *La problématique de l'eau potable et santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin)*, thèse de doctorat, UAC, 230 p.

PROBLEMATIQUE DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DANS LES GRANDES VILLES D'AFRIQUE : CAS DE COTONOU (BENIN)

LEOCADIE ODOULAMI & BOKO MICHEL

Laboratoire d'Etude des Climats, des Ressources en Eau et de la Dynamique des Ecosystèmes (LECREDE)/DGAT/FLASH/ Université d'Abomey-Calavi (UAC) BP 526 Cotonou, République du Bénin (Afrique de l'Ouest)

leocadio@yahoo.com,

Résumé

Cotonou, la plus grande métropole du Bénin s'étend sur 79 km² entre l'Océan Atlantique et le lac Nokoué. Elle abrite une population de 665 100 habitants en 2002 (INSAE, 2002). La population de Cotonou a de sérieuses difficultés parmi lesquelles celle de l'approvisionnement en eau potable. Malgré le taux de 70 % de desserte en réseaux de distribution d'eau potable de la ville en 2005 (SONEB, 2007), la plupart des habitants sont incapables de s'abonner à ces réseaux de distribution d'eau potable de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB). Une enquête réalisée dans 600 ménages de manière raisonnée dans les 13 arrondissements de Cotonou en 2005, a montré que pour la satisfaction des besoins en eau, la grande partie de la population utilise alternativement plusieurs sources d'eau : eau potable de la SONEB, les eaux de pluie et de puits. Or les eaux de puits et de pluie sont souvent polluées. Cette situation expose la population de Cotonou aux maladies d'origine hydriques telles que le choléra, la dysenterie, les diarrhées et les gastroentérites. L'analyse de la situation a permis de proposer aux autorités communale, étatique et aux décideurs politiques du Bénin, la subvention de la SONEB pour favoriser le raccordement de toutes les couches de la population de Cotonou aux réseaux de distribution d'eau potable et la recherche d'un système de rentabilité de la production d'eau de la SONEB.

Mots clés : Cotonou, approvisionnement en eau potable, enquête, maladies hydriques.

Abstract

Cotonou, the metropolis of Benin covers about 79 km² between Atlantic Ocean and Lake Nokoué. Its population was about 665 100 inhabitants in 2002 (INSAE, 2003). The population of Cotonou has serious difficulties among which drinking water supply problems. Despite a 70 % coverage in drinking water supply in the city in 2005 (SONEB, 2007), most of the inhabitants cannot afford subscribing to the drinking water supply networks of the SONEB water company. The investigation of 600 households by reasoned way in the 13 subdivisions of Cotonou in 2005 showed that for the satisfaction of water needs, most of the population use alternatively different water sources: the SONEB drinking water, rainwater and well water. But rainwater and well water are often biologically polluted. This situation exposes the Cotonou population to water-borne diseases such as cholera, dysentery, diarrhoea and gastroenteritis. An analysis of the situation has allowed us to propose to county, government authorities along with political decision makers to make grants available, for SONEB for connecting the Cotonou population to drinking water networks and to find an economic way for the SONEB water company to produce drinking water.

Key words: Cotonou, drinking water, inquiry, water borne diseases.

1. Introduction et présentation de la ville de Cotonou

Cotonou, la plus grande métropole de la République du Bénin, est située à 6°21' de latitude Nord et 2°23' de longitude Est. Il s'étend sur la plaine littorale et plus précisément, entre les bordures de l'Océan Atlantique au sud et le lac Nokoué au nord. Elle est limitée par les arrondissements de Godomey à l'ouest et d'Aglangandan à l'est. Elle s'étend sur une superficie de 79 km². Sa population était à 665 100 habitants en 2002 (INSAE, 2003). Cotonou est l'une des trois communes à statut particulier et réparti en 13 arrondissements (voir carte). Son relief est presque plat avec des altitudes variant entre 0,4 m et 6,52 m. Le site de Cotonou est une frange dunaire avec de nombreuses dépressions marécageuses allongées d'ouest en est dans la partie sud de la ville (Afouda, et al, 1981 et Ahoussinou, 2003). Cette ville est sous l'influence du régime climatique à 4 saisons : une grande saison sèche (mi-novembre à mi-mars) ; une grande saison des pluies (mi-mars à mi-juillet) ; une petite saison sèche (mi-juillet à mi-septembre) et une petite saison des pluies (mi-septembre à mi-novembre). La pluviométrie moyenne est de 1308 mm/an avec un maximum de 356 mm en juin et un minimum de 9 mm en janvier. Le nombre moyen de jours de pluie à Cotonou est de 101. Le mois de juin est le plus arrosé avec 19 jours de pluie en moyenne et le mois le moins arrosé est janvier avec en moyenne un jour de pluie. La moyenne des températures est de 27, 2 °C sur l'année avec un minimum moyen de 25,6 °C en août et un maximum moyen de 28,9 °C en mars (DNM/ASECNA, 1990). Quant à la végétation de la ville de Cotonou, elle a subi l'influence humaine et se résume en général à une végétation de mangroves constituées par endroits de palétuvier rouge (*Rhizophora racenosa*), de palétuvier blanc (*Rhizophora africana*) et de la fougère (*Scritichum aureun*) (N'bessa, 1997, Agbo, 1985).

Les ménages de Cotonou ont de sérieux problèmes parmi lesquels celui de l'approvisionnement en eau potable. Cependant, le taux de desserte de la ville était de 70 % en 2005 (SONEB, 2007). L'inégale répartition du réseau de desserte en eau potable dans la ville et la faiblesse des revenus des ménages obligent ces derniers à acheter de l'eau potable de la SONEB auprès des quelques abonnés de la ville. Cette source d'eau est complétée par les eaux de puits et de pluie polluées pour la satisfaction de leurs besoins domestiques. L'utilisation des eaux polluées expose les gens aux maladies d'origine hydrique telles que le choléra, la dysenterie, les diarrhées et les gastroentérites. Cette étude présente les données et méthodes utilisées ainsi que leurs résultats.

Bénin (SONEB), Département de la Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT) de l'université d'Abomey-Calavi,...

2. 2. Entretien direct, entrevues et observation à Cotonou

L'entretien a été mené avec l'aide de trois étudiants du second cycle du 11 octobre au 25 novembre 2005 dans 600 ménages choisis d'une manière aléatoire dans des quartiers des 13 arrondissements de Cotonou. Les critères de choix de ces quartiers sont le niveau de desserte et de l'approvisionnement en eau potable des ménages (tableau I).

Tableau I : Répartition des chefs de ménage enquêtés à Cotonou en 2005 pour le niveau de desserte en réseau d'eau potable

Niveau de desserte	Faiblement	Moyennement	Densément
Nombre de chefs de ménages	18	9	7

Source : Travaux d'enquête, 2005

Le nombre de ménages à enquêter est défini après l'entretien sur le niveau de desserte des quartiers avec les chefs de quartier. Selon le niveau de desserte de chaque quartier, l'entretien est réalisé.

L'entretien est suivi des entrevues et des observations régulières d'octobre 2005 à octobre 2009 des quartiers d'enquête. Ils ont permis d'apprécier le niveau de vie et les conditions d'hygiène des habitants de Cotonou.

3. Résultats et discussion

3.1. Variation de la pluviométrie moyenne et recharge de la nappe phréatique à Cotonou de 1975 à 2004

La ville de Cotonou bénéficie d'une pluviométrie annuelle régulière due à sa position dans la zone subéquatoriale. Mais l'importance des pluies est liée à la quantité de pluie qui tombe au cours de l'année. La figure 1 ci-dessous présente la variation de la pluviométrie au cours de la période 1975 – 2004.

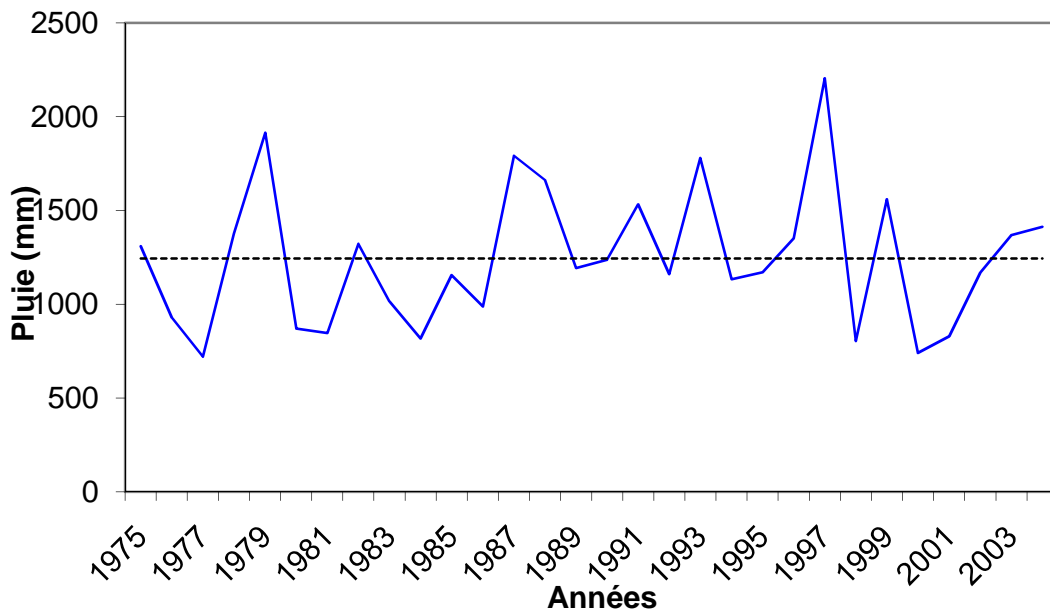


Figure 1 : Variation de la pluviométrie moyenne de 1975 à 2004 à Cotonou

De 1975 à 2004, la moyenne pluviométrique à Cotonou est de 1244 mm. Les années les plus sèches sont 1977 et 2000 avec respectivement une pluie moyenne de 719 et de 739 mm. Les années sèches sont 1986, 1976, 1980, 1981, 2001 et 1998 avec respectivement une pluviométrie moyenne variant de 802 mm à 986 mm. Les années humides sont 1990, 1989, 1995, 2002, 1992, 1985 et 1994. Les années très humides sont 1997, 1979, 1987, 1993, 1988, 1999, 1991, 2004, 1978, 2003, 1996, 1982 et 1975 avec une moyenne de la pluviométrie qui varie de 1308 mm à 203 mm. Le site de Cotonou dispose donc d'une grande quantité d'eau de pluie pour la recharge de sa nappe phréatique.

Par ailleurs, la recharge facile de la nappe est liée à la structure de son sol. Les données hydrogéologiques du sol de Cotonou montrent que celui-ci est constitué d'alluvion, d'argile et de sable. Suivant les zones, le sol de Cotonou est constitué de 80 % de sables grossiers (sables dunaires) avec une porosité supérieure à 40 % et un coefficient d'emmagasinement de 20 % ; de sables silteux grisâtres marins fin avec un mélange de sables grossiers (30 %), de sables fins (50 %) et de silt (10 %). Leur porosité est de 35 % et leur coefficient d'emmagasinement varie entre 7 et 10 % (Gandaho, 1994). Ce sol renferme par endroit de l'eau douce et de l'eau saumâtre. Le niveau de la nappe phréatique varie entre 0 et 5 m avec un débit de 1 à 15 m³/h (Antea International/Sitra.hm, 2000) ; la vitesse d'infiltration du sol est supérieure à 8.3x10⁻⁵ m/s (Gigg, 1983, cité par Boukari, Oyédé, Alidou, Gaye et Maliki 1995).

La ville de Cotonou a donc une grande possibilité de recharge de sa nappe phréatique. Cette recharge est favorisée par la platitude du relief. L'écoulement de l'eau pluviale et le drainage des eaux usées sont faibles (Afouda *et al*, 1981). D'un autre côté, la vitesse

d'infiltration, la structure du sol et le relief montrent que le sol de la ville de Cotonou est prédisposé à la pollution par les déchets solides et liquides produits dans la ville de Cotonou. Elle est donc vulnérable à la pollution. Cette vulnérabilité est confirmée par les travaux d'analyses physico chimiques et biologiques des eaux des puits réalisés dans la ville de Cotonou par plusieurs auteurs tels que Ahoussinou (2003), Bossou (2001) et Odoulami (2009). Cette nappe phréatique est malheureusement exploitée par les ménages de Cotonou par le biais des puits artisanaux. Quant à l'alimentation en eau potable de la ville de Cotonou par la SONEB, elle est faite à partir du plateau d'Allada (Godomey) dont la recharge annuelle est de 500 million de m³/ha (SCET/Turkpak-International/DH, 1991). C'est un aquifère du *Continental Terminal* dont la profondeur varie de 60 à plus de 140 m. Son infiltration est en moyenne de $2,5.10^{-5}$ m/s (Gigg, op. cit.).

La SONEB exploite au quotidien près de 50 000 m³ d'eau à partir de cet aquifère (DGH/DRE, 2004). Elle fournit par jour à la ville de Cotonou, une quantité d'eau potable chiffrée à 37 327 m³ soit 13 199 191 m³ en 2005 (SONEB, 2006). Malgré la fourniture de l'eau potable par la SONEB à la population de Cotonou, l'eau de qualité douteuse de la nappe phréatique de Cotonou est utilisée à cause de la faiblesse des revenus des ménages et de l'inégale répartition du réseau de desserte d'eau potable. Cette situation pose de préjudice à la santé de la population qui ne cesse d'accroître.

3.2. Evolution de la population et utilisation des eaux à Cotonou

En réalité, la ville de Cotonou, capitale économique du Bénin, est confrontée au phénomène d'immigration lié au dynamisme des activités économiques. Le tableau ci-dessous montre l'évolution démographique de la ville de Cotonou de 1961 à 2002.

Tableau 11 : Evolution démographique de la ville de Cotonou (1961 – 2002)

Année	1961	1979	1992	2002
Cotonou	78 300	320 332	536 827	665 100

Source : da MATHA *et al*, (2000) et INSAE, (1994, 2003, 2005)

La population de Cotonou s'est rapidement accrue en passant de 78 300 à 665 100 habitants de 1961 à 2002. Une telle augmentation de la population entraîne nécessairement

une demande croissance en eau de la population. La satisfaction de cette demande en eau est compromise malgré le taux d'urbanisation de la ville qui est à 100 % (Guignido et Kouni, 2003). Cela démontre que les conditions de vie sociale et économique ne suivent pas le rythme de la modernisation de la ville. Pour preuve, 33,8 % des ménages de Cotonou sont encore pauvres (INSAE, 2003). Cette situation explique les difficultés d'emploi d'une frange de la population. A Cotonou, 7 003 personnes de plus de 10 ans sont en chômage et 9 béninois sur 10 travaillent dans l'informel (INSAE, 2003). Ces conditions de vie difficile et notamment financières ne permettent pas un approvisionnement en eau potable de la population de Cotonou. Pour l'INSAE, 45,2 % de la population de Cotonou disposent de l'eau courante de la SONEB à la maison, 52,9 % achètent l'eau potable chez les abonnés et 0,1 % s'approvisionne dans les kiosques à eau potable de Cotonou (INSAE, 2003). Autrement, pour des raisons économiques, cette population se retrouve dans l'obligation d'utiliser en combinaison plusieurs sources d'eau (Fig. 2).

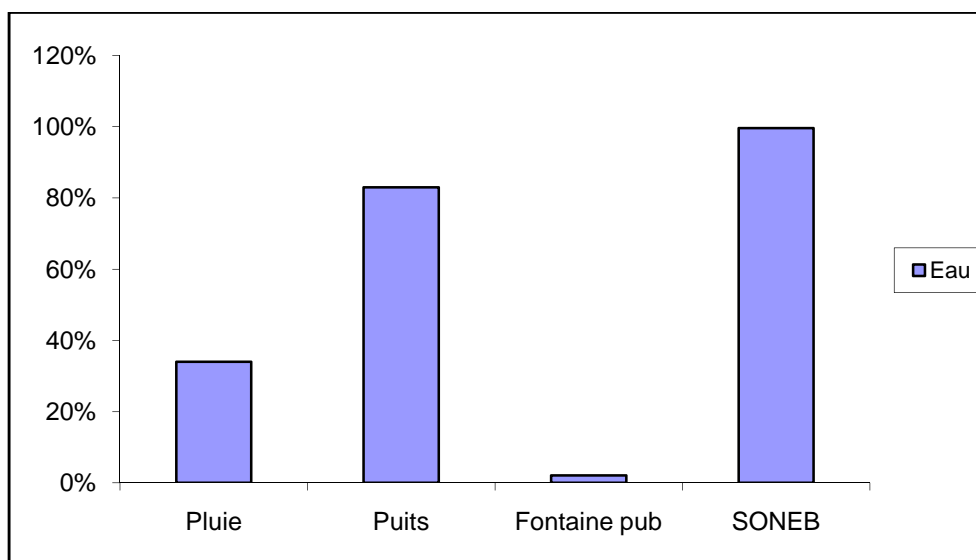


Fig. 2 : Consommation des eaux dans la ville de Cotonou

L'eau du réseau de distribution de la SONEB est utilisée par presque tous les ménages enquêtés (99,6 %) à Cotonou. Cependant, elle est utilisée en combinaison avec les autres sources d'eaux. La cause de cette situation, peut-être liée au coût de l'eau potable vendue par la SONEB : le coût du mètre cube varie entre 198 et 658 FCFA (Odoulami, op.cit.). Malgré le taux de desserte en réseau de distribution d'eau potable qui était de 70 % dans la ville de Cotonou en 2005 (SONEB, 2007), la population n'est pas en mesure de s'approvisionner uniquement en eau potable de la SONEB pour tous leurs besoins domestiques : le coût de l'eau potable de la SONEB est élevé. En effet, suivant les différentes tranches, le coût du mètre cube d'eau potable varie entre 198 et 658 FCFA à la SONEB alors qu'au Sénégal, le prix du mètre cube varie entre 160 et 500 FCFA. Ce coût n'est pas à la portée de tous les ménages de Cotonou. Cet aspect est démontré par le faible taux d'abonnement au réseau de distribution d'eau potable qui était de 08,5 % (SONEB, 2007) soit 60 116 abonnés en 2005

(SONEB, 2006) dans la ville de Cotonou. Ce taux ne permet pas un approvisionnement en eau potable convenable de la ville de Cotonou. Pour combler les besoins domestiques, les eaux de pluie et de puits sont utilisées par les ménages enquêtés. 34 % des enquêtés utilisent l'eau de pluie quand elle est disponible, 83 % utilisent l'eau de puits et 2,1 % achètent l'eau dans des kiosques à eau potable, installées dans quelques quartiers de Cotonou. Sur les 600 ménages enquêtés, 308 seulement sont abonnés au réseau de distribution d'eau potable soit 51,33 %. Le reste s'approvisionne chez des abonnés ou dans les kiosques à eau potable. Cette disparité s'explique aussi par l'inégale répartition du réseau de desserte en eau potable de la ville.

L'utilisation des eaux de pluie et de puits au sein des ménages de Cotonou, se fait en général, sans aucun traitement. La combinaison des différentes sources d'eau par les ménages, exprime la conscience des populations face aux dangers liés à l'eau pour leur santé. Le tableau ci-dessous montre les proportions d'utilisation des différentes sources d'eau dans les usages domestiques.

Tableau III: Proportion d'utilisation des sources d'eau dans les usages domestiques

Sources Usages	Pluie	Puits	Fontaine publique	SONEB
Boisson (%)	5,33	0,66	2	99,6
Cuisson (%)	8,16	4,83	2	94,33
Lessive (%)	34	69	1,33	37,5
Vaisselle (%)	29,66	74,5	1,33	33
Douche (%)	24,16	64	1	46,33
Arrosage (%)	0,5	4,66	0	2,33
Nettoyage (%)	20	62,5	0	14,5

Source : Enquête de terrain, 2005

L'utilisation de l'eau potable de la SONEB pour la boisson (99,6 %) et la cuisson (94,33 %) démontre la prise de conscience des ménages face au danger que constitue la consommation d'une eau de qualité douteuse. Dans les autres usages, l'eau potable de la

SONEB est utilisée dans des proportions faibles. L'eau de puits est surtout utilisée pour la lessive, vaisselle, douche et nettoyage et l'eau de pluie est moins utilisée certainement à cause de sa disponibilité limitée au cours de l'année.

Cette combinaison des eaux dénote l'effort de survie que se donne les ménages de Cotonou à travers la gestion rationnelle de l'élément vital qu'est l'eau et par déduction les difficultés financières existantes surtout au sein des couches vulnérables de la population cotonnoise. La perception des individus enquêtés sur la qualité des eaux consommées témoigne l'inquiétude voire leurs souffrances dans le domaine de l'eau potable (tableau 4).

Tableau IV : Perception sur la qualité des eaux utilisées à Cotonou d'après la population

Source Aspect	Pluie (%)	Puits (%)	Font pub (%)	SONEB (%)
Clair	33,50	47,33	1,83	99,66
Boueux	0	0	0	0
Trouble	2	37,66	0	0,33

La qualité de l'eau potable de la SONEB rassure plus la population. 99,66 % des ménages enquêtés jugent l'eau potable de la SONEB claire. 0,33 % des ménages trouvent l'eau potable de la SONEB trouble. Ceci peut s'expliquer par l'aspect laiteux que présente l'eau à la sortie du robinet probablement dû au chlore ou au chaux injecté à l'eau au cours de son traitement avant son acheminement vers le réseau de distribution. Les autres sources d'eau sont les plus incriminées par les ménages enquêtés. La qualité de l'eau de puits est doutée par la population. 37,66 % des ménages enquêtés trouvent l'eau de puits trouble mais elle est utilisée à Cotonou. La consommation des eaux de qualité douteuse a des conséquences fâcheuses sur la santé de la population et incontestablement sur l'économie du pays.

