

IMPACT DE LA POLLUTION CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE SUR L'AQUIFERE SUPERFICIEL DE LA ZONE DE CAPTAGE INTENSIF DE GODOMEY AU SUD-BENIN

DOVONOU FLAVIEN¹, BOUKARI MOUSSA¹, BABADJIDE CHARLES³,
ALASSANE ABDOUKARIM^{1,2} YALO NICAISE², MAMA DAOUA¹

¹ Laboratoire d'Hydrologie Appliquée à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université d'Abomey-Calavi (LHA / FAST / UAC) 01 BP 4521 Cotonou (Bénin)

² Département de Géologie de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université d'Abomey-Calavi

³ Département de sociologie-Anthropologie de la Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines de l'Université d'Abomey-Calavi.

Auteur correspondant e-mail : dovflav@yahoo.fr Tél(00229) 95 33 98 81

Résumé

Afin d'évaluer l'impact de la pollution anthropique sur l'aquifère superficiel du champ de captage de Godomey, cinquante échantillons d'eau de puits et de forage ont été analysés. La température varie entre 27°C et 30°C ; la salinité oscille entre 0,08 mg/L et 183,58 mg/L ; La teneur des solides totaux dissous est comprise entre 71mg/L et 319 mg/L ; la conductivité est comprise entre 69,8 µs/cm et 651 µs/cm ; le pH est compris entre 5 et 7. Quant à la teneur en oxygène dissous, elle est comprise entre 2 mg/L et 6 mg/L. La teneur des nitrates varie entre 0,5 mg/L et 140 mg/L et 20 % des échantillons d'eau de puits ont des teneurs en nitrate supérieures à 45 mg/L. La teneur des nitrites est comprise entre 0,1 mg/L et 0,7 mg/L. La concentration des phosphates varie entre 2 mg/L et 35 mg/L et 40 % des échantillons ont des teneurs dépassant 5 mg/L. Tous les échantillons ont des teneurs en azote total et en ammonium hors normes. La DCO est comprise entre 2 mg/L et 14 mg/L tandis que la DBO 5 varie entre 2 mg/L et 6 mg/L. Les analyses bactériologiques ont montré que tous les échantillons d'eau prélevés sont contaminés par les germes totaux et *Escherichia coli* dans les proportions dépassant les concentrations maximales admises. Quant aux eaux des forages, étant bien protégées, elles ne sont pas sujettes à la pollution.

Mots clés : Pollution, aquifère superficiel, Champ de captage, Godomey.

Abstract

In an attempt to evaluate the impact of entropic pollution in the shallow aquifer in the Godomey wellfield, fifty water samples from wells and boreholes has been analyzed. The temperature varies from 27°C to 30°C ; the salinity from 0.08 mg/L to 183.58 mg/L ; the total dissolved solid content is comprised between 71mg/L and 319 mg/L ; the conductivity between 69.8 µs/cm and 651 µs/cm ; the pH between 5 and 7. The total dissolved oxygen is from 2 mg/L and 6 mg/L. The nitrate concentration ranges from 0.5 mg/L to 140 mg/L and 20 % of the wells samples have a nitrate concentration above 45 mg/L. the nitrite content is from 0.1 mg/L to 0.7 mg/L. the phosphate concentration varies from 2 mg/L to 35 mg/L and 40 % of the samples have more than 5 mg/L as phosphate concentration. All the samples' total nitrogen and ammonium concentration exceed the norms. The chemical oxygen demand is comprised between 2 mg/L and 14 mg/L while BOD5 varies from 2 mg/L to 6 mg/L. The bacteriological analyses have shown that all the samples are contaminated by *E. coli* in concentrations above the maximal authorized. Boreholes, since protected, are not under pollution.

Key words: Pollution, shallow aquifer, wellfield, Godomey.