Cette consommation des eaux de qualité douteuse expose la population à des maladies hydriques. En effet, le Ministère de la Santé publique (MSP) enregistre chaque année, des cas de maladies liées à la consommation de l'eau dans le pays. Le tableau qui suit présente les diverses affections constatées à Cotonou sur la période 1999 à 2006.

Tableau V : Maladies hydriques dans la ville de Cotonou (1999 – 2006)

Affections	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Moyenne
Dysenterie bacillaire	2672	2753	3892	6495	8053	6029	13461	13242	7075
Autres diarrhées	8627	8535	8183	22204	8227	6504	5769	5805	9232
Gastro-entérite	18449	18834	18898	67122	29496	19339	16023	18542	25838
Choléra	127	26	29	3788	147	24	919	38	637

Source : DDS/MS Atlantique – Littoral, (DDS de l'Atlantique et du Littoral, 2001, 2003, 2004, 2005, 2007)

Les gastroentérites sont fréquents à Cotonou et affectent un nombre plus élevé de personnes au cours de la période 1999 – 2006. Elle est suivie des maladies diarrhéiques et de la dysenterie bacillaire. Seul le choléra atteint un nombre moins important d'individus. Ceci s'explique par le caractère endémique du choléra. Son apparition est souvent liée à une contamination ponctuelle dans le temps et dans l'espace.

Ces affections sont soignées à la maison à partir des plantes médicinales ou à partir des produits pharmaceutiques fautes de moyens financiers. Elles sont également traitées dans les centres de santé et souvent dans les conditions gravatives.

Les difficultés de la population de la ville de Cotonou dans l'approvisionnement doivent interpellier les autorités communales de Cotonou, l'Etat et les décideurs politiques car la santé des populations dans un pays conditionne l'évolution économique et le développement de ce pays. De ce point de vue, l'actuel mode d'approvisionnement en eau potable de la ville doit être revue dans le sens de la réduction de moitié le nombre de personnes n'ayant pas un accès satisfaisant à l'eau potable prôné par l'ONU. Les autorités communales, gouvernementales et décideurs devront aider la SONEB dans la réalisation des objectifs qu'elle s'est fixée pour 2015. Parmi ces objectifs, la SONEB prévoit :

- de rénover ses conduites en amiante ciment de Godomey ainsi que les conduites primaires et secondaires en amiante ciment de Cotonou sur 90 km,
- de réhabiliter ses deux stations de traitement d'eau,

- d'étendre et de densifier les réseaux de distribution sur 166 km,... afin de résoudre les difficultés d'approvisionnement en eau de la population de Cotonou (SONEB, 2006).

4. Conclusion

La population de la ville de Cotonou est confrontée à des problèmes sociaux et économiques parmi lesquels celui de l'approvisionnement en eau potable. Les difficultés financières obligent cette population à utiliser en combinaison plusieurs sources d'eau pour divers usages domestiques. Malgré le taux de desserte de la ville de Cotonou, le taux d'abonnement aux réseaux de distribution d'eau potable de la ville est faible. Face à ces difficultés d'approvisionnement en eau potable des populations, les autorités communales et étatiques et décideurs doivent intégrer dans leurs divers programmes de financement le volet subvention d'eau potable de la ville de Cotonou. Cette subvention permettra le branchement de toutes les couches sociales de la population aux réseaux de distribution d'eau potable de la SONEB. La méthode participative sera utilisée dans la couverture des investissements à moyen terme. Des comités seront installés dans les quartiers de Cotonou et des systèmes de recouvrement des investissements seront élaborés.

Bibliographie

Ouvrages, rapports

AFOUDA (A. A.), ALE (G.) et VODJI (L.), 1981 ; *Etude du ruissellement en zone urbaine à Cotonou. Rapport de campagne*, 1978, étude réalisée à l'initiative du comité interafricain d'Etudes Hydrauliques, Direction de l'Hydraulique, Cotonou, centre de Lomé, section hydrologie, 12 p + annexes

AGBO (B. F.), 1985 ; *Le phénomène de périurbanisation à Cotonou*, mémoire de maîtrise, UNB, 142 p

AHOUSSINOU (A. S.), 2003 ; *Pollution fécale de la nappe phréatique et comportements des populations à Cotonou*, mémoire de maîtrise professionnelle, UAC, 88 p

Antea International/Sitra.hm, 2000 ; *Etude Hydrogéologie et projection géologique par l'implantation de forages d'exploitation et de piézomètres sur les sites de Cotonou-Djougou-Porto-Novo*, Rapport final, p 5

BOSSOU (B. D.), 2004 ; *Analyse et esquisse cartographique de la contamination bactériologique de la nappe phréatique alimentant les puits traditionnels de la ville de Cotonou et sa banlieue*, mémoire de DESS, UAC, 82 p + annexes

BOUKARI (M.), OYEDE (M.), ALIDOU (S.), GAYE (G.B.) et MALIKI (R.), 1995 ; *Identification des aquifères de la zone littorale du Bénin (Afrique de l'Ouest). Hydrodynamique, hydrochimie et problèmes d'alimentation en eau de la ville de Cotonou*, in Africa Geoscience Review, vol. 2 ; n°1 pp 121 – 139

DDS, 2003 ; *Statistiques sanitaires de l'Atlantique et du Littoral*, Cotonou, 77 p

DDS, 2001 ; *Annuaire statistique de l'année 2000*, Cotonou, 87p

DNM/ASECNA, 1990 ; *Bref Aperçu sur le Climat du Bénin*, Cotonou, 8p

DGH/DRE, 2004 ; *Modélisation des eaux souterraines : objectifs, description et résultats. Cas étudié : Système aquifère du champ de captages de Godomey, programme AGRE, version provisoire*, Cotonou, 58 p + annexes

GANDAHO (S.), 1994 ; *Problème de pollution de la nappe phréatique de Cotonou, étude comparative et perspectives d'aménagement*, mémoire de maîtrise, UNB, 89 p + annexes

GUINGNIDO (G. J.) et KOUNI (A.), 2003 ; *Migration et impacts sur la croissance urbaine au Bénin*, INSAE, Ouidah, 84 p

INSAE, 2005 ; *Cahiers des villages et quartiers de ville : Département du Littoral*, Cotonou, 14 p

INSAE, 2004 ; *cahiers des villages et quartiers des villes, département du littoral*, Cotonou, 15p

INSAE, 2003 ; *Synthèse des Analyses*, Cotonou, 42 p

INSAE, 2003 ; *Synthèses des résultats*, Cotonou, 34 p

INSAE, 1994 ; *Deuxième recensement général de la population et de l'habitation*, Cotonou, février 1992, 51 p

N'BESSA (B.), 1997, Porto-Novo et Cotonou (Bénin) : Origine et évolution d'un doublet urbain, thèse de doctorat d'état es lettres, Bordeaux – Talence, 1997, 456 p

ODOULAMI (L.), 2009 ; *La problématique de l'eau potable et santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin)*, thèse de doctorat, UAC, 230 p.

SONEB, 2007 ; *Plan d'investissement actualisé : système d'AEP de Cotonou, Plan directeur Eau*, tome V.6.1 (version provisoire), 40 p

SONEB, 2006 ; *Rapport annuel d'activités. Exercice 2005*, 30 p + annexes

ACCES A L'EAU POTABLE ET SANTE DES POPULATIONS DES VILLES D'AFRIQUE DE L'OUEST : COTONOU (BENIN)

Léocadie ODOULAMI & Michel BOKO

Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE)/DGAT/FLASH/ Université d'Abomey-Calavi (UAC) BP 526 Cotonou, République du Bénin (Afrique de l'Ouest)

leocadio@yahoo.com,

Résumé

L'accès à l'eau potable au Bénin, est l'une des difficultés à laquelle la population de Cotonou est confrontée. La plupart des ressources en eau de la ville sont polluées mais elles demeurent encore des sources d'approvisionnement en eau des ménages. Une documentation a été faite de 2005 à 2009 dans les centres de documentation et les services de Cotonou, et des observations des lieux habités ont été effectuées suivies d'une enquête par questionnaire sur les difficultés d'accès à l'eau potable dans 600 ménages choisis de façon raisonnée dans 62 quartiers sélectionnés dans les 13 arrondissements de Cotonou ont été effectuées. L'analyse des résultats obtenus a montré que pour des raisons sociales et économiques, la plupart des ménages utilisent les eaux de pluie et de puits en complément à l'eau potable distribuée par la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) pour leurs besoins domestiques. Le taux de desserte en réseau dans la ville est de 70 % et le taux d'abonnement n'est que de 8,5 % (SONEB, 2007). Cette situation a engendré la prolifération des maladies hydriques tels que le choléra, les diarrhées et les gastroentérites. Il urge de prioriser dans les politiques des autorités communales et étatiques la réduction du coût du mètre cube d'eau potable et la subvention du raccordement des ménages au réseau de la SONEB.

Mots clés : Bénin, Cotonou, accès à l'eau potable, pollution, maladies hydriques.

Abstract

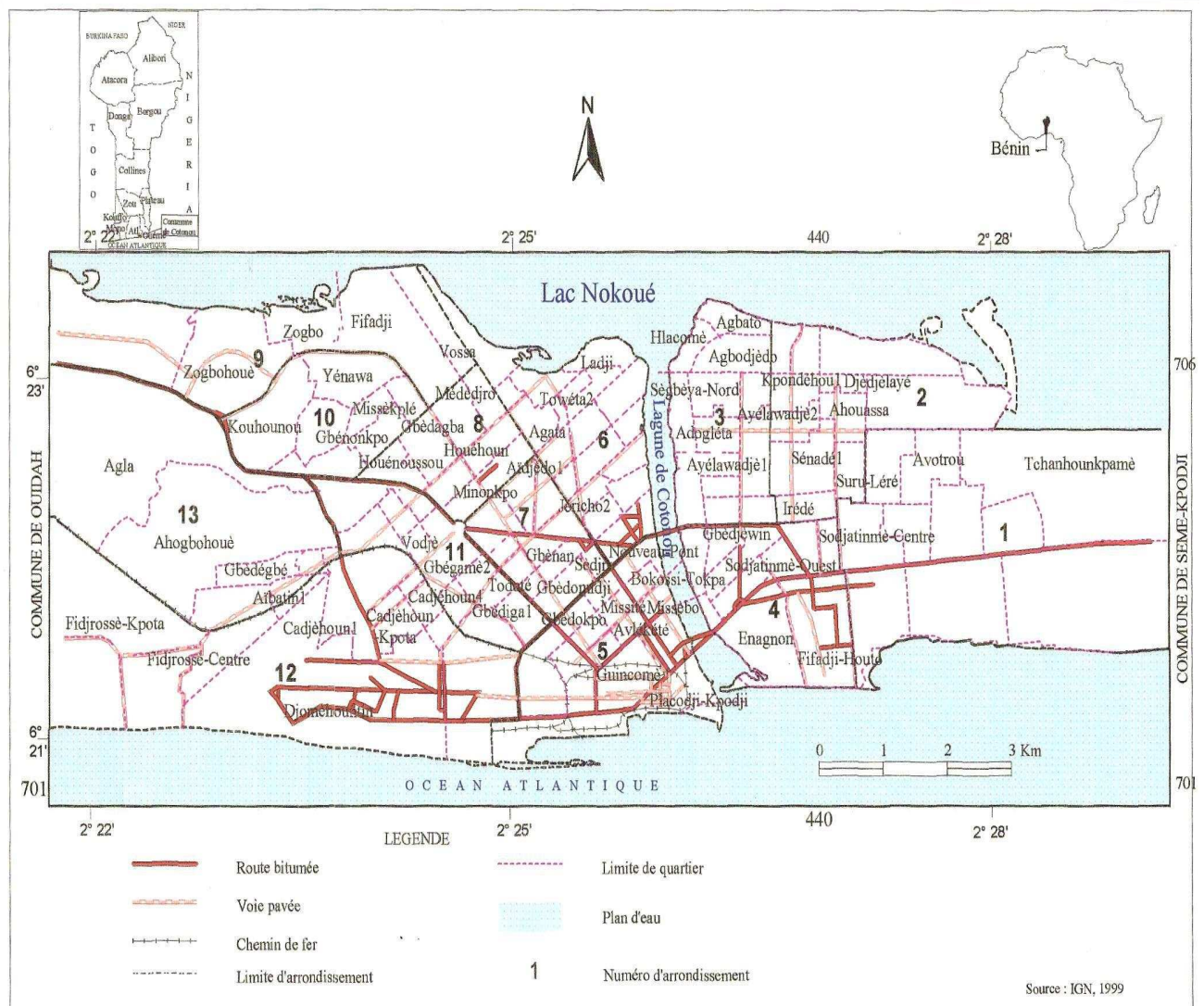
Access to drinking water in Benin, is one of the constraints to which the population of Cotonou is exposed. Most of the water resources of the city are polluted, but they are still sources of water supply to households. Documentation was made from 2005 to 2009 in the centers and services in Cotonou, and observations from populations followed by a questionnaire survey was conducted in 2005 on the difficulties of access to drinking water 600 households selected in a reasoned way in 62 selected neighborhood in all 13 boundaries of Cotonou. The analysis results showed that for social and economic reasons, most households use rainwater and wells in

addition to drinking water distributed by SONEB (Société Nationale des Eaux du Bénin) for their needs servants. The rate of access to network in the city is 70% and the subscription rate is only 8.5% (SONEB, 2007). This has led to the proliferation of waterborne diseases such as cholera, diarrhea and gastroenteritis. It is urgent to give priority in the policies of state and municipal authorities to reduce the cost per cubic meter of drinking water and the grant of household connection to the network SONEB.

Keywords: Benin, Cotonou, access to drinking water, pollution, waterborne diseases.

I – INTRODUCTION

Cotonou est la plus grande ville du Bénin. Elle est située entre 6°20' et 6°23' de latitude Nord et 2°22' et 2°30' de longitude Est sur la plaine littorale au sud du Bénin (carte 1). Elle s'étend sur 79 km² entre l'Océan Atlantique et le lac Nokoué (carte 1). Les altitudes de la plaine de Cotonou varient entre 0,4 m et 6,52 m (Afouda, et *al*, 1981 et Ahoussinou, 2003). Son sol est argilo sableux et présente une frange dunaire au sud et des dépressions marécageuses au nord (à la périphérie du lac Nokoué). Cotonou est sous le régime climatique à deux saisons pluvieuses (une grande saison des pluies de mi-mars à mi-juillet et une petite de mi-septembre à mi-novembre) qui s'alternent avec deux sèches (une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars et une petite de mi-juillet à mi-septembre). La pluviométrie moyenne sur la période 1955 – 2004 est de 1308,2 mm/an avec un maximum de 356,0 mm en juin et un minimum de 9,5 mm en janvier. Le mois de juin est le plus arrosé avec 19 jours de pluie en moyenne et le mois le moins arrosé est janvier avec un jour de pluie en moyenne. La moyenne des températures est de 27, 2 °C sur l'année avec un minimum moyen de 25,6 °C en août et un maximum moyen de 28,9 °C en mars (DNM/ASECNA, 1990). La ville de Cotonou abritait 665.100 habitants en 2002 (INSAE, 2003). Population qui a certainement augmenté ces dernières années. A Cotonou, les ménages ont des difficultés d'accès à l'eau potable et sont contraints, pour la plupart, à utiliser, en complément à l'eau potable de la SONEB, les eaux polluées de puits et de pluie. Cela les prédispose aux maladies hydriques telles que le choléra, la dysenterie, les diarrhées et les gastroentérites. Cette étude montre les problèmes et les difficultés d'accès à l'eau potable et leurs conséquences sur la santé publique à Cotonou.



Carte 1 : Situation de la ville de Cotonou (Bénin)

II - DONNEES ET METHODES UTILISEES

Les données pluviométriques, hydrogéologiques, démographiques et épidémiologiques ont été collectées dans le Service National de la Météorologie (SMN) de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) de Cotonou, (Les données pluviométriques utilisées sont celles de la station synoptique de Cotonou Aéroport ; elles ont été utilisées pour la construction de l'évolution graphique de la pluviométrie à Cotonou de 1955 – 2004), la Direction de l'Eau (DGE), à l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), à la Direction Départementale de la Santé de l'Atlantique et du littoral (DDS) du Ministère de la Santé (MS), à la Société Nationale des Eaux du Bénin

(SONEB), au Département de la Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT) de l'université d'Abomey-Calavi (UAC). Ces données ont été complétées par une enquête par questionnaire effectuée en 2005 dans 600 ménages choisis de façon raisonnée dans 62 quartiers sur les 144 que comptent les 13 arrondissements de Cotonou (tous les arrondissements ont eu la chance d'être sélectionnés une fois). Suivant le niveau de desserte en eau potable des quartiers sélectionnés, 18 chefs de ménages ont été enquêtés dans des quartiers faiblement desservis, 9 chefs de ménages dans les quartiers moyennement desservis et 7 dans ceux qui sont densément desservis. L'enquête s'est réalisée à partir des entretiens directifs, de groupe, d'observations qui ont permis de collecter des informations sur les conditions sociales et économiques qui sont à l'origine de l'utilisation des eaux de puits et de pluie qui complètent l'eau potable de la SONEB utilisée dans les ménages.

Les données collectées ont été traitées dans Word et Excel sous Windows et présentées sous forme de tableaux et graphiques.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

La position de la ville de Cotonou dans la zone subéquatoriale lui permet de bénéficier d'importante pluviosité (figure 1).

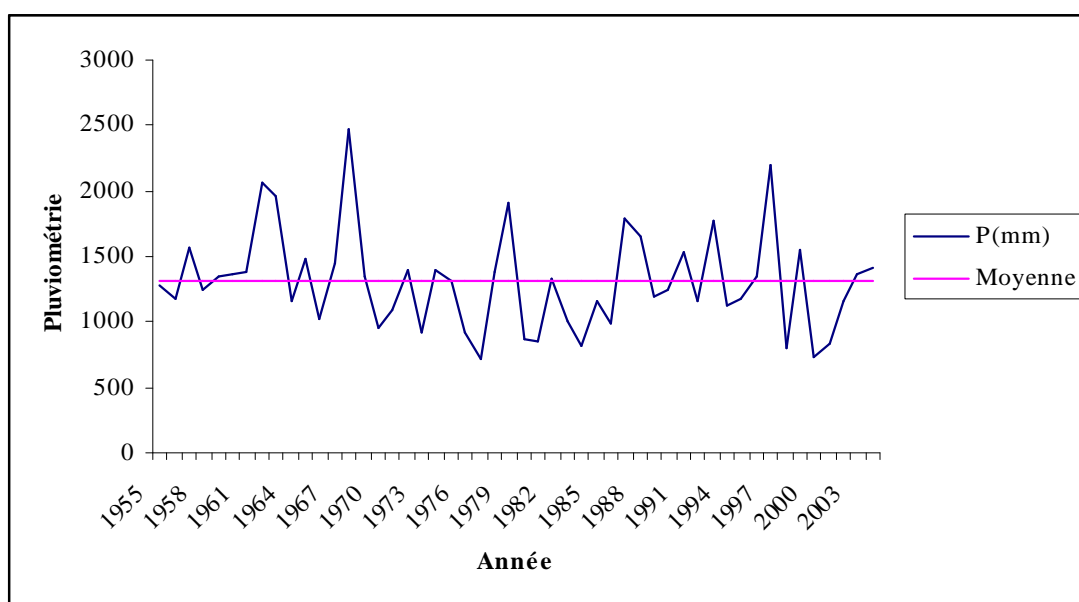


Figure 1 : Evolution pluviométrique à Cotonou de 1955 à 2004

La figure 1 montre l'évolution des pluies à Cotonou sur la période 1955-2004. Elle présente une moyenne pluviométrique de 1308,2 mm. D'une année à une autre, la pluviométrie varie par rapport à la moyenne : les années 1957, 1959, 1962, 1968, 1997, 1962, 1963, 1979, 1987, 1988, 1957, 1999, 1991, 1965, 1967, 1954, 2004, 1972, 1974, 1961, 1978, 1969, 1996, 1959 et 1975 sont plus humides ; Leurs moyennes varient de 2470,2 mm à 1308,4 mm. Les années moins humides sont 1955, 1958, 1990, 1995, 1956, 2002, 1964, 1992, 1985, 1994, 1971, 1983 et 1966 avec une pluviométrie moyenne variant de 1271,6 mm à 1013,8 mm. Les autres sont sèches avec une pluviométrie moyenne qui varie de 986,1 mm à 719,1 mm.

Les données pluviométriques de la période ont permis d'établir l'évolution pluviométrique annuelle de la ville (figure 2).