Introduction

Le sommet du Millénaire des Nations Unies (2000) qui a défini les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), et le Sommet Mondial sur le Développement Durable (2002) ont convenu de « réduire de moitié, d'ici 2015, le pourcentage de la population qui n'a pas accès à l'eau potable ». L'aquifère du plateau d'Allada, intensivement exploité pour l'approvisionnement en eau de la ville de Cotonou, est le plus puissant des aquifères du Continental Terminal des trois plateaux qui occupent la moitié méridionale du bassin sédimentaire côtier, avec une superficie d'environ 2000 km² (Boukari, 1998). Il s'agit d'un système très vulnérable du fait de l'occupation de ses périmètres par les populations, de son voisinage avec la mer, les lacs et lagunes.

Dans le contexte actuel de la politique de gestion durable des ressources en eau au Bénin, l'identification du risque de pollution et la protection de ces ressources sont d'une importance capitale. Il s'agit de sauvegarder la qualité de ces ressources à moyen et à long terme.

L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits individuels et des forages, afin de préserver la qualité de la ressource.

1. Cadre d'étude et localisation des sites d'échantillonnage (figure 1)

Le plateau d'Allada et sa plaine côtière sont localisés au sud du bassin sédimentaire côtier du Bénin. Ses limites s'inscrivent entre les méridiens 2° et 2°30' et les parallèles 6°20' et 7°20'. Le champ de captage de Godomey est situé au sud-est de ce plateau (figure 1). C'est une sous-unité géologique du bassin sédimentaire côtier. Il est limité au nord par l'agglomération d'Abomey-Calavi, au sud par la lagune Djonou, à l'est par le lac Nokoué et à l'ouest par la rivière Bakamè.