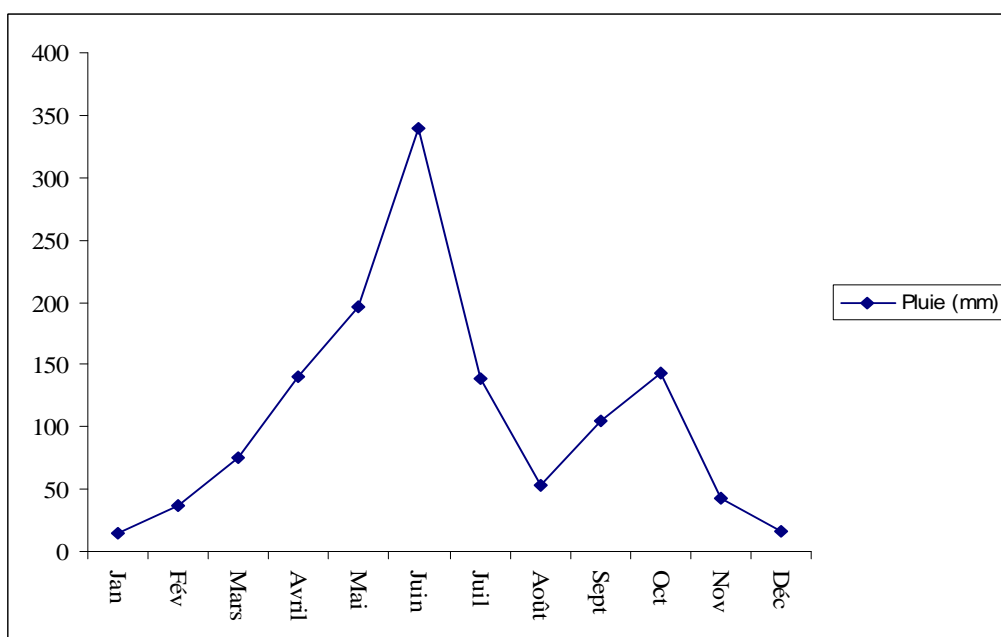


Figure 2 : Evolution pluviométrique annuelle de la ville de Cotonou

Cette figure présente un régime pluviométrique bimodal. Les mois les plus pluvieux sont avril, mai, juin, juillet, septembre et octobre. La régularité des pluies pendant ces mois pluvieux contribue à la

recharge de la nappe phréatique de Cotonou. Mais cette recharge dépend de l'évapotranspiration du milieu.

Le calcul du bilan climatique sur la période 1965-2004 a permis de réaliser la figure suivante.

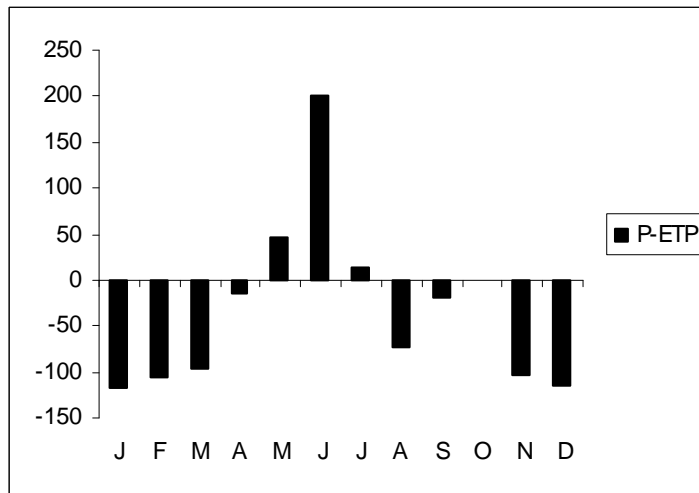


Figure 3 : Bilan climatique de la ville de Cotonou

Le bilan climatique est positif en mai, juin et juillet. La recharge est donc possible au cours de ces derniers mois. Le bilan est déficitaire sur les autres mois, la recharge ne serait en principe pas possible. Mais avec les apports pluvieux du bassin de Bonou à la ville en août, septembre, octobre et novembre, la recharge de la nappe peut s'effectuer pendant ce temps.

Cette recharge dépend des structures sablo argileuses du site de Cotonou (GIGG/SONAGIM, 1985). Le sol a une porosité qui varie suivant les secteurs, de 35 % à plus de 40 % et le coefficient d'emménagement varie de 7 % à 20 % (GANDAHO, op. cit. et AHOUSSINOU, op. cit.). La vitesse d'infiltration de ce sol est supérieure à $8,3.10^{-5}$ m/s (BOUKARI et al, op. cit.). Le sol de Cotonou est donc facilement rechargeable même aux premières semaines de pluie. Le niveau de la nappe phréatique de Cotonou peut passer de 0 à 5 m avec un débit de 1 à 15 m³/h (ANTEA International/SITRA.HM, 2000). Cette nappe est de faible profondeur cependant elle permet aux ménages de Cotonou de disposer des eaux par les puits.

Avec l'accroissement démographique, la qualité de la plupart de ces eaux est dégradée. Le taux de couverture en assainissement de 46 % au Bénin en 2000 (rapport conjoint OMS et al, cité dans la revue Info CREPA, 2004) se révèle insuffisant. La production des déchets ménagers à Cotonou augmente. En 2004, les déchets ménagers de Cotonou sont estimés à 214.500 tonnes (da MATHA SANT'ANNA, 2000) ; le taux de ramassage de ces déchets se situe seulement entre 25 et 30 % (MSP/MEHU, 1995). Le reste est enterré ou déversé sur des

parcelles vides ou se retrouve dans les zones marécageuses ou encore brûlé. Aussi, l'absence des systèmes d'évacuations (égouts) des eaux usées fait que 80 % des eaux usées sont déversées directement dans les cours des maisons et dans les rues. L'inadéquation des ouvrages d'assainissement autonomes surtout les latrines à fosse aux structures hydrogéologiques de la ville de Cotonou ; la faiblesse du réseau de drainage des eaux pluviales et de son mauvais entretien, contribuent à la pollution de la nappe phréatique de Cotonou (MSP/MEHU, op. cit.) et à la pollution de l'air (par les gaz d'échappement, la poussière et la fumée des usines). Donc, la mauvaise gestion de l'environnement de Cotonou compromet dangereusement la qualité des eaux pluviales et des puits.

En effet, la pollution des eaux de puits, de pluie et de l'eau de la SONEB a été mise en évidence par ODOULAMI (2009) à partir des analyses physico chimiques et bactériologiques des échantillons d'eaux cités plus haut. Ces analyses ont révélé la présence en grand nombre de coliformes totaux, les coliformes fécaux et l'*Escherichia Coli*.

Face à ce qui précède, la consommation des eaux de puits et de pluie expose la santé de la population aux maladies d'origine hydrique telles que le choléra, les gastroentérites, les diarrhées, les dysenteries. Entre 1999 et 2002, les maladies hydriques ont évolué de façon croissante à Cotonou ; mais celles-ci ont diminué entre 2003 et 2004 (tableau I).

Tableau I : Maladies hydriques dans la ville de Cotonou (1999 – 2004)

Affections	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Moyenne
Dysenterie bacillaire	2672	2753	3892	6495	8053	6029	13461	13242	7075
Autres diarrhées	8627	8535	8183	22204	8227	6504	5769	5805	9232
Gastro-entérite	18449	18834	18898	67122	29496	19339	16023	18542	25838
Choléra	127	26	29	3788	147	24	919	38	637

Source : DDS/MS Atlantique – Littoral, (DDS de l'Atlantique et du Littoral, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007)

La gastro-intestinale affecte un nombre élevé d'individus en 2002. Elle est suivie des maladies diarrhéiques. La dysenterie bacillaire atteint moins de personnes mais reste cependant croissante sur la période. Les années 2002 et 2003 ont les plus grands nombres de personnes affectées. Les cas de choléra sont moins importants sur la période mais se sont accrus particulièrement en 2002. Donc, les maladies hydriques prolifèrent dans la ville de Cotonou. Ce constat se justifie par les données collectées dans des centres de santé en 2004 (figure 4).

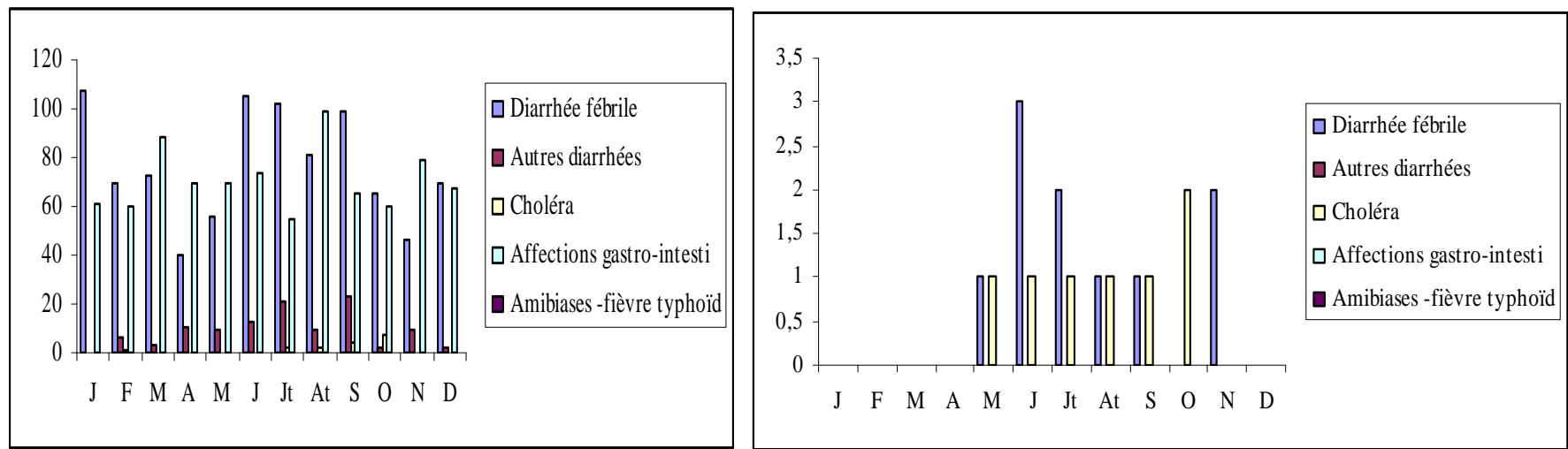
Les affections liées à l'ingestion de l'eau sont très fréquentes à Cotonou. Elles sévissent donc de manière permanente. Leur présence permanente au sein de la population révèle l'insuffisance de l'eau potable. Cependant la ville de Cotonou a un taux de desserte en réseau de distribution d'eau potable de 70 %. Malgré ce taux, le nombre des abonnés au réseau est faible : 8,5 % (SONEB, 2007).

Ce faible taux s'explique par le coût de l'abonnement qui avoisine 100.000 FCFA. Or le niveau des revenus des ménages est faible. En 2005, sur 600 ménages de Cotonou enquêtés, 51,33 % sont abonnés. Le reste s'approvisionne chez les abonnés ou dans les quelques kiosques à eau potable de certains quartiers (2,1 % des ménages). Ce fait est lié à la faiblesse des revenus.

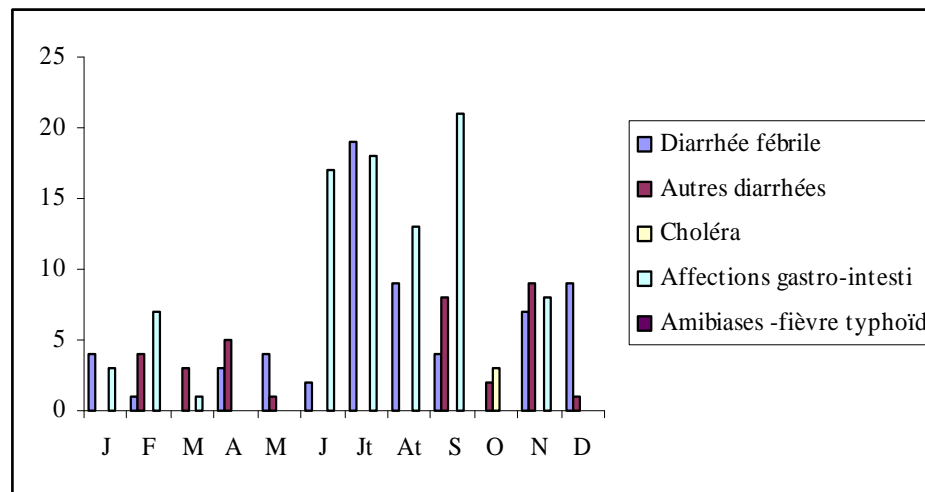
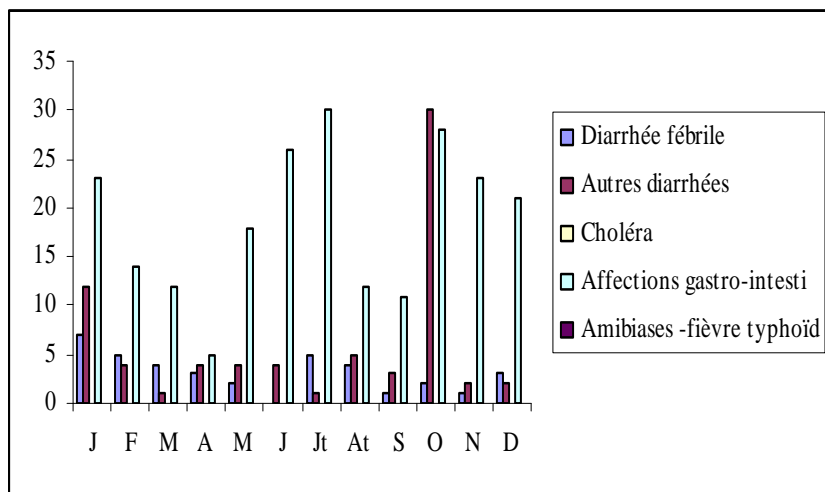
La consommation de l'eau de qualité douteuse a de conséquences néfastes sur la santé de la population de Cotonou (figure 4). Cette figure montre l'évolution des affections dans les centres de santé enquêtés en 2004. Mais elle ne permet pas d'établir la périodicité des affections. La périodicité pourrait être établie si nous disposons des données sur plusieurs années. Cependant, à partir des données de 2004, le centre de santé BETHESDA a enregistré des cas de diarrhée fébrile tout au long de l'année. Les cas les plus nombreux sont remarqués en janvier, juin, juillet et septembre ; ce centre est suivi du centre de santé Sainte Thérèse de l'Enfant Jésus de Sèdjro avec des cas plus nombreux en février. Les cas de gastro-entérites sont en majorité nombreux dans la plupart des centres de santé sur presque tous les mois. Les amibiases et la fièvre typhoïde sont traitées tout le long de l'année à Sainte Thérèse de l'Enfant Jésus. Les cas de choléra ne sont pas nombreux dans les centres sauf dans le centre de Massavo où il est remarquable en mars, juin à octobre. Les cas d'autres diarrhées, les plus nombreux, s'observent en octobre au centre d'Ahouansori.

Selon les agents de santé rencontrés dans ces centres de santé, les périodes de recrudescence de ces maladies sont les périodes pluvieuses et des crues, les périodes des fêtes et les saisons des fruits (mangues et autres). Ainsi, les cas d'affection liés à l'ingestion de l'eau s'étalent sur toute l'année mais les gastro-entérites sont très fréquentes au début, au milieu et à la fin de l'année. Quant au choléra, il est endémique. Donc l'apparition de ces maladies a lieu tout le long de l'année. Il est bien difficile de déterminer une période pour ces affections.

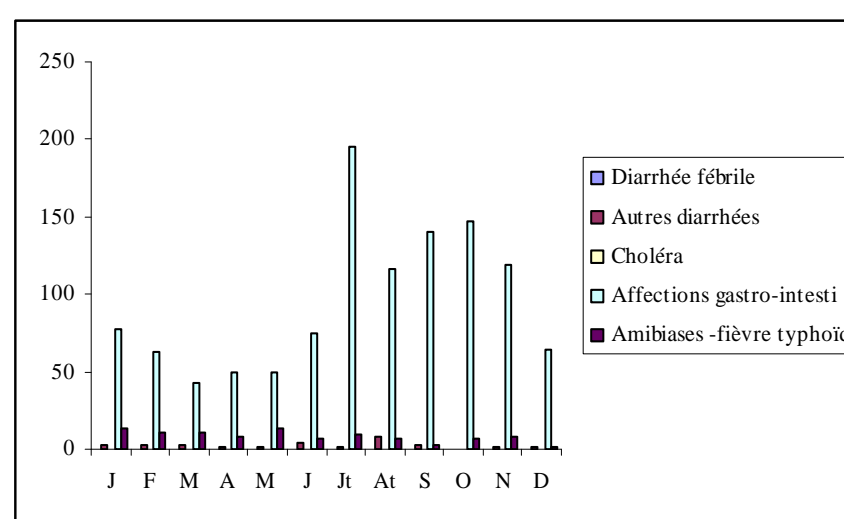
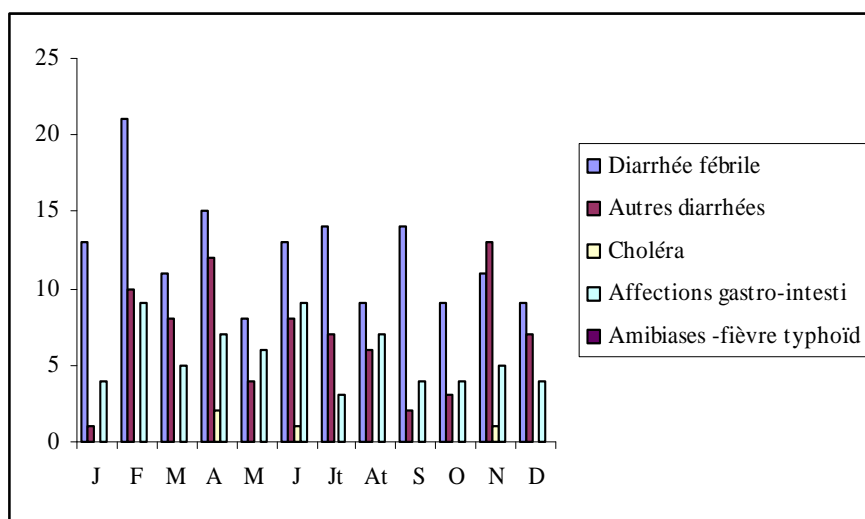
Centres de santé BETHESDA de Minonkpo et MASSAVO d’Agbondjèdo (3^{ème} Arrondissement)



Centres de santé d’Ahouansori et de l’ONG “La Vie Nouvelle” (6^{ème} Arrondissement)



Centres de santé Sainte Thérèse de l'Enfant Jésus de Sédjro (7^{ème} Arrondissement) et de Mènontin (9^{ème} Arrondissement)



Centre de santé d'Agla (13^{ème} Arrondissement)

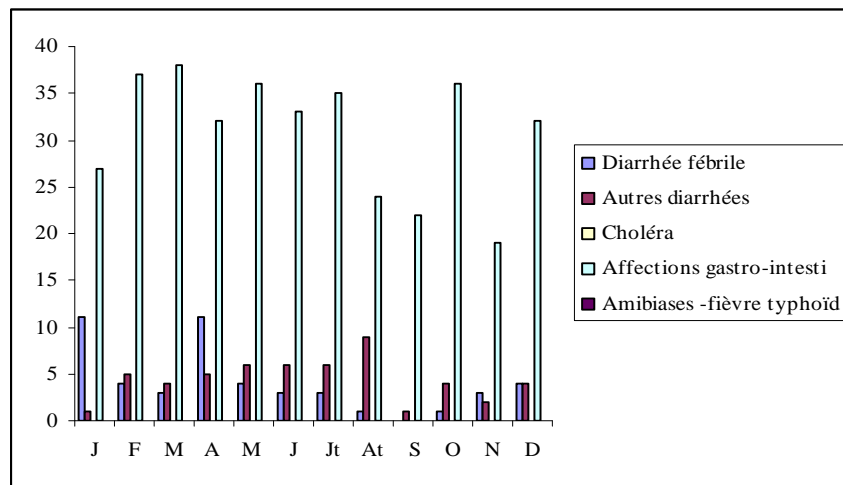


Figure 4 : Maladies hydriques enregistrées mensuellement dans des centres de santé publics et privés locaux de Cotonou en 2004

Les revenus mensuels des ménages enquêtés varient de 1000 FCFA à 500. 000 FCFA. Cette disparité des revenus révèle l'inégalité financière des couches sociales et explique les conditions de vie difficile de la plupart des ménages. Des ménages ne pouvant pas subvenir à tous leurs besoins, il s'en découle un faible approvisionnement en eau potable des couches sociales surtout déshéritées où le réseau de distribution d'eau potable est insuffisant (les zones périphériques marécageuses et inondables ne sont pas pourvues de ce réseau). Le complément des besoins domestiques en eau se fait par les eaux de pluie et de puits pour la plupart polluées. Ainsi, 34 % des ménages utilisent l'eau de pluie quand elle est disponible et 83 % utilisent l'eau de puits. Malheureusement, l'utilisation de ces eaux de qualité douteuse se fait sans aucun traitement.

IV - CONCLUSION

L'accès à l'eau potable de la population est compromis par l'inégale répartition du réseau de distribution d'eau potable et la faiblesse des revenus des ménages de Cotonou. Les difficultés de la population de la ville de Cotonou dans l'approvisionnement en eau potable doivent interpeller les autorités communales de Cotonou, l'Etat et les décideurs politiques car la santé des populations dans un pays conditionne l'évolution économique et le développement de ce pays. De ce point de vue, l'actuel mode d'approvisionnement en eau potable de la ville doit être revu dans le sens de la réduction de moitié du nombre de personnes n'ayant pas un accès satisfaisant à l'eau potable prôné par l'ONU. Il revient alors aux autorités communales, gouvernementales et aux décideurs de diriger les politiques d'approvisionnement en eau potable mise en œuvre au Bénin dans le sens de la réduction du coût élevé du mètre cube d'eau potable distribuée et de la subvention de la SONEB dans le but de faciliter le raccordement des ménages au réseau de desserte.

Références bibliographiques

- 1. AFOUDA (A. A.), ALE (G.) et VODJI (L.),** 1981 ; Etude du ruissellement en zone urbaine à Cotonou. Rapport de campagne, 1978, étude réalisée à l'initiative du comité interafricain d'Etudes Hydrauliques, Direction de l'Hydraulique, Cotonou, 12 p + annexes
- 2 AHOUSSINOU (A. S.),** 2003 ; Pollution fécale de la nappe phréatique et comportements des populations à Cotonou, mémoire de maîtrise professionnelle, UAC, 88 p

3. Antea International/Sitra.hm, 2000 ; Etude Hydrogéologie et projection géologique par l'implantation de forages d'exploitation et de piézomètres sur les sites de Cotonou-Djougou-Porto-Novo, Rapport final, p 5

DDSP de l'Atlantique et du Littoral, 2007 ; Annuaire statistique de l'Année 2006, Cotonou, 89 p

4. DDSP de l'Atlantique et du Littoral, 2006 ; Annuaire statistique de l'Année 2005, Cotonou, 85 p

5. DDSP de l'Atlantique et du Littoral, 2005 ; Annuaire statistique de l'Année 2004, Cotonou, 71 p

6. DDSP de l'Atlantique et du Littoral, 2004 ; Annuaire statistique de l'Année 2003, Cotonou, 77 p

7. DDS, 2003. Statistiques sanitaires de l'Atlantique et du Littoral. DDS, Cotonou, 77 p

8. DDSP de l'Atlantique et du Littoral, 2001 ; Annuaire statistique de l'Année 2000, Cotonou, 92 p

9. DNM/ASECNA, 1990 ; Bref Aperçu sur le Climat du Bénin, Cotonou, 8 p

10. GANDAOH (S.), 1994 ; Problème de pollution de la nappe phréatique de Cotonou, étude comparative et perspectives d'aménagement, mémoire de maîtrise, UNB, 89 p + annexes

11. GIGG/SONAGIM, 1985 ; Ville de Cotonou : Etude de développement urbain, Rapport de Synthèse d'Analyse, 177 p

12. Info CREPA, 2004 ; Dossier : Quel rôle attribué à la commune pour une gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain ? Revue n° 44, 30 p.

13. INSAE, 2003 ; Synthèses des résultats ; Cotonou, 34 p

14. da MATHA SANT'ANNA, 2000, Dynamique démographique, question agraire, et urbanisation au Bénin. NLTPS – BENIN, 258p

15. MSP/MEHU, 1995 ; Développement du secteur de l'Assainissement. Document de Politique Nationale, Programme d'Alimentation en Eau et d'Assainissement, Banque Mondiale, Groupe Régional de l'Eau et de l'Assainissement – Afrique de l'Ouest, pp 11 – 32

16. SONEB, 2007 ; Plan d'investissement actualisé : système d'AEP de Cotonou, Plan directeur Eau, tome V.6.1 (version provisoire), 40 p

PROBLEMES D'ACCES A L'EAU POTABLE ET SANTE DANS LA VILLE DE COTONOU (BENIN)

Léocadie ODOULAMI & Michel BOKO

Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE)/DGAT/FLASH/ Université d'Abomey-Calavi (UAC) BP 526 Cotonou, République du Bénin (Afrique de l'Ouest)

leocadieo@yahoo.com,

Résumé

L'accès à l'eau potable à Cotonou au Bénin, est l'une des contraintes à laquelle sa population s'expose. La plupart des ressources en eau de la ville sont polluées par les déchets solides et liquides mais elles demeurent encore des sources d'eau utilisées par les ménages. Un choix raisonné a permis de sélectionner 10 % des ménages de Cotonou des 13 arrondissements de Cotonou in 2005. Une analyse faite à partir des travaux de terrain (enquête par questionnaire et documentation) a montré que pour des raisons sociales et économiques, la plupart des ménages utilisent ces ressources en eau sous la forme des eaux de pluie et de puits en complément à l'eau potable distribuée par la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) pour leurs besoins domestiques. Le taux de desserte en réseau dans la ville est de 70 % et le taux d'abonnement n'est que de 8,5 % (SONEB, 2007). Cette situation a engendré la prolifération des maladies hydriques telles que le choléra, les diarrhées et les gastroentérites. Les autorités communales et étatiques doivent faciliter le raccordement des ménages au réseau en subventionnant la SONEB.

Mots clés : Bénin, Cotonou, accès à l'eau potable, pollution, maladies hydriques.

Abstract

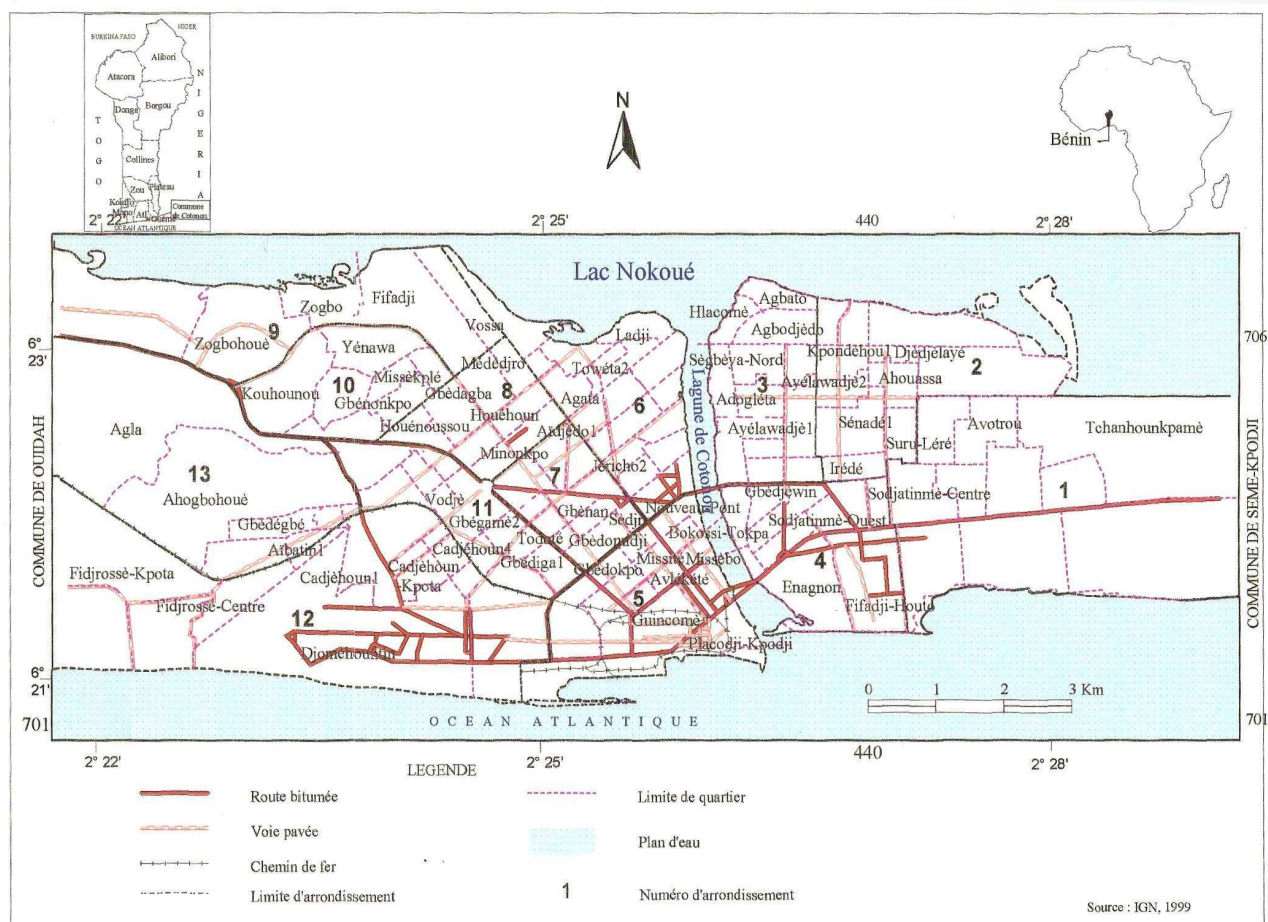
Drinking water access in Cotonou at Benin is one of constraints which its population exposes. The bad wastes management generates the water resources pollution. However, those resources are used. A choice reasoned has permitted to select 10 % of Cotonou households in the 13 boundaries of Cotonou in 2005. A analyse realised with field works (survey by interview and documentation) showed that for social and economic reasons, the most of households use those resources as rain

and well waters for completing drinking water supply by SONEB (Société Nationale des Eaux du Bénin) for their domestic needs. Though, the rate of drinking water supply networks is 70 % and only 8,5 % of the people are subscribed to SONEB in 2005 (SONEB, 2007). This situation generates water borne diseases proliferation such as the cholera, diarrhoeas and gastroenteritis. The local and governmental authorities must facilitate the neighbourhoods join networks by giving grants to SONEB.

Key words: Benin, Cotonou, drinking water access, pollution, water borne diseases.

I - INTRODUCTION

La ville de Cotonou est la plus grande métropole du Bénin. Elle est située à 6°20' et 6°23' de latitude Nord et 2°22' et 2°30' de longitude Est sur la plaine littorale au sud du Bénin (carte 1). Elle s'étend sur 79 km² entre l'Océan Atlantique et le lac Nokoué (carte 1) et abrite 665.100 habitants en 2002 (INSAE, 2003). Ce relief a des altitudes qui varient de 0,4 m à 6,52 m (Afouda, et *al*, 1981 et Ahoussinou, 2003). Son sol est caractérisé par une frange dunaire et des dépressions marécageuses. Cotonou est sous le régime climatique à 4 saisons : une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars ; une grande saison des pluies de mi-mars à mi-juillet ; une petite saison sèche de mi-juillet à mi-septembre ; une petite saison des pluies de mi-septembre à mi-novembre. La pluviométrie moyenne sur la période 1955 – 2004 est de 1308,2 mm/an avec un maximum de 356,0 mm en juin et un minimum de 9,5 mm en janvier. Le mois de juin est le plus arrosé avec 19 jours de pluie en moyenne et le mois le moins arrosé est janvier avec un jour de pluie en moyenne. La moyenne des températures est de 27, 2 °C sur l'année avec un minimum moyen de 25,6 °C en août et un maximum moyen de 28,9 °C en mars (DNM/ASECNA, 1990). Les ménages de Cotonou ont des difficultés d'accès à l'eau potable et sont contraints, pour la plupart, à utiliser en complément à l'eau potable de la SONEB les ressources en eau polluées sous forme des eaux de puits et de pluie. Cela prédispose la santé des ménages aux maladies hydriques telles que le choléra, la dysenterie, les diarrhées et les gastroentérites. Cette étude mettra en exergue les difficultés d'accès à l'eau potable et leurs conséquences sur la santé publique à Cotonou.



Carte 1 : Situation de la ville de Cotonou (Bénin)

II - DONNEES ET METHODES UTILISEES

Les données pluviométriques, hydrogéologiques, démographiques et épidémiologiques ont été collectées auprès du Service National de la Météorologie (SMN) de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) de Cotonou, la Direction de l'Eau (DGE), à l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), à la Direction Départementale de la Santé de l'Atlantique et du littoral (DDS) du Ministère de la Santé (MS), à la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB), au Département de la Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT) de l'université d'Abomey-Calavi (UAC). Ces données ont été complétées par une enquête par questionnaire effectuée en 2005 dans 10% ménages choisis de façon raisonnée dans 62 quartiers sur les 144 que comptent les 13 arrondissements de Cotonou (tous les arrondissements ont eu la chance d'être sélectionnés une fois). Suivant le niveau de desserte en eau potable des quartiers sélectionnés, 18 chefs de ménages ont été enquêtés dans des quartiers faiblement desservis, 9 chefs de ménages dans

les quartiers moyennement desservis et 7 dans ceux qui sont densément desservis. L'enquête s'est réalisée à partir des entretiens semi directifs, de groupe, d'observations qui ont permis de collecter des informations sur les conditions sociales et économiques qui sont à l'origine de l'utilisation des eaux de puits et de pluie qui complètent l'eau potable de la SONEB.

Les données collectées ont été traitées dans Word et Excel sous Windows et présentées sous forme de tableaux et graphiques et analysées.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

La ville de Cotonou possède des ressources en eau liées à sa position dans la zone subéquatoriale. En référence à la station synoptique de Cotonou Aéroport, l'évolution de la pluviométrie sur la période 1955 – 2004 est présentée par la figure 1.

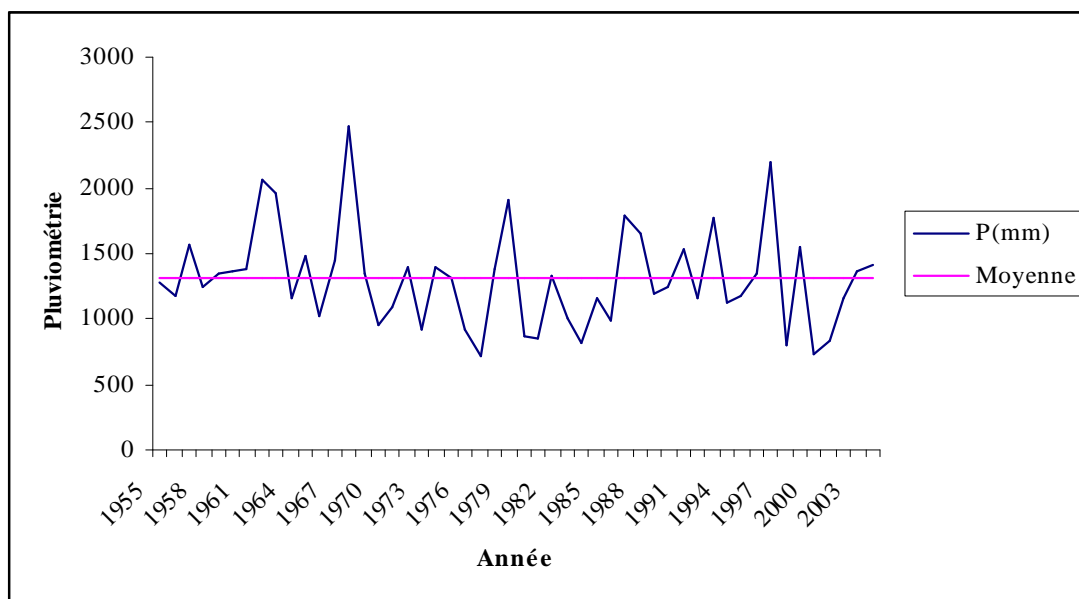


Figure 1 : Evolution pluviométrique à Cotonou de 1955 à 2004

La figure 1 montre l'évolution des pluies à Cotonou sur la période 1955-2004. Elle présente une moyenne pluviométrique de 1308,2 mm. D'une année à une autre, la pluviométrie varie par rapport à la moyenne : les années 1968, 1997, 1962, 1963, 1979, 1987, 1988, 1957, 1999, 1991, 1965, 1967, 1954, 2004, 1972, 1974, 1961, 1978, 1969, 1996, 1959 et 1975 sont plus humides ; Leurs moyennes varient de 2470,2 mm à 1308,4 mm. Les années moins humides sont 1955, 1958, 1990, 1995, 1956,

2002, 1964, 1992, 1985, 1994, 1971, 1983 et 1966 avec une pluviométrie moyenne variant de 1271,6 mm à 1013,8 mm. Les autres sont sèches avec une pluviométrie moyenne qui varie de 986,1 mm à 719,1 mm.

Les données pluviométriques de la période ont permis d'établir l'évolution pluviométrique annuelle de la ville (figure 2).

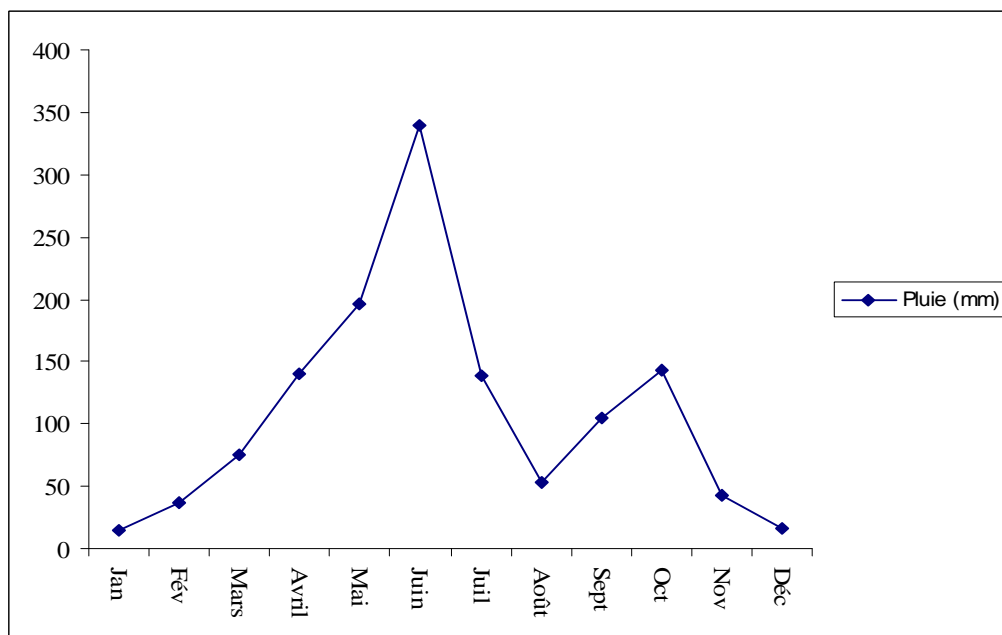


Figure 2 : Evolution pluviométrique annuelle de la ville de Cotonou

Cette figure présente un régime pluviométrique bimodal. Les mois les plus pluvieux sont avril, mai, juin, juillet, septembre et octobre. La régularité des pluies pendant ces mois pluvieux contribue à la recharge de la nappe phréatique de Cotonou. Mais cette recharge dépend de l'évapotranspiration du milieu.

Le calcul du bilan climatique sommaire sur la période 1965-2004 a permis de réaliser la figure suivante.

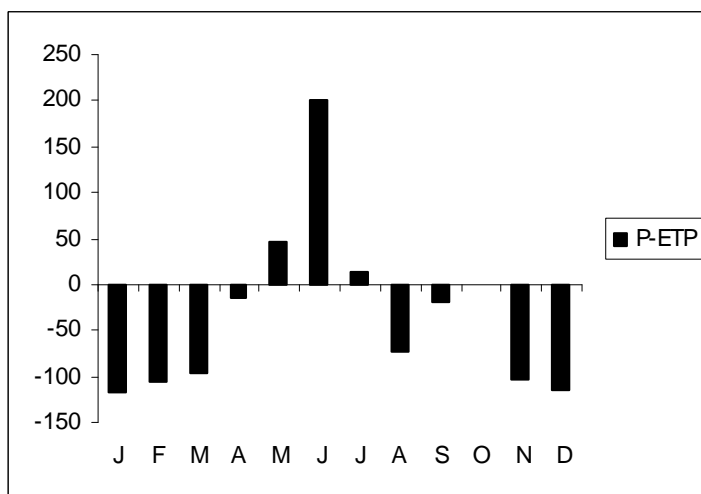


Figure 3 : Bilan climatique de la ville de Cotonou

Le bilan climatique est positif en mai, juin et juillet. La recharge est donc possible au cours de ces derniers mois. Le bilan est déficitaire sur les autres mois, la recharge ne serait en principe pas possible. Mais avec le ruissellement des eaux pluviales du nord vers sud au cours des mois d'août, septembre, octobre et novembre, la recharge de la nappe peut s'effectuer pendant ce temps.

Cette recharge dépend des structures sablo argileuses du site de Cotonou (GIGG/SONAGIM, 1985). Le sol a une porosité qui varie suivant les secteurs, de 35 % à plus de 40 % et le coefficient d'emménagement varie de 7 % à 20 % (GANDAHOU, op. cit. et AHOUSSINO, op. cit.). La vitesse d'infiltration de ce sol est supérieure à $8,3.10^{-5}$ m/s (BOUKARI et al, op. cit.). Le sol de Cotonou est donc facilement rechargeable même aux premières semaines de pluie. Le niveau de la nappe phréatique de Cotonou peut passer de 0 à 5 m avec un débit de 1 à 15 m³/h (ANTEA International/SITRA.HM, 2000). Cette nappe est de faible profondeur cependant elle permet aux ménages de Cotonou de disposer des eaux par les puits.

Avec l'accroissement démographique, la qualité de la plupart de ces eaux est dégradée. Le taux de couverture en assainissement de 46 % au Bénin en 2000 (rapport conjoint OMS et al, cité dans la revue Info CREPA, 2004) est insuffisant. La production des déchets ménagers à Cotonou augmente. En 2004, les déchets ménagers de Cotonou sont estimés à 214.500 tonnes (da MATHA SANT'ANNA, 2000) ; le taux de ramassage de ces déchets se situe seulement entre 25 et 30 % (MSP/MEHU, 1995). Le reste est enterré ou déversé sur des parcelles vides ou se retrouve dans les zones marécageuses ou encore brûlé. Aussi, l'absence des systèmes d'évacuations (égouts) des eaux usées fait que 80 % des eaux usées sont déversées directement dans les cours des maisons et dans les rues. L'inadéquation des ouvrages

d'assainissement autonomes surtout les latrines à fosse aux structures hydrogéologiques de la ville de Cotonou ; la faiblesse du réseau de drainage des eaux pluviales et de son mauvais entretien, contribuent à la pollution de la nappe phréatique de Cotonou (MSP/MEHU, op. cit.) et à la pollution de l'air (par les gaz d'échappement, la poussière et la fumée des usines). Donc, la mauvaise gestion de l'environnement de Cotonou compromet dangereusement la qualité des eaux pluviales et des puits.

En effet, la pollution des eaux de puits a été mise en évidence par BOSSOU (2004) à partir des analyses physico chimiques et bactériologiques sur des échantillons d'eaux. En ce qui concerne les eaux de pluie, les analyses physicochimiques et bactériologiques effectuées sur quelques échantillons d'eaux de pluie ont montré surtout la présence en grand nombre de coliformes totaux et les coliformes fécaux, l'*Escherichia Coli* et la bactérie fécale.