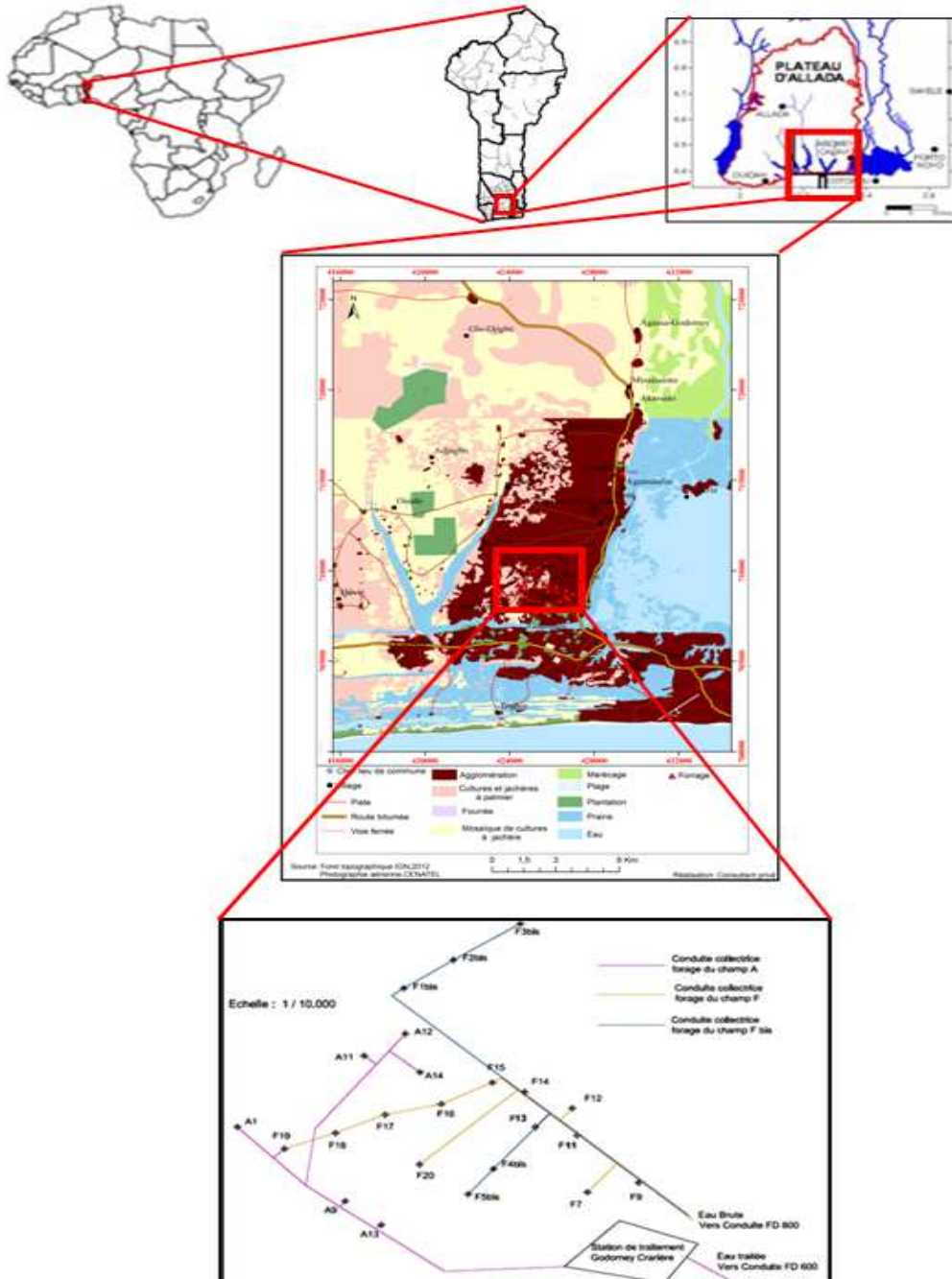


Figure 1. Localisation du secteur d'étude et localisation des sites d'échantillonnage

Le champ de captage de Godomey est le périmètre de pompes intensives le plus important dans le Continental Terminal et à l'échelle de tout le pays (GIGG, 1993). Il est destiné en effet à l'alimentation en eau potable de la grande agglomération de Cotonou, la plus importante ville du Bénin de par sa population et son tissu industriel. Ce champ de captage s'étend sur trois kilomètres environ dans la direction est-ouest (entre les forages F19 à l'ouest et le forage F09 à l'est, et huit kilomètres environ suivant la direction nord-sud (entre les forages de Tokan au nord et A13 au sud).

2. Matériel et méthodes

2.1. Echantillonnage

Cinquante prélèvements d'eau de l'aquifère superficiel du champ de captage de Godomey ont été effectués dans les puits individuels et les forages de la SONEB entre Juillet 2010 (saison pluvieuse) et Janvier 2011 (saison sèche). L'échantillonnage est basé sur des puits non protégés ou situés non loin des cours d'eau ou des ateliers de teinturerie situés sur les périmètres du champ captant et des forages de la Société Nationale des Eaux du Bénin.

Les prélèvements destinés aux analyses physico-chimiques ont été réalisés dans des flacons stérilisés de capacité 1,5L.

Pour les prélèvements destinés aux analyses bactériologiques, des flacons de verre brun borosilicaté de 500 mL à bouchage émeri stérilisés ont été utilisés. Ces flacons qui ne sont pas remplis à ras sont nettoyés, étiquetés et placés dans une glacière pour être ramenés au laboratoire de la Direction de l'Hygiène et de l'Assainissement de Base (DHAB).

2.2. Méthodes d'analyse

2.2.1. Analyse physico-chimique

L'analyse des paramètres physico-chimiques a été réalisée au Laboratoire d'Hydrologie Appliquée de la Faculté des Sciences et Techniques et concerne la température, le pH, la conductivité, la salinité, les solides totaux dissous, les nitrates, les nitrites, l'ammonium, le phosphate, l'oxygène dissous, la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅).

2.2.2. Analyse bactériologique

Les analyses bactériologiques ont débuté le même jour, 2 heures après les prélèvements. Les échantillons ont été conservés dans un réfrigérateur à 5°C jusqu'à la fin des interprétations. Réalisées au laboratoire de la DHAB, ces analyses portent sur le dénombrement des germes totaux et la recherche de la bactérie E. Coli.

Pour la recherche et le dénombrement des germes totaux, les travaux ont été réalisés suivant la norme NF EN ISO 6222 de 07/99. Un millilitre (1 mL) d'eau de chaque échantillon a été prélevé pour hydrater une membrane de Pétrifilm de 0,45 µ de diamètre.