Face à ce qui précède, la consommation des eaux de puits et de pluie expose la santé de la population aux maladies d'origine hydrique telles que le choléra, les gastroentérites, les diarrhées, les dysenteries. Entre 1999 et 2002, les maladies hydriques ont évolué de façon croissante à Cotonou ; mais celles-ci ont diminué entre 2003 et 2004 (tableau I).

Tableau I : Maladies hydriques dans la ville de Cotonou (1999 – 2004)

Affections	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Dysenterie bacillaire	2672	2753	3892	6495	8053	6029
Autres diarrhées	8627	8535	8183	22204	8227	6504
Gastro-intestinale	18449	18834	18898	67122	29496	19339
Choléra	127	26	29	3788	147	24

Source : DDSP/MSP Atlantique – Littoral, (DDSP de l'Atlantique et du Littoral, 2001, 2003, 2004, 2005)

La gastro-intestinale affecte un nombre élevé d'individus en 2002. Elle est suivie des maladies diarrhéiques. La dysenterie bacillaire atteint moins de personnes mais reste cependant croissante sur la période. Les années 2002 et 2003 ont les plus grands nombres de personnes affectées. Les cas de choléra sont moins importants sur la période mais se sont accrus particulièrement en 2002. Donc, les

maladies hydriques prolifèrent dans la ville de Cotonou. Ce constat se justifie par les données collectées dans des centres de santé en 2004 (figure 4).

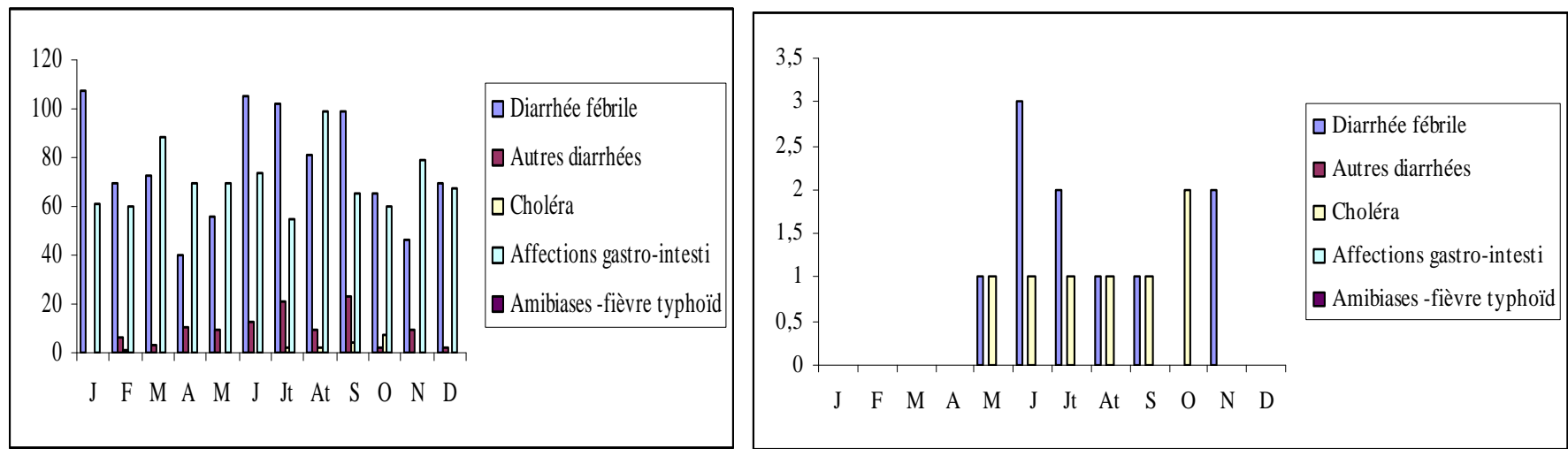
Les affections liées à l'ingestion de l'eau sont très fréquentes à Cotonou. Elles sévissent donc de manière permanente. Leur présence permanente au sein de la population révèle l'insuffisance de l'eau potable. Cependant la ville de Cotonou a un taux de desserte en réseau de distribution d'eau potable de 70 %. Malgré ce taux, le nombre des abonnés aux réseau est faible : 8,5 % (SONEB, 2007).

Ce faible taux s'explique par le coût de l'abonnement qui avoisine 100.000 FCFA. Or le niveau des revenus des ménages est faible. En 2005, sur 10 % des ménages de Cotonou enquêtés, 51,33 % sont abonnés. Le reste s'approvisionne chez les abonnés ou dans les quelques kiosques à eau potable de certains quartiers (2,1 % des ménages). Ce fait est lié à la faiblesse des revenus.

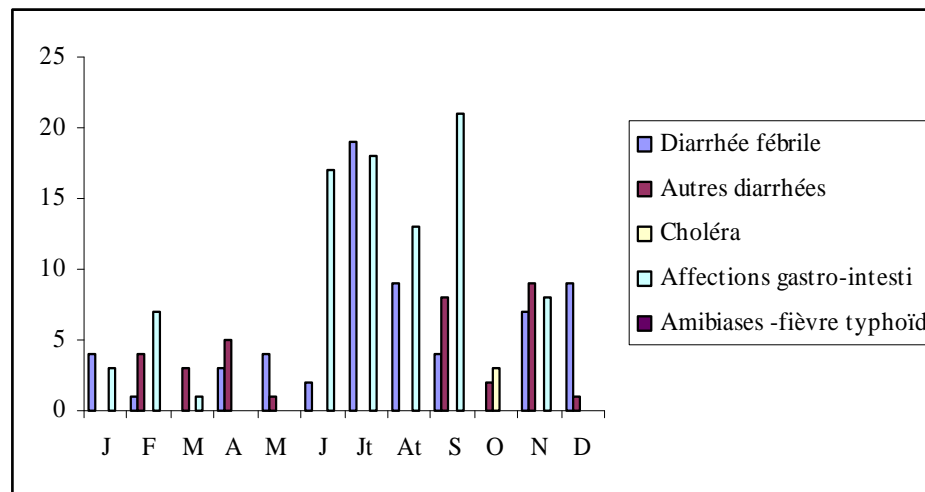
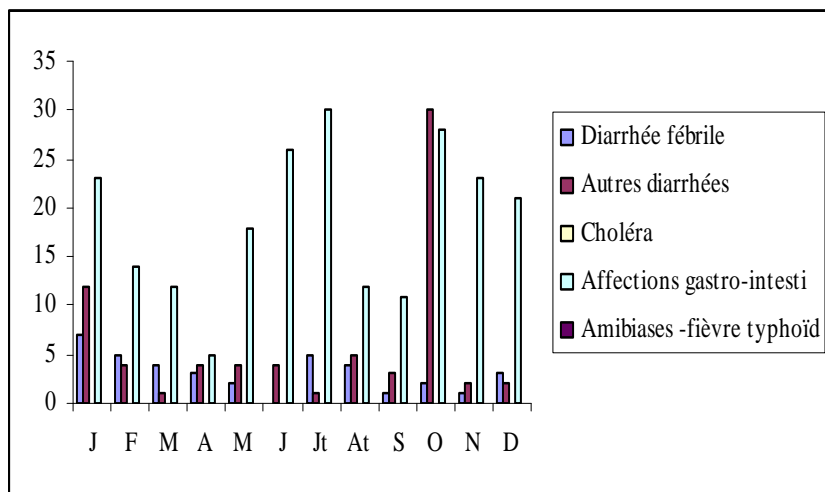
La consommation de l'eau de qualité douteuse a de conséquences néfastes sur la santé de la population de Cotonou (figure 4). Cette figure montre l'évolution des affections dans les centres de santé enquêtés en 2004. Mais elle ne permet pas d'établir la périodicité des affections. La périodicité pourrait être établie si nous disposons des données sur plusieurs années. Cependant, à partir des données de 2004, le centre de santé BETHESDA a enregistré des cas de diarrhée fébrile tout au long de l'année. Les cas les plus nombreux sont remarqués en janvier, juin, juillet et septembre ; ce centre est suivi du centre de santé Sainte Thérèse de l'Enfant Jésus de Sèdjro avec des cas plus nombreux en février. Les cas de gastro-entérites sont en majorité nombreux dans la plupart des centres de santé sur presque tous les mois. Les amibiases et la fièvre typhoïde sont traitées tout le long de l'année à Sainte Thérèse de l'Enfant Jésus. Les cas de choléra ne sont pas nombreux dans les centres sauf dans le centre de Massavo où il est remarquable en mars, juin à octobre. Les cas d'autres diarrhées, les plus nombreux, s'observent en octobre au centre d'Ahouansori.

Selon les agents de santé rencontrés dans ces centres de santé, les périodes de recrudescence de ces maladies sont les périodes pluvieuses et des crues, les périodes des fêtes et les saisons des fruits (mangues et autres). Ainsi, les cas d'affection liés à l'ingestion de l'eau s'étalent sur toute l'année mais les gastro-entérites sont très fréquentes au début, au milieu et à la fin de l'année. Quant au choléra, il est endémique. Donc l'apparition de ces maladies a lieu tout le long de l'année. Il est bien difficile de déterminer une période pour ces affections.

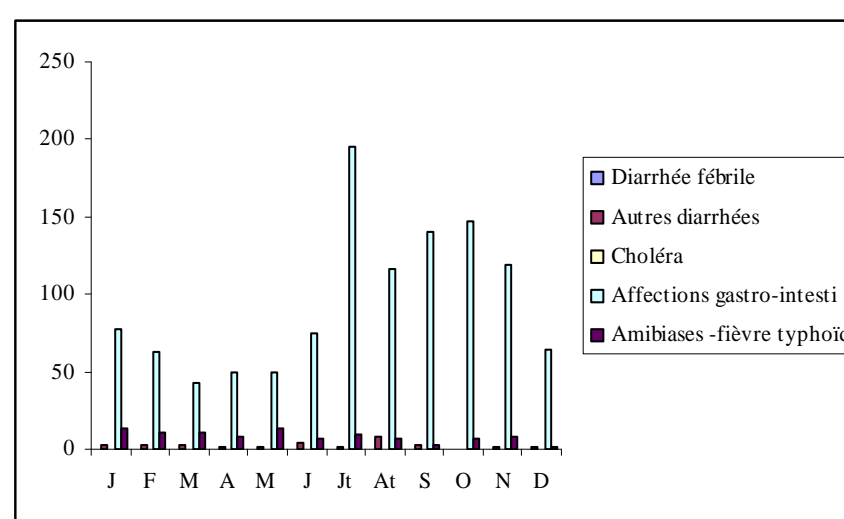
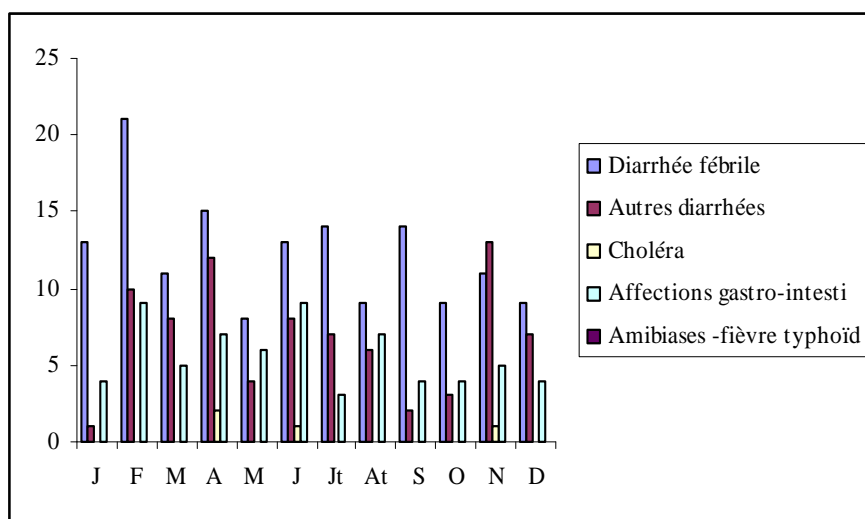
Centres de santé BETHESDA de Minonkpo et MASSAVO d’Agbondjèdo (3^{ème} Arrondissement)



Centres de santé d’Ahouansori et de l’ONG “La Vie Nouvelle” (6^{ème} Arrondissement)



Centres de santé Sainte Thérèse de l'Enfant Jésus de Sédjro (7^{ème} Arrondissement) et de Mènontin (9^{ème} Arrondissement)



Centre de santé d'Agla (13^{ème} Arrondissement)

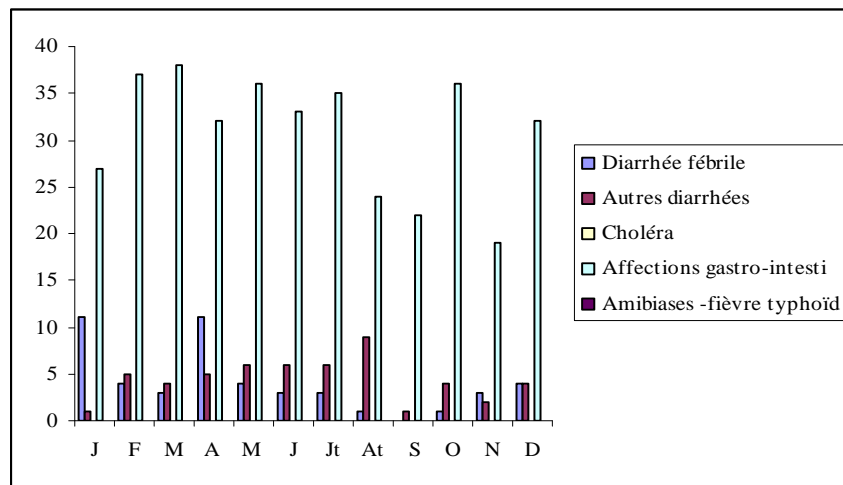


Figure 4 : Maladies hydriques enregistrées mensuellement dans des centres de santé publics et privés locaux de Cotonou en 2004

Les revenus mensuels des ménages enquêtés varient de 1000 FCFA à 500. 000 FCFA. Cette disparité des revenus révèle l'inégalité financière des couches sociales et explique les conditions de vie difficile de la plupart des ménages. Des ménages ne pouvant pas subvenir à tous leurs besoins, il s'en découle un faible approvisionnement en eau potable des couches sociales surtout déshéritées où le réseau de distribution d'eau potable est insuffisant (les zones périphériques marécageuses et inondables ne sont pas pourvues de ce réseau). Le complément des besoins domestiques en eau se fait par les eaux de pluie et de puits pour la plupart polluées. Ainsi, 34 % des ménages utilisent l'eau de pluie quand elle est disponible et 83 % utilisent l'eau de puits. Malheureusement, l'utilisation de ces eaux de qualité douteuse se fait sans aucun traitement.

IV - CONCLUSION

Les difficultés de la population de la ville de Cotonou dans l'approvisionnement doivent interpeller les autorités communales de Cotonou, l'Etat et les décideurs politiques car la santé des populations dans un pays conditionne l'évolution économique et le développement de ce pays. De ce point de vue, l'actuel mode d'approvisionnement en eau potable de la ville doit être revu dans le sens de la réduction de moitié du nombre de personnes n'ayant pas un accès satisfaisant à l'eau potable prôné par l'ONU. Les autorités communales, gouvernementales et décideurs doivent subventionner la SONEB pour une distribution de l'eau potable à toutes les couches de la société.

Références bibliographiques

- 1. AFOUDA (A. A.), ALE (G.) et VODJI (L.),** 1981 ; Etude du ruissellement en zone urbaine à Cotonou. Rapport de campagne, 1978, étude réalisée à l'initiative du comité interafricain d'Etudes Hydrauliques, Direction de l'Hydraulique, Cotonou, 12 p + annexes
- 2 AHOUSSINOU (A. S.),** 2003 ; Pollution fécale de la nappe phréatique et comportements des populations à Cotonou, mémoire de maîtrise professionnelle, UAC, 88 p
- 3. Antea International/Sitra.hm,** 2000 ; Etude Hydrogéologie et projection géologique par l'implantation de forages d'exploitation et de piézomètres sur les sites de Cotonou-Djougou-Porto-Novo, Rapport final, p 5

4. **BOSSOU (B. D.)**, 2001 ; Analyse et esquisse cartographique de la contamination bactériologique de la nappe phréatique alimentant les puits traditionnels de la ville de Cotonou et sa banlieue, mémoire de DESS, UAC, 82 p + annexes
5. **DDS**, 2003 ; Statistiques sanitaires de l'Atlantique et du Littoral, 77 p
6. **DDS**, 2001 ; Annuaire statistique de l'année 2000, Cotonou, 87 p
7. **DNM/ASECNA**, 1990 ; Bref Aperçu sur le Climat du Bénin, Cotonou, 8 p
8. **GANDAHO (S.)**, 1994 ; Problème de pollution de la nappe phréatique de Cotonou, étude comparative et perspectives d'aménagement, mémoire de maîtrise, UNB, 89 p + annexes
9. **GIGG/SONAGIM**, 1985 ; Ville de Cotonou : Etude de développement urbain, Rapport de Synthèse d'Analyse, 177 p
10. **Info CREPA**, 2004 ; Dossier : Quel rôle attribué à la commune pour une gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain ? Revue n° 44, 30 p.
11. **INSAE**, 2003 ; Synthèses des résultats ; Cotonou, 34 p
12. **da MATHA SANT'ANNA**, 2000, Dynamique démographique, question agraire, et urbanisation au Bénin. NLTPS – BENIN, 258p
13. **MSP/MEHU**, 1995 ; Développement du secteur de l'Assainissement. Document de Politique Nationale, Programme d'Alimentation en Eau et d'Assainissement, Banque Mondiale, Groupe Régional de l'Eau et de l'Assainissement – Afrique de l'Ouest, pp 11 – 32
14. **SONEB**, 2007 ; Plan d'investissement actualisé : système d'AEP de Cotonou, Plan directeur Eau, tome V.6.1 (version provisoire), 40 p

PROBLEMATIQUE DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DANS LE 6^{EME} ARRONDISSEMENT DE LA VILLE DE COTONOU (BENIN). CAS DES QUARTIERS VOSSA, TOWETA 2 ET LADJI

Léocadie ODOULAMI¹ & Michel BOKO¹

Laboratoire d'Etude des Climats, des Ressources en Eau et de la Dynamique des Ecosystèmes (LECREDE)/DGAT/FLASH/ Université d'Abomey-Calavi (UAC) BP 526 Cotonou, République du Bénin (Afrique de l'Ouest)

(Email: leocadio@yahoo.com, mboko47@intnet.bj)

Résumé

Les quartiers Vossa, Towéta 2 et Ladji situés dans le 6^{ème} arrondissement de la ville de Cotonou (République du Bénin), à la lisière sud du lac Nokoué, ont été créés sur un site inondable. Ce qui pose de véritables problèmes en ce qui concerne le développement social de leurs populations. L'un de ces problèmes est celui de l'approvisionnement en eau potable. En effet, l'insuffisance des moyens financiers de ces populations ne leur permet pas, malgré le taux de desserte en eau potable élevé de la ville de Cotonou, de s'abonner aux réseaux de distribution d'eau potable de la SONEB et les oblige à une utilisation combinée de plusieurs sources supplémentaires d'alimentation en eau : eau de puits et eau de pluie. Une enquête réalisée dans 54 ménages de 54 différentes maisons de ces quartiers, montrent que seules 20,37 % des ménages utilisent uniquement de l'eau potable de la SONEB. Le reste, à savoir 79,63 % utilise principalement les eaux de puits et de pluie. Or, les eaux de puits sont en général saumâtres et de couleur jaune. De plus, l'analyse de ces eaux de puits, puis celle des eaux de pluie échantillonnées dans divers réceptacles de conservation a révélé la présence des indicateurs physico chimiques et biologiques de pollution de l'eau. Les propositions ont été élaborées pour le traitement et la conservation de l'eau dans de bonnes conditions par les populations.

Mots clés : Cotonou, Vossa, Towéta 2, Ladji, approvisionnement en eau, analyses physico-chimiques et biologiques, pollution de l'eau.

Abstract

The Vossa, Towéta 2 and Ladji quarters located in the 6th subdivision of Cotonou (Republic of Benin) in the South region of Nokoué Lake have been created on a flooded site. This brings serious problems for the social development of the population. One of the most important problems is in waters supply. In fact, lack of the sufficient means does not allow this population, regardless to the presence of water network to be connected to the drinking water network of SONEB. This forced them to use simultaneously complementary sources of water as well water and rainwater. A survey made in 54 households in 54 different houses of these quarters' shows that 20.37 % of the households used only drinking water from SONEB. The rest of the

population namely 79.63 % combined diverse sources of water obtained from wells and rainwater. For, well waters are generally salted and yellowish. In addition the analysis of that water from wells and rainwater sampled in different container revealed of the presence of physico-chemical and biological indicators of polluted water. Hence, the propositions were made for water treatment and water preservation in good conditions for the populations.

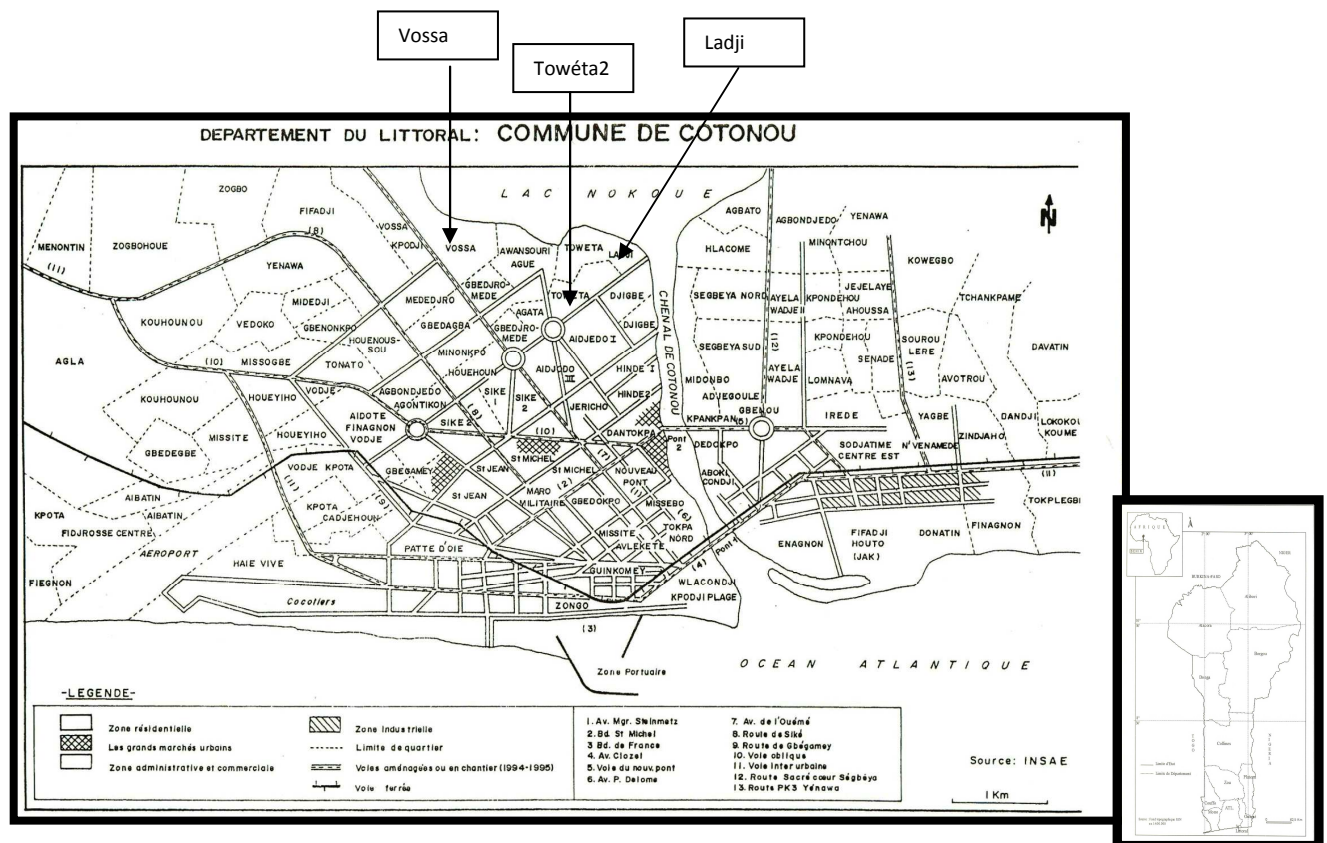
Key words: Cotonou, Vossa, Towéta 2, Ladji, water supply, physico-chemical and biological indicators, water pollution

I - Introduction et présentation des quartiers

Vossa, Towéta 2 et Ladji se situent dans la partie nord de la ville de Cotonou, à la bordure du lac Nokoué. Ce sont des quartiers périphériques situés sur des sites marécageux de la plaine littorale (voir carte). En effet, la ville de Cotonou est située sur une partie de la plaine littorale, entre l'océan Atlantique au Sud et le lac Nokoué au Nord, et à l'Est par l'arrondissement d'Aglangandan et à l'Ouest par l'arrondissement de Godomey. Son relief est presque plat avec des altitudes variant entre 0,4 m et 6,52 m. C'est une frange dunaire avec de nombreuses dépressions marécageuses allongées d'Ouest à l'Est dans la partie sud de la ville (Afouda et *al.* 1981 et Ahoussinou, 2003). Cette ville est sous l'influence du régime climatique à 4 saisons : une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars ; une grande saison des pluies de mi-mars à mi-juillet ; une petite saison sèche de mi-juillet à mi-septembre ; une petite saison des pluies de mi-septembre à mi-novembre. La pluviométrie moyenne est de 1308,2 mm/an avec un maximum de 356,0 mm en juin et un minimum de 9,5 mm en janvier. Le nombre moyen de jours de pluie à Cotonou est de 101. Le mois de juin est le plus arrosé avec 19 jours de pluie en moyenne et le mois le moins arrosé est janvier avec en moyenne un jour de pluie. La moyenne des températures est de 27, 2 °C sur l'année avec un minimum moyen de 25,6 °C en août et un maximum moyen de 28,9 °C en mars (DNM/ASECNA, 1990). Quant à la végétation de la ville de Cotonou, elle a subi l'influence humaine et se résume en général à une végétation de mangroves constituées par endroits de palétuvier rouge (*Rhizophora racenosa*), de palétuvier blanc (*Rhizophora africana*) et de la fougère (*Scritichum aureun*) (N'bessa, 1997). La ville de Cotonou s'étend sur une superficie de plus de 6752 ha et abritait en 2002, une population de 665 100 habitants (INSAE, 2003).

Les quartiers Vossa, Towéta 2 et Ladji s'étendent dans des dépressions marécageuses du lac Nokoué où prédominent des sols limoneux et argileux. Seul le quartier Towéta 2 se trouve à une altitude un peu plus élevée que les deux autres. Ces quartiers abritaient respectivement en 2002, une population de 1 171, 3 822 et 6075 habitants. Ces trois quartiers ont donc une population totale de 11 068 habitants en 2002 (environ 2 % de la population de la ville de Cotonou) et occupant un espace estimé à de plus de 100 ha (INSAE, 2004 ; Agbo, 1985). Ces populations ont de sérieux problèmes parmi lesquels celui de l'approvisionnement en eau potable. En effet, malgré le taux de desserte de la ville de Cotonou qui était de 70 % en 2005 (SONEB, 2007), les populations se

retrouvent dans l'obligation d'acheter l'eau potable de la SONEB auprès des quelques abonnés de ces quartiers. Cette source d'eau, pour des raisons financières, est complétée par les eaux de puits et de pluie polluées pour la satisfaction de leurs besoins domestiques. L'utilisation des eaux polluées par les populations, les expose aux maladies d'origines hydriques telles que le choléra, la dysenterie, les diarrhées et les gastroentérites. L'analyse de la situation de l'eau potable dans ces quartiers, a permis de faire des propositions pour le traitement et la conservation de l'eau dans de bonnes conditions. Cet article présente les sources d'eau et leurs usages domestiques, les résultats d'analyses des eaux de pluie et les conséquences épidémiologiques liées à la consommation des eaux polluées à Cotonou.



Carte : Les quartiers Vossa, Towéta2 et Ladji à Cotonou (Bénin)

II – DONNEES ET METHODES D'ACQUISITION DES DONNEES

II – 1 - Précipitations dans la ville de Cotonou

Les données pluviométriques ont été collectées au Service National de la Météorologie (SMN) de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne (ASECNA) de Cotonou. La ville de Cotonou est équipée de 8 stations météorologiques à savoir les stations de Cotonou Aéroport,

Cotonou ville, Cotonou Port, Sainte Cécile, Akpakpa (chez les Sœurs), Cotonou Akosombo, Cotonou Sobetex et Commissariat Central. Ces stations renseignent sur les quantités de pluie tombée dans la ville au cours de l'année. La série pluviométrique utilisée dans cette étude couvre la période 1975 à 2004 et ne concerne pour des raisons de fiabilité, que la station synoptique de Cotonou Aéroport. Seules ces données au cours de la période choisie répondent par conséquent au test d'homogénéité. Les autres stations comportent d'énormes lacunes et ne sont pas utilisées dans la série choisie. La moyenne pluviométrique annuelle de la station de Cotonou Aéroport a été calculée en utilisant le logiciel Excel.

II – 2 – Etat hydrogéologique du site de la ville de Cotonou

Les données hydro géologiques du site de Cotonou ont été collectées dans les services de la documentation de la Direction Générale de l'Hydraulique (DGH), de la SONEB et dans la bibliothèque du Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT). Ces données renseignent sur la structure des sols de Cotonou et permettent de comprendre le phénomène de la recharge de la nappe phréatique de cette ville par les précipitations.

II – 3 – Evolution démographique dans les quartiers Vossa, Towéta 2 et Ladji

Les données démographiques des recensements de 1992 et de 2002 considérées dans ce travail ont été obtenues à l'INSAE. Ces données renseignent sur l'évolution démographique des populations de ces quartiers.

II – 4 – Diverses sources d'eau utilisées dans les quartiers de Vossa, Towéta2 et Ladji

Les données utilisées, sont issues d'une enquête que nous avons menée en 2005. Cette enquête porte sur 54 ménages de 54 différentes maisons réparties comme suit : 16 ménages à Vossa, 19 ménages à Towéta 2 et 19 également à Ladji. Les critères de choix de ces quartiers sont l'existence de réseau de distribution d'eau potable, la pauvreté des populations, la présence des puits et la situation en zone marécageuse. Ces critères ont permis de comprendre les problèmes socioéconomiques de ces populations dans l'approvisionnement de l'eau potable.

II – 5 – Prélèvements et analyses des eaux de pluie des quartiers Vossa, Towéta2 et Ladji

Nous avons effectué des prélèvements d'eau de pluie et, pour des raisons de fiabilité des données d'analyse, en compagnie d'une équipe de 4 agents de la DHAB. Au total, 6

échantillons d'eau de pluie ont été prélevés dans les quartiers Vossa, Towéta 2 et Ladji. Ces échantillons d'eau de pluie sont prélevés de divers réceptacles contrôlés ou non dans ces quartiers : un tonneau plastique non protégé, une bassine non protégée, d'un bidon fermé, un seau en émaille non protégé, deux citernes dont l'une protégée et l'autre non. Ces prélèvements ont été faits le 26 septembre 2006 entre 9 heures et 10 heures du matin.

Les principales variables physico-chimiques mesurées sur ces six échantillons et les méthodes utilisées sont résumées dans le tableau 1 ci-dessous. Les analyses, effectuées par colorimétrie, par spectrophotométrie ou directement *in situ* à l'aide d'appareillage adéquat suivant le protocole expérimental décrit par Rodier (1996), ont surtout concernées les variables indicatrices de pollution des eaux.

Tableau 1 : Variables physico-chimiques mesurées et méthode utilisée dans l'analyse des eaux de pluie prélevées

Paramètres	Appareils utilisés	Réactifs utilisés
Température (θ)	Thermomètre à mercure	Aucun
Potentiel d'hydrogène (pH)	pH mètre	Aucun
Couleur	Spectrophotomètre	Aucun
Turbidité	Turbidimètre	Aucun
Oxygène dissous	Oxymètre	Aucun
Conductivité	Conductimètre	Aucun
Solides totaux dissous	Conductimètre/TDS mètre	Aucun
Nitrates	Spectrophotomètre	Diméthyl-2, 6-Phénol
Nitrites	Spectrophotomètre	Réaction de Griess
Ammonium	Spectrophotomètre	Bleu d'indophénol
Ortho phosphates	Spectrophotomètre	Bleu phosphomolybdique
Sulfure d'hydrogène	Spectrophotomètre	Diméthyl-p-Phénylendiamine
Fer	Spectrophotomètre	Triazine
Chlorures	Spectrophotomètre	Fer (III) thiocyanate

Source : Laboratoire de la DHAB, 2006

En ce qui concerne les analyses microbiologiques, ce sont les indicateurs de contamination fécale à savoir : les coliformes totaux, les coliformes fécaux et *Escherichia coli* qui ont été dénombrées selon les méthodes décrites par Payment et al. (2003) et suivant les recommandations de Zébazé Togouet (communication personnelle).

II – 6 - Maladies hydriques dans la ville de Cotonou

Les données épidémiologiques concernant la prévalence des maladies d'origine hydriques dans les populations de ces trois quartiers ont été obtenues à la Direction départementale de la Santé (DDS) du Ministère de la Santé publique (MSP). Ce sont des données quantitatives qui permettent de comprendre les risques de santé dans la ville de Cotonou.

III – RESULTATS ET DISCUSSION

La ville de Cotonou bénéficie d'une pluviométrie annuelle régulière. Ce qui se justifie par sa position en zone subéquatoriale. Mais l'importance des pluies est liée à la quantité de pluie qui tombe au cours de l'année. La figure 1 ci-dessous présente la variation de la pluviométrie au cours de la période 1975 – 2004.

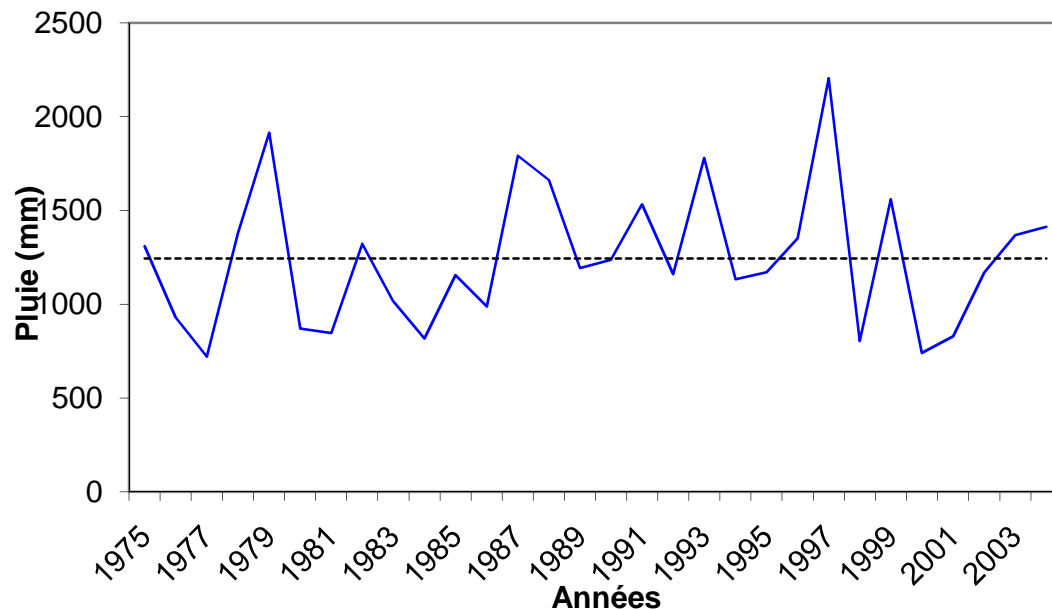


Figure 2 : Variation de la pluviométrie au cours de la période 1975 à 2004 à Cotonou

De 1975 à 2004, la moyenne pluviométrique à Cotonou est de 1244,2 mm. Les années les plus sèches sont 1977 et 2000 avec respectivement une pluie moyenne de 719,1 et de 739,6 mm. Les années sèches sont 1986, 1976, 1980, 1981, 2001 et 1998 avec respectivement une pluviométrie moyenne variant de 802,5 mm à 986,1 mm. Les années humides sont 1990, 1989, 1995, 2002, 1992, 1985 et 1994. Les années très humides sont 1997, 1979, 1987, 1993, 1988, 1999, 1991, 2004, 1978, 2003, 1996, 1982 et 1975 avec une moyenne de la pluviométrie qui varie de 1308,42 mm à 203,3 mm. Le site de Cotonou est donc globalement un site humide. Il dispose d'une grande quantité d'eau de pluie pour la recharge de sa nappe phréatique.

Par ailleurs, la recharge facile de la nappe est liée à la structure de son sol. Les données hydrogéologiques du sol de Cotonou montrent que celui-ci est constitué d'alluvion, d'argile et de sable. Suivant les zones, le sol de Cotonou est constitué de 80 % de sables grossiers (sables dunaires) avec une porosité supérieure à 40 % et un coefficient d'emmagasinement de 20 % ; de sables silteux grisâtres marins fin avec un mélange de sables grossiers (30 %), de sables fins (50 %) et de silt (10 %). Leur porosité est de 35 % et leur coefficient d'emmagasinement varie entre 7 et 10 % (Gandaho,

1994). Ce sol renferme par endroit de l'eau douce et de l'eau saumâtre. Le niveau de la nappe phréatique varie de 0 et 5 m avec un débit de 1 à 15 m³/h (Antea International/Sitra.hm, 2000) ; la vitesse d'infiltration du sol est supérieure à 8.3x10⁻⁵ m/s (Gigg, cité par Boukari et al, 1995). Donc la ville de Cotonou a une grande possibilité de recharge de sa nappe. Cette recharge est favorisée par la platitude du relief. L'écoulement de l'eau pluviale et le drainage des eaux usées sont faibles (Afouda et al, 1981). D'un autre côté, la vitesse d'infiltration, la structure du sol et les aspects du relief montrent que le sol de la ville de Cotonou est prédisposé à la pollution par les déchets solides et liquides. Malheureusement, cette nappe est exploitée par les populations de Cotonou, en particulier par les populations de Vossa, Towéta 2 et de Ladjì qui utilisent les eaux de puits.

De plus ces quartiers de la ville de Cotonou, capitale économique du Bénin, sont confrontés au phénomène d'immigration lié au dynamisme des activités économiques. Ainsi, les zones périphériques, marécageuses et inondables ont été occupées. C'est le cas des quartiers Vossa, Towéta 2 et Ladjì dont les populations ont connu depuis un temps un accroissement non négligeable (voir tableau 2).

Tableau 2 : Evolution démographique des quartiers Vossa, Towéta 2 et Ladjì

Quartiers	1992	2002
Vossa	1694	1171
Towéta 2	2705	3822
Ladjì	3091	6075

Source : INSAE, 1994, 2005

Les populations de Towéta 2 et Ladjì se sont accrues entre 1992 et 2002 (INSAE, 1994 et 2005). Celle de Ladjì a particulièrement doublé en 2002. Par contre, celle de Vossa a décliné en 2002. La situation de Vossa serait liée au lotissement en cours dans le quartier et également à l'inondation cyclique que connaissent les populations. Cela dénote les difficultés d'adaptation aux conditions de vie sociale de ces populations et en particulier l'accès à l'eau potable. Malgré l'attrait économique de la ville de Cotonou, la plupart de ces habitants sont confrontés aux difficultés financières dues à la faiblesse du pouvoir d'achat. L'une des conséquences directes de ces difficultés se manifeste à travers l'usage des ressources en eau disponibles dans la ville. Le tableau 3 montre les proportions d'utilisation de ces sources d'eau par les populations dans chacun de ces quartiers.

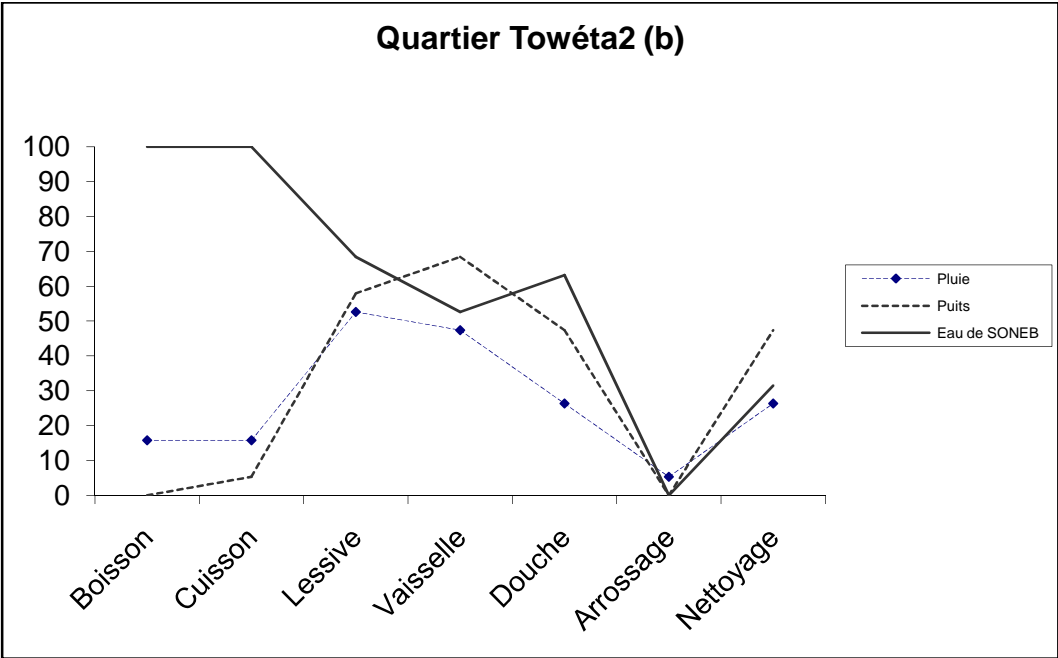
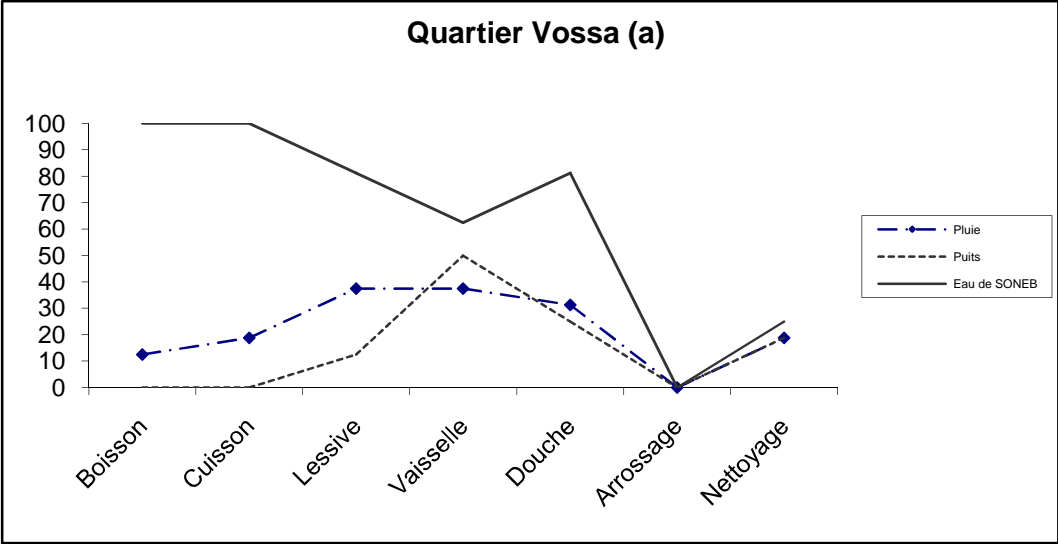
Tableau 3 : Proportions de personnes utilisant plusieurs sources d’approvisionnement en eau dans les quartiers Vossa, Towéta 2 et Ladji

Sources Quartiers	Pluie (%)	Puits (%)	Eau du réseau de distribution (%)
Vossa	37	56,25	100
Towéta 2	52	84,21	100
Ladji	68,42	47,36	100

Source : Enquête de terrain, 2005

L’eau du réseau de distribution de la SONEB est utilisée par toutes les personnes enquêtées dans les trois quartiers. Cependant, elle est utilisée en combinaison avec les autres sources d’eaux. La cause de cette situation, réside dans le coût de l’eau potable vendue par la SONEB. Malgré le taux de desserte en eau potable qui était de 70 % dans la ville de Cotonou en 2005 (SONEB, 2007), la population n’est pas en mesure de s’approvisionner uniquement en eau potable de la SONEB pour tous leurs besoins domestiques à cause de la faiblesse de leurs revenus. Cet aspect est démontré par le faible taux d’abonnement au réseau de distribution d’eau potable qui était de 08,5 % en 2005 dans la ville de Cotonou (SONEB, 2007). Ce taux ne permet pas par ailleurs un approvisionnement en eau potable convenable de la ville de Cotonou. Ainsi, les eaux de pluie et de puits sont utilisées en complément surtout dans les zones d’étude : l’eau de pluie est plus utilisée dans le quartier Ladji. 68,42% de ménages exploitent l’eau de pluie, disponible au cours des saisons pluvieuses. Le quartier Vossa a le plus faible pourcentage (37 %). Cependant, dans ce quartier, l’eau de pluie est conservée par certains habitants dans des citernes et utilisées au cours de l’année sans traitement ; l’eau de puits, est plus utilisée dans le quartier Towéta 2 (84,21 %) que dans les deux autres.

L’utilisation des eaux de pluie et de puits au sein de la population cotonoise, et en particulier au sein des populations des quartiers Vossa, Towéta 2 et Ladji se fait en général, sans aucun traitement de ces eaux. Cependant, l’utilisation en combinaison des différentes sources d’eau exprime la conscience des populations face aux dangers liés à l’eau pour leur santé. Les figures ci-dessous montrent les proportions d’utilisation des différentes sources d’eau dans les usages domestiques dans chaque quartier.



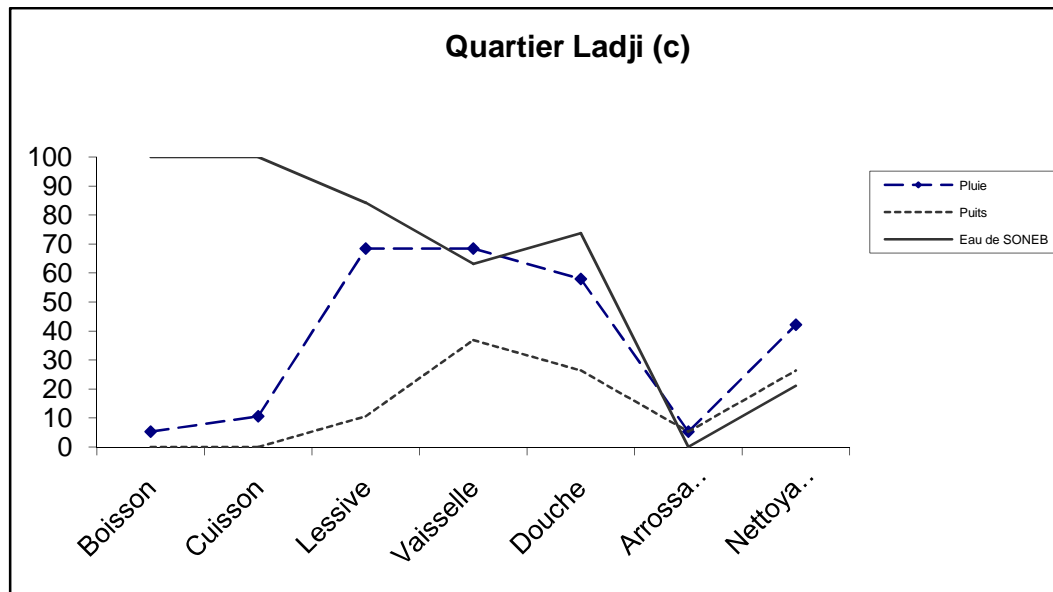


Figure 3 (a, b, c): Différents usages d'eau dans les trois quartiers

L'eau potable de la SONEB est surtout utilisée comme boisson et dans la cuisson des aliments dans les trois quartiers. Elle est moins utilisée dans les autres usages. L'eau de puits est plus utilisée à Towéta 2 dans les lessives, vaisselles et douches que dans les deux autres quartiers. Ceci serait lié à la qualité des eaux des puits des quartiers Vossa et Ladji. En effet, la plupart des eaux de ces puits ont un goût saumâtre et sont de couleur jaune ; Elles sont décriées par les populations. Selon les populations, les chlorures des eaux de puits ont des effets néfastes sur les ustensiles de cuisine (il rouille des ustensiles en émaille) et la couleur jaune ternit l'éclat des ustensiles. Cette remarque faite par les populations est confirmée par les résultats d'analyses physico chimiques et bactériologiques de certains auteurs. Bossou (2004) concluait à la fin de ses travaux que "les zones marécageuses ont un degré de pollution élevée". La source de cette pollution aurait pour origine le rejet anarchique des ordures ménagères sur des parcelles inondables vide et servant parfois de remblai et, aussi à la défécation en plein air et sur les parcelles vides pratiquées par les populations. Ceci exprime l'absence d'hygiène et d'assainissement dans ces quartiers et l'inefficacité d'application des réglementations existantes sur l'assainissement en vigueur au Bénin. Quant à l'eau de pluie, elle est utilisée dans les quartiers Towéta 2 et Ladji. Paradoxalement, elle est moins utilisée à Vossa où des citernes sont construites par des habitants. L'eau de pluie est donc utilisée dans ces quartiers malgré sa disponibilité limitée dans le temps. Mais elle ne requiert pas complètement les qualités d'une eau potable. Les résultats des analyses physico chimiques et bactériologiques que nous avons effectué sur des échantillons d'eau de pluie dans ces trois quartiers sont consignés dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4 : Analyses physico chimiques des eaux de pluie à Vossa, Towéta 2 et Ladji

Echantillons Paramètres	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Normes Bénin
Température (θ)	27,2	25,8	26,7	33,2	32,8	29	<25
Potentiel d'hydrogène (pH)	8,89	6,66	7,14	6,76	7,3	6,65	6,5– 8,5
Couleur	16	27	17	69	3,3	60	15
Turbidité	1,92	6,71	3,33	3,95	1,63	3,59	5
Oxygène dissous	6,65	5,27	5,6	4,88	4,66	4,29	≥5
Conductivité	52,1	18	28,5	25,2	11	13,8	2000
Solides totaux dissous	52	18	29	25	11	16	1000
Nitrates	3, 3	2,8	4,6	3,4	3,3	3,1	45
Nitrites	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	3,2
Ammonium	<0,013	<0,013	0,066	<0,013	0,063	<0,013	5
Ortho phosphates	<0,03	<0,03	<0,03	0,06	<0,03	<0,03	5
Sulfure d'hydrogène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fer	<0,005	0,027	0,021	0,042	0,08	0,028	0,3
Chlorures	14,1	9,8	13,1	9,1	2,7	1,5	250

ND : Non Détecté

Tableau 5 : Analyses bactériologiques des eaux de pluie à Vossa, Towéta 2 et Ladji

Paramètres	Coliformes	Coliformes	<i>Escherichia</i>
Echantillons	Totaux (UFC)	Fécaux (UFC)	<i>Coli</i> (UFC)
E 1	40500	19000	8500
E2	-	01	01
E3	10100	3200	2000
E4	204000	11000	6300
E5	76100	73000	700
E6	22350	11600	9300
Normes Bénin	0	0	0

Il ressort des analyses physico chimiques que les eaux de pluie de ces trois quartiers, ne constituent pas un danger pour les populations. Par contre, sur le plan bactériologique, les eaux de pluie sont polluées car elles ne répondent pas aux normes en vigueur au Bénin. Ce constat serait lié aux conditions d'hygiène précaires des populations c'est-à-dire à l'entretien des ouvrages de collecte et de conservation des eaux de pluie dans ces quartiers. La consommation des eaux de pluie collectées et mal conservées peut être à la base des maladies d'origine hydrique constatées à Cotonou. En effet, les populations de Cotonou sont affectées par les maladies d'origine hydrique parmi lesquelles le choléra, la dysenterie, les diarrhées et les gastroentérites qui ont des impacts négatifs sur la santé des populations et par ricochet sur leurs conditions sociale et économique (voir tableau 6).

Tableau 6 : Principales affections d'origine hydrique à Cotonou (1996 – 2005)

Affections	Années									
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Choléra	88	133	7	169	77	165	99	147	139	919
Dysenterie bacillaire	935	1391	1634	3274	3228	3785	8493	8053	11557	13461
Maladies diarrhéiques	7101	5821	5372	7655	10048	7905	7749	8227	6919	5769
Gastro intestinales	13402	13592	12382	19752	23272	22192	27894	29496	19697	16023

Source : DDS, 2001, 2003, 2006

Les gastroentérites sont fréquents à Cotonou et affectent un nombre plus élevé des personnes au cours de la période 1996 – 2005. Elle est suivie des maladies diarrhéiques et de la

dysenterie bacillaire. Seul le choléra atteint un nombre moins important d'individus. Ceci s'explique par le caractère endémique du choléra. Son apparition est souvent liée à une contamination ponctuelle dans le temps et dans l'espace.

Conclusion

Les quartiers Vossa, Towéta 2 et Ladji sont confrontés à des problèmes sociaux et économiques parmi lesquels celui de l'approvisionnement en eau potable. Les difficultés financières exposent les populations de ces quartiers à l'utilisation en combinaison de plusieurs sources d'eau pour les divers usages domestiques. Malgré le taux de desserte de la ville de Cotonou, le taux d'abonnement au réseau de distribution d'eau potable de la ville est faible. Face à ces difficultés d'approvisionnement en eau potable des populations, il est important d'insister sur les aspects néfastes de la consommation des eaux douteuses en organisant des séances d'information, d'éducation et de communication (IEC) dans les quartiers de Cotonou, en mettant en place de comités d'hygiène dans les quartiers. Ces comités seront chargés de la formation des populations en technique de traitement de toutes eaux non préalablement traitées, de l'enseignement et de suivi de l'hygiène dans les quartiers. la collecte des eaux de pluie dans des citernes ou autres réservoirs doit se faire après plusieurs heures de pluie et puis conservées dans des réservoirs bien lavés et entretenus. Les autorités communales et étatiques prendront leurs responsabilités en appliquant les réglementations dans le domaine de l'assainissement en vigueur afin de freiner la pollution de la nappe phréatique de la ville de Cotonou

Références Bibliographiques

AFOUDA (A. A.), ALE (G.) et VODJI (L.), 1981 ; Etude du ruissellement en zone urbaine à Cotonou. Rapport de campagne 1978, étude réalisée à l'initiative du comité interafricain d'Etudes Hydrauliques, Direction de l'Hydraulique, Cotonou, centre de Lomé, section hydrologie, 12 p + annexes

AHOUSSINOU (A. S.), 2003 ; Pollution fécale de la nappe phréatique et comportements des populations à Cotonou, mémoire de maîtrise professionnelle, UAC, 88 p

INSAE, 2004 ; cahiers des villages et quartiers des villes, département du littoral, Cotonou, 15p

AGBO (B. F.), 1985 ; Le phénomène de périurbanisation à Cotonou, mémoire de maîtrise, UNB, 142 p

Antea International/Sitra.hm, 2000 ; Etude Hydrogéologie et projection géologique par l'implantation de forages d'exploitation et de piézomètres sur les sites de Cotonou-Djougou-Porto-Novo, Rapport final, p 5

BOUKARI (M.), OYEDE (M.), ALIDOU (S.), GAYE (G.B.) et MALIKI (R.), 1995 ; Identification des aquifères de la zone littorale du Bénin (Afrique de l'Ouest). Hydrodynamique, hydrochimie et problèmes d'alimentation en eau de la ville de Cotonou, *in Africa Geoscience Review*, vol. 2 ; n°1 pp 121 – 139

DNM/ASECNA, 1990 ; Bref Aperçu sur le Climat du Bénin, Cotonou, 8p

DDS, 2003 ; Statistiques sanitaires de l'Atlantique et du Littoral, 77 p

DDS, 2001 ; Annuaire statistique de l'année 2000, Cotonou, 87p

GANDAHO (S.), 1994 ; Problème de pollution de la nappe phréatique de Cotonou, étude comparative et perspectives d'aménagement, mémoire de maîtrise, UNB, 89 p + annexes

INSAE, 2005 ; Cahiers des villages et quartiers de ville : Département du Littoral, Cotonou, 14 p

INSAE, 2003 ; Synthèse des Analyses, 42 p

INSAE, 1994 ; Deuxième recensement général de la population et de l'habitation, février 1992, 51 p

N'BESSA (B.), 1997, Porto-Novo et Cotonou (Bénin) : Origine et évolution d'un doublet urbain, thèse de doctorat d'état es lettres, Bordeaux – Talence, 1997, 456 p

SONEB, 2007 ; Plan d'investissement actualisé : système d'AEP de Cotonou, Plan directeur Eau, tome V.6.1 (version provisoire), 40 p

PAYMENT (P.), WAITE (M.) & DUFOUR (A.), 2003; Introducing parameters for the assessment of drinking water quality. In : DUFOUR (A.), SNOZZI (M.), KOSTER (W.), BARTRAM (J.), RONCHI (E.) & FEWTRELL (L.) (eds), Assessment microbial safety of drinking water. Improving approaches and method, OECD, Geneva.

RODIER (J.), 1996, L'analyse des eaux. Dunod, Paris.

PROJECTION DES BESOINS D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DE LA VILLE DE COTONOU D'ICI A L'AN 2025

Léocadie ODOULAMI & Michel BOKO

Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE) DGAT/FLASH/
Université d'Abomey-Calavi (UAC) BP 526 Cotonou, République du Bénin (Afrique de l'Ouest)

(Email: leocadieo@yahoo.com)

Résumé

Pour mieux cerner les problèmes relatifs aux ressources en eau dans la ville de Cotonou, il est nécessaire de faire le point de l'état actuel de ces ressources en relevant les diverses pressions qu'elles subissent et leurs facteurs explicatifs. L'analyse des données pluviométrique et hydrogéologique du plateau d'Allada (auquel est raccordé la ville de Cotonou) et des données démographique et épidémiologique de la ville de Cotonou a montré que les besoins moyens en eau de la ville de Cotonou qui étaient estimés à 10 368 555 m³/an en 2005 passeraient à 28 638 265 m³/an en 2025. Les besoins réels en eau de la ville de Cotonou sont assurés en partie par les eaux de pluie, de puits et de surface polluées qui sont en général à l'origine des maladies hydriques des populations de la ville. Les constructions du réseau d'assainissement des eaux usées, des lieux de défécation appropriée et l'enlèvement efficace des ordures ménagères réduiraient les risques de pollution de la nappe phréatique de la ville de Cotonou.

Mots clés : Bénin, Cotonou, besoins en eau, analyse des données, pollution des eaux, projection des besoins en eau.

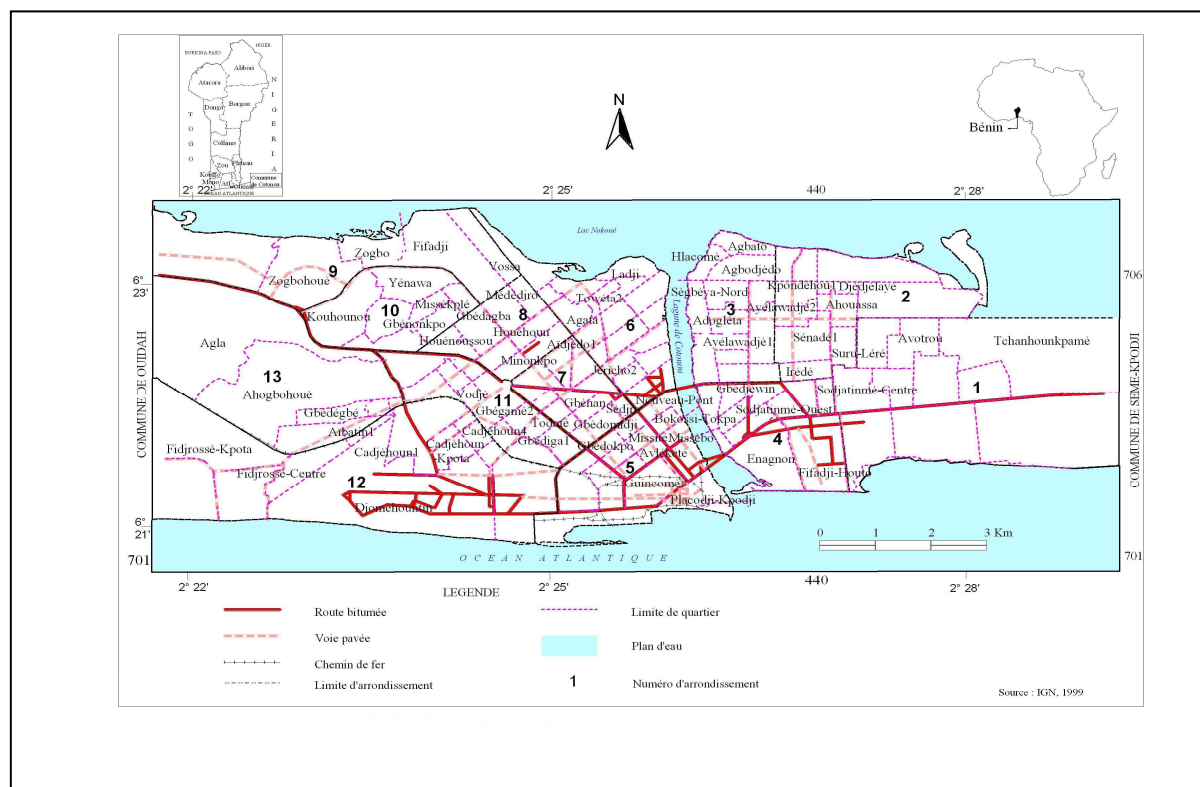
Summary

For better surround water resource problems in Cotonou city, it is necessary to recapitulate and put out several pressures on them with there explanation elements. A analyse of data from rainfall, hydro geologic of the plateau of Allada (on which is connected Cotonou city) and from demographical and epidemiological data of Cotonou city shown the average water needs are from 10 368 555 m³/an in 2005 to 28 638 265 m³/an in 2025. The real water needs in Cotonou city are offset by rain water, water from wells and surface water polluted that are originally on water diseases in the city. The building network cleansing, suitable defecate places and efficient solid waste will reduced the pollution risks on the tablecloth of Cotonou city.

Key words: Benin, Cotonou, water needs, data analyses, water pollution, water needs projection.

1. Introduction

Cotonou, la plus grande métropole de la République du Bénin, est située sur la plaine littorale, dans la partie Sud du plateau d'Allada, entre les bordures de l'Océan Atlantique et du lac Nokoué, à 6°21' de latitude Nord et 2°23' de longitude Est (carte). Elle s'étend sur une superficie de plus de 6 752 ha. Sa population est estimée par l'Institut National de la Statistique et de l'analyse Economique (INSAE) à 665 100 habitants en 2003. La population de Cotonou connaît une croissance constante qui exerce une pression tout aussi croissante sur les ressources en eau du site et également sur la partie sud du plateau d'Allada (Godomey) pour la satisfaction de ses besoins en eau. Ce constat amène à évaluer les besoins en eau de la population de Cotonou par rapport aux ressources en eau disponibles. L'analyse des données relatives aux ressources en eau et à la population a permis de projeter les besoins en eau de la population à l'horizon 2025.



Carte : Situation géographique de la ville de Cotonou

2. Problématique

La population de la ville de Cotonou est passée de 536.827 habitants, à 597.941 habitants entre 1992 et 1996, puis à 665.100 habitants en 2002 avec un taux d'accroissement annuel de 2,9 % (INSAE, 1997 et 2003). Cet accroissement rapide de la population de Cotonou engendre entre autres

une croissance tout aussi rapide de la demande en eau potable, d'où l'insuffisance de cette ressource fondamentale à la vie. En effet, 8,5 % seulement de la population de Cotonou sont directement branchés sur le réseau de desserte en eau potable de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) en 2005 (SONEB, 2007). Par ailleurs, la dégradation de la qualité de l'eau et l'accroissement rapide de la production des déchets (Da MATHA, 2000) sont à l'origine de la contamination des ressources en eau disponibles à Cotonou (AHOUSSINOU, 2003). A cela s'ajoute l'intrusion saline qui affecte les nappes (SBEE, 1997). La consommation de ces eaux polluées est donc à la base de la recrudescence des maladies hydriques telles que la dysenterie, le choléra, les diarrhées, les gastroentérites au sein de la population de Cotonou.

Cette étude a pour objectif principal de revoir les contours de la question de l'eau dans la ville de Cotonou en vue de faire des propositions idoines à l'endroit des populations et des décideurs politiques.

3. Données et méthodes

3.1. Données

Les données pluviométriques utilisées sont collectées à l'ASECNA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne). Elles concernent quatre stations météorologiques situées sur le plateau d'Allada et dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristiques des stations retenues pour l'étude

N°	Nom de la station	Type	Latitude	Longitude	Altitude	Date d'ouverture
1	Allada	Pluviométrique	6°39 N	2°8 E	92 m	1921
2	Cotonou ville	Pluviométrique	6°21N	2°26 E	5 m	1910
3	Niaouli	Climatologique	6°42 N	2°7 E	105 m	1941
4	Ouidah	Climatologique	6°22 N	2°5 E	10 m	1921

Source : ASECNA, 2004

Les données de ces stations sont variées et permettent d'obtenir une moyenne pluviométrique représentative du plateau. Pour des raisons d'homogénéité des séries, la période de 1969 à 1999 a été choisie, car c'est la période la plus longue, commune à toutes ces stations. Ce choix est donc motivé par la nécessité de travailler sur une longue période pour obtenir des analyses fréquentielles et statistiques fiables.

La synthèse des données hydrogéologiques est réalisée à partir de la documentation de la Direction des Eaux (DE), de la SONEB et du travail de BOUKARI OYEDE, ALIDOU, GAYE et MALIKI (1994). Ces documents s'intéressent aux aspects quantitatif et qualitatif des ressources en eau du Bénin en général et de façon spécifique à celles de Godomey qui alimentent la ville de Cotonou.

Les données démographiques proviennent de l'INSAE et du travail de MATHA (2000) et sont issues des recensements de 1961, 1979, 1992 et de 2002. Elles montrent la croissance démographique de Cotonou qui est un indicateur important de la demande en eau potable.

Les données sur la production de l'eau potable, recueillies à la SONEB et à l'INSAE permettent de connaître le taux de couverture de la population de Cotonou en eau potable.

Les données épidémiologiques sont obtenues à la Direction Départementale de la Santé de l'Atlantique et du Littoral (DDS) du Ministère de la Santé (MS) où toutes les données de base fournies par les centres de santé de Cotonou sont traitées. La période choisie pour la ville de Cotonou va de 1999 à 2004. Ces données sont en dessous de la réalité, car tous les malades ne se font pas soignés dans les centres de santé.

3. 2. Méthodes

Deux démarches principales ont été utilisées pour aborder le problème quantitatif :

- utilisation des lois physiques universelles déjà formulées dans un cadre théorique pour vérifier que les modèles numériques à base physique qui en découlent, s'appliquent au cas étudié en les confrontant aux données ;
- construction d'un modèle statistique à partir des données existantes dont le champ d'application ne dépasse pas l'espace couvert par l'échantillon.

3.2.1. Détermination des tendances pluviométriques

Les tendances pluviométriques sont déterminées grâce aux moyennes mobiles pondérées au cours de la période 1955-2004. L'horizon de projection est 2025. Les tendances pluviométriques suivent la loi d'évolution exponentielle d'expression mathématique :

$$Y_{\delta t} = Y_{\text{réf}} \cdot e^{-a \cdot \delta t} \quad (1)$$

Où : $Y_{\delta t}$ = Pluie à un horizon δt données ;

$Y_{\text{réf}}$ = Moyenne mobile pondérée de la variable centrée sur l'année de référence ;

a = Coefficient de régression déterminé à partir de l'équation sur le graphique ;

δt = Temps en année séparant l'année de référence et l'année de projection.

Les valeurs de prévisions brutes sont rapprochées des états observés ou simulés grâce à un coefficient multiplicateur noté ϕ déterminé. Ce coefficient est le ratio entre la loi d'évolution de type exponentiel et la moyenne pondérée sur une année de référence donnée.

$$\phi = Y_{\delta t} / Y_{\delta' t} \quad (2)$$

Avec $Y_{\delta' t}$, la pluie à l'horizon $\delta' t$ de projection pour lequel les relevés sont déjà faits ; et où $0 < \phi \leq 1$. La valeur 1 que peut prendre ϕ signale une corrélation parfaite entre les tendances simulées et observées.

3.2.2. Projections démographiques

L'adéquation population – ressources en eau à l'horizon 2025 est appréciée à partir des projections démographiques des années considérées. Le taux d'accroissement intercensitaire est donné par l'équation :

$$r = [\ln (P_2/P_1)]/t \quad (3)$$

Où : r = accroissement annuel de la population ;

P_1 et P_2 = populations totales des années considérées ;

t = Différence entre les deux années.

Le taux d'accroissement intercensitaire calculé est utilisé dans les pronostics démographiques. Sur la base de l'accroissement naturel déterminé entre les années 1992 et 2002, les valeurs extrapolées de la population à l'horizon 2025 sont calculées à partir de la formule :

$$P_{af} = P_{ai} e^{r(af - ai)} \quad (4)$$

Avec : P_{ai} = population de l'année initiale;

P_{af} = population d'année estimative;

r = taux d'accroissement annuel de la population;

$af - ai$ = écart entre l'année estimative et l'année initiale.

3.2.3. Estimation des besoins d'eau

L'indicateur le plus approprié pour les projections des besoins en eau est la <<consommation spécifique>>. C'est la consommation journalière par habitant. Elle est donnée par la formule classique ci-après :

$$Cs = 1000 KQ/365N \text{ (5)}$$

Où : **Cs** = consommation spécifique (l/hbt/j) ;

K = rendement du réseau de distribution ;

N = population de la localité desservie ;

Q = production d'eau potable.

Cette formule a permis de déterminer la consommation spécifique. Les valeurs projetées de ce paramètre ont permis de faire l'estimation des besoins en eau à l'horizon 2025.

4. Résultats

4.1. Variation, tendance pluviométrique et réalimentation de la nappe

La figure 1 montre la variabilité interannuelle des pluies et la tendance pluviométrique des années 2025 sur le plateau d'Allada.

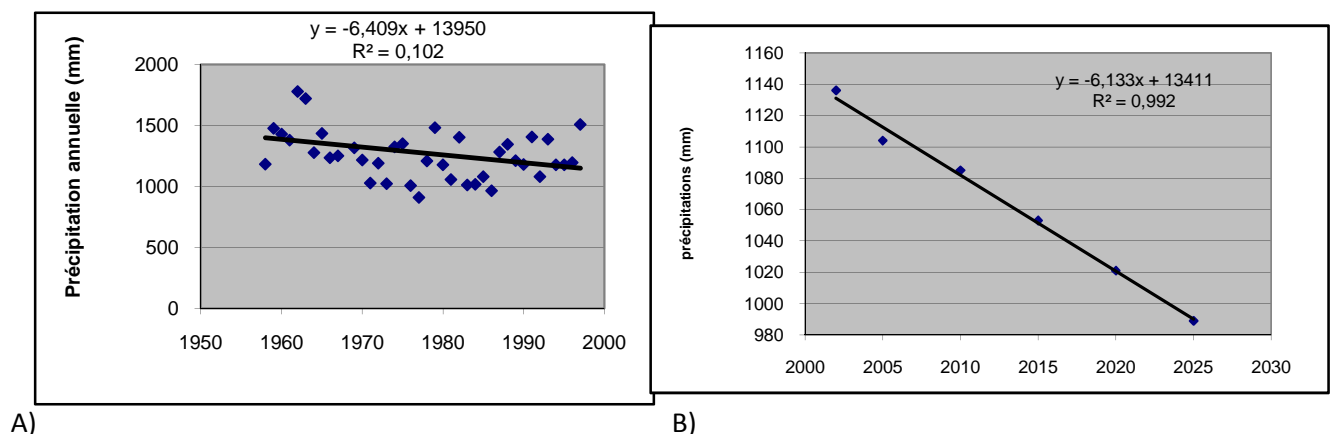


Figure 1 : A - Variation interannuelle des pluies de 1969 à 1999 ; B - Tendance pluviométrique moyenne interannuelle sur le plateau d'Allada de 2005 à 2025

La figure 1, (A) montre la variation pluviométrique de 1955 à 2004 sur le plateau d'Allada et (B) la tendance à la baisse de la pluviométrie. Si cette tendance se confirme le renouvellement de la nappe serait compromis pour les prochaines décennies, et les populations manqueraient gravement de l'eau. Il en résulterait un déficit qui serait peut-être

comblé progressivement par l'eau salée intrusive. Les réserves souterraines sont donc menacées.

La situation générale du Bénin face à la pénurie d'eau confirme cette tendance à la baisse des ressources en eau ; la disponibilité en eau par an et par personne serait passé déjà de 12.316 m³ en 1955 à des valeurs inférieures à 5.625 m³ en 1990 en raison de l'accroissement de la population (AFOUDA et BOUKARI, 2001) et de la diminution des précipitations. Cette valeur a atteint le record de 3.945 m³ par personne et par an en 2002 (<http://www.unesco.org/>). En effet, l'alimentation en eau de la population de Cotonou se fait à partir du plateau d'Allada (Godomey) dont la recharge annuelle est de 500 millions de m³/ha (SCET/Turkpak-International/DH, 1991) à partir de deux sortes de nappes :

- la nappe phréatique dont le niveau oscille entre 0 et 5 m de profondeur selon les lieux et les saisons et où la vitesse d'infiltration de la plaine littorale dépasse la valeur de $8,3 \cdot 10^{-5}$ m/s ; elle est donc vulnérable à la pollution. Cette vulnérabilité est confirmée par les travaux d'analyses physico chimiques et biologiques des eaux des puits réalisés dans la ville Cotonou par BOSSOU (2004) ;
- l'aquifère du Continental Terminal est exploitée par la SONEB pour alimenter la population de Cotonou en eau potable. Elle varie de 60 à plus de 140 m de profondeur et l'infiltration est en moyenne de $2,5 \cdot 10^{-5}$ m/s. (GIGG, cité par BOUKARI, OYEDE, ALIDOU, GAYE et MALIKI, 1994).

Il importe à la suite de la tendance à la baisse des pluies pour les décennies prochaines, de voir comment se comporte la tendance démographique de la ville de Cotonou. Le tableau II en donne une indication.

Tableau II : Evolution des taux moyens de croissance annuelle de la population de Cotonou (1961 – 2002)

Année Ville	1961	1979	1992	2002	Taux moyen de croissance annuelle (%) 1961- 1979	Taux moyen de croissance annuelle (%) 1979- 1992	Taux moyen de croissance annuelle (%) 1992 – 2002
COTONOU	78 300	320 332	536 827	658 572	8,2	3,9	2,1

Source : da MATHA *et al*, (2000) et INSAE, (2002)

A partir des taux moyens de croissance annuelle de la population entre la période 1992 – 2002, le calcul des valeurs projetées des populations a permis d'obtenir les résultats présentés dans le tableau III.

Tableau III : Projection démographique de la ville de Cotonou

Année Ville	2005	2010	2015	2020	2025
COTONOU	701 396	779 049	865 298	961 095	1 067 500

Il est évident, compte tenu de l'évolution croissante de la population de Cotonou que celle-ci dépassera le million d'ici à l'an 2025. Cette tendance démographique à la hausse aura pour conséquence directe une augmentation de la demande en eau de consommation.

4.2. Estimation de la demande et de la production de l'eau à l'horizon 2025

C'est fort de ce constat qu'il nous semble important de procéder à une estimation de la demande et de la production de l'eau pour la ville de Cotonou en 2025. Il a semblé important à cet effet de s'appuyer sur les indicateurs suivants :

- projection de la population à l'horizon 2025 ;
- consommation spécifique ;
- rendement du système d'approvisionnement en eau potable.

La période de planification est divisée en cinq phases correspondant aux périodes de 2002 – 2005, de 2005 – 2010, de 2010 - 2015, de 2015 – 2020 et de 2020 – 2025 (Tableau IV).

Tableau IV : Projection des consommations spécifiques à Cotonou

Année	1992	1997	2002	2005	2010	2015	2020	2025
Consommation. spécifique (l/hab. /j)	28,2	31,3	37	40,5	47	54,6	63,5	73,7

Le tableau montre une augmentation régulière des besoins spécifiques pour l'horizon 2025. La satisfaction de ces besoins nécessite un meilleur rendement des systèmes d'approvisionnement en eau potable.

3. 3. Rendement du système d'approvisionnement en eau potable

Le ratio consommation/production détermine le rendement du système d'alimentation en eau potable. Pour la période 1992 – 1997 le rendement du système AEP est de 72,9% à Cotonou. La rénovation progressive du réseau de distribution entraînera une amélioration du rendement. La SONEB estimait atteindre un rendement de 80 % pour 2005 et 85% ou plus en 2010 (Tableaux V et VI).

Tableau V : Estimation de la consommation moyenne d'eau dans la ville de Cotonou (2005 – 2025)

Année	Populations	Consommation spécifique(L/Hab./j)	Volumes consommés	
			m ³ /j	m ³ /an
2005	701 396	40,5	28 407	10 368 555
2010	779 049	47	36 615	13 364 475
2015	865 298	54,6	47 245	17 244 425
2020	961 095	63,5	61 030	22 275 950
2025	1 067 500	73,5	78 461	28 638 265

Tableau VI : Estimation de la production d'eau de la ville de Cotonou

Année	2005	2010	2015	2020	2025
Consommation moyenne annuelle (m³/an)	10 368 555	13 364 475	17 244 425	22 275 950	28 638 265
Rendement du réseau	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
Production moyenne annuelle (m³/an)	12 960 694	15 722 912	20 287 559	26 207 000	33 692 076

Les tableaux V et VI montrent que les besoins en eau continueront d'augmenter dans les vingt prochaines années. Les besoins spécifiques qui sont estimés à 40,5 l/hab./j en 2005, passeraient à 73,5 l/hab./j en 2025. Donc la consommation moyenne annuelle de la ville de Cotonou passerait de 10.368.555 m³/an en 2005 à 28.638.265 m³/an en 2025. Cela exige inéluctablement une hausse de la production de l'eau potable par la SONEB qui passerait de 12.960.694 m³/an en 2005 à 33.692.076 m³/an en 2025 (cette croissance de la production à laquelle la SONEB fera face pourrait être hypothéquée vu la tendance à la baisse de la pluviométrie). Il faut noter que ce résultat n'exprime pas la totalité des besoins de la population car ceux-ci sont satisfaits en partie par les eaux de puits, de pluie et de surface. La consommation de ces eaux est préjudiciable à la santé de la population de Cotonou. En effet, la plupart des eaux sont polluées et ne sont pas traitées rigoureusement avant leur consommation. Ce qui entraîne une recrudescence des maladies d'origine hydrique au sein de la population.

4.4. Maladies d'origine hydrique

Le tableau VII indique les affections fréquentes liées à l'eau et à l'assainissement enregistrées dans les hôpitaux et les centres de santé de Cotonou.

Tableau n° VII : Principales affections d'origine hydrique à Cotonou (1996 – 2003)

Affections	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Dysenterie bacillaire	935	1391	1634	2672	2753	3892	6495	8053
Autres diarrhées	7101	1391	5372	8627	8535	8183	22204	8227
Gastro-intestinale	13402	13592	12382	18449	18834	18898	67122	29496
Choléra	88	133	7	127	26	29	3788	147

Source : DDSP/MSP Atlantique – Littoral, (DDSP de l'Atlantique et du Littoral, 2001, 2003, 2004)

La gastro-intestinale est l'affection qui a atteint de façon croissante une frange importante de la population à Cotonou avec un nombre de personnes plus élevé en 2002. Elle est suivie des autres maladies diarrhéiques. La dysenterie bacillaire a affecté moins de personnes mais reste croissante sur la période. Les années 2002 et 2003 ont les plus grands nombres de personnes affectées. Les cas de choléra sont moins importants sauf en 2002 où leur nombre est très élevé par rapport aux autres années.

Pour éviter la prolifération des maladies hydro fécales, des mesures d'assainissement sont recommandées afin de réduire les risques de contamination des eaux par les déchets domestiques. Il s'agit:

- de la desserte en eau potable de la majorité de la population de Cotonou ;
- de la réalisation du réseau d'assainissement des eaux usées dans la ville ;
- de la gestion efficace des ordures ménagères et industrielles ;
- de la construction des lieux adéquats de défécation avec possibilité d'évacuation et de traitement de ces matières fécales.

En effet, que dans la ville de Cotonou, tous les ménages ne disposent pas de latrine et une bonne partie de la population défèque dans les espaces libres. Ce phénomène prend de l'ampleur dans les zones périurbaines où la latrine est rare dans les concessions.

L'adéquation disponibilité des ressources en eau et la croissance démographique dans la ville de Cotonou est complexe. Les ressources en eau sont en diminution compte tenu de la tendance pluviométrique à la baisse tandis que la croissance démographique est remarquable entre 2005 et 2025. Face à une demande croissante de la ressource en eau qui en découle, il est urgent qu'une gestion participative des ressources en eau se fasse par les autorités gouvernementales et communales avec la collaboration des populations car en associant les populations, on arrivera à une gestion durable de ces ressources gage d'une meilleure protection de l'environnement. Cela devrait déboucher sur une utilisation rationnelle et une amélioration de la qualité de la ressource en eau disponible.

CONCLUSION

La tendance pluviométrique à la baisse observée, signale la pénurie d'eau qu'il y aura dans les vingt prochaines années. Le paradoxe réside dans la croissance démographique de la ville de Cotonou qui atteindra le million d'habitants d'ici à 2025. Face à une demande croissante en eau de la population, les ressources en eau s'amenuiseraient davantage en 2025 et conduiraient à une situation de pénurie d'eau qui pourrait être atténuée avec l'utilisation rationnelle de celles-ci. De même, la production de déchets solide et liquide constatée dans la ville de Cotonou constitue un risque de pollution des ressources en eau qui a des répercussions sur la santé des populations. Il s'agit du risque lié des maladies d'origine hydrique telles que la dysenterie, les diarrhées, les gastroentérites... Ce travail suggère que pour éviter une pénurie en 2025, il faut que les pouvoirs publics et les décideurs mettent sur pied une politique de gestion participative de cette ressource associant les populations. Cela permettra une utilisation rationnelle intégrant l'hygiène et l'assainissement pouvant sauvegarder l'environnement pour le futur.

Références bibliographiques

1. **AFOUDA (A.) et BOUKARI (M.)**, 2001 ; L'eau : disponibilité et usages dans le monde et au Bénin, premier forum national de l'eau, 7 p
2. **AHOUSSINOU A.**, 2003, Pollution fécale de la nappe phréatique et comportements des populations à Cotonou. Mémoire de maîtrise professionnelle, UAC, 88p
3. **BOSSOU (B. D.)** ; Analyse et esquisse cartographique de la contamination bactériologique de la nappe phréatique alimentant les puits traditionnels de la ville de Cotonou et sa banlieue, mémoire de DESS, UAC, 82 p + annexes
4. **BOUKARI (M.), OYEDE (M.), ALIDOU (S.), GAYE (G. B.), MALIKI (R.)**, 1994 ; Identification des aquifères de la zone littoral du Bénin (Afrique de l'Ouest). Hydrodynamique, hydrochimie et problèmes d'alimentation en eau de la ville de Cotonou. *Africa Geoscience Review*, 2 (°1) : pp 121 – 139
5. **Da MATHA Sant'Anna (M.)**, 2000 ; Dynamique démographique, question agraire, et urbanisation au Bénin. NLTPS – BENIN, 258 p
6. **DDS**, 2003 ; Statistiques sanitaires de l'Atlantique et du Littoral, 77 p
7. **DDS**, 2001 ; Annuaire statistique de l'année 2000, Cotonou, 87 p
8. **DE**, 1991 ; Inventaire des Ressources en Eaux souterraines au Bénin, rapport final, éd. définitive, vol. 1 : Rapport
9. **INSAE**, 2003 ; Synthèse des Analyses, Cotonou, 42 p
10. **INSAE**, 2003 ; Principaux Indicateurs Sociodémographiques, Cotonou
11. **INSAE**, 1997, Tableau de bord social : Profil social et indicateurs du développement humain, 172p
12. **KOUDJROHEDE (L.)**, 1996 ; Gestion des Ressources en Eau sur les sites urbains et périurbain de Porto-Novo, mémoire de maîtrise, UNB, Abomey-Calavi, 153p + annexes
13. **SBEE**, 1997 ; Rapport d'activités. Eau exercice 1997, janvier en décembre 1997, 49 p
14. **SBEE**, 1995 ; Alimentation en Eau potable – Plan d'Investissement dans les villes de Cotonou, Porto-Novo et Djougou. Tome 1, Cotonou – Rapport définitif – BRL Beture, 213p + Annexes.
15. **Scet/Turpak/DH**, 1991 ; Inventaire des Ressources en eaux souterraines en eaux au Bénin. Rapport final, éd. définitive, vol. 1 : Rapport
16. **SMN**, 1991 ; Normales climatiques, Cotonou, Bénin
17. **SCET/Turpak-International/DH**, 1991 ; Inventaire des Ressources en Eaux souterraines au Bénin, Rapport final, éd. Définitive, vol.1 : Rapport
18. **SONEB**, 2007 ; Plan d'investissement actualisé : système d'AEP de Cotonou, Plan directeur Eau, tome V.6.1 (version provisoire), 40 p

http://www.unesco.org/bpi/wwdr/WWDR_chart1_fre.pdf, 2002, mis à jour le 16/03/05