La membrane a été incubée à 37°C. Le dénombrement des colonies rouges a été réalisé 24 heures après l'incubation. Quant à la recherche et le dénombrement d'E. Coli, c'est la norme NF EN ISO 9308-1 de 09/00 qui a servi de référence. Un millilitre (1mL) d'eau de chaque échantillon a été prélevé pour hydrater le Pétrifilm d'E. Coli. Après avoir filtré 100 mL d'eau de chaque échantillon à l'aide d'une membrane, cette dernière a été déposée sur le Pétrifilm.

L'incubation cette fois-ci a été faite pendant 48 heures mais toujours à 37 °C. Les résultats obtenus se présentent comme suit :

3. Résultats et discussions

3.1. Résultats

3.1.1. Qualité physico-chimique des eaux des puits individuels

Les eaux des puits individuels analysées ont été prélevées dans des puits répartis sur toute l'étendue du champ captant. Les résultats des mesures de la température, de la salinité, des solides totaux dissous et de la conductivité sont dans les tableaux I et II.

Tableau I : Température, salinité, TDS et conductivité des eaux des puits individuels en juillet 2010

Puits	Température en ° C	Salinité en mg/L	TDS en mg/L	Conductivité en µS/cm
Puits Tokan	28	0,10	71	195,60
Puits Togba	27	0,08	144	342
Puits Ouèdo	27,5	0,06	110	263
Puits Hèvié	30	0,10	39	93
Puits Tankpè	30	0,12	226	540

Tableau II : Température, salinité, TDS et conductivité des eaux des puits individuels en janvier 2011

Puits	Température en ° C	Salinité en mg/L	TDS en mg/L	Conductivité en µS/cm
Puits Tokan	27,8	50,63	71	150,4
Puits Togba	27,5	110,73	119	243
Puits Ouèdo	28,1	8,90	11	226
Puits Hèvié	28,7	15,48	34	69,8
Puits Tankpè	28,7	183,58	319	651

Les figures 2 à 10 présentent chacune un paramètre physico-chimique de l'eau de puits mesuré dans le secteur d'étude suivant la période pluvieuse et la période sèche.

- Potentiel d'Hydrogène (pH)

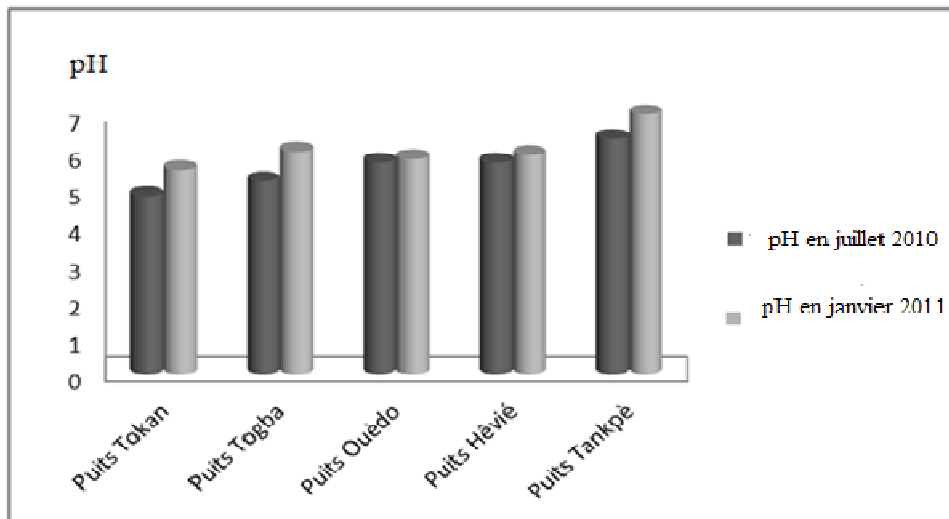


Figure 2. Variation spatio-temporelle du pH des eaux des puits individuels

- Oxygène dissous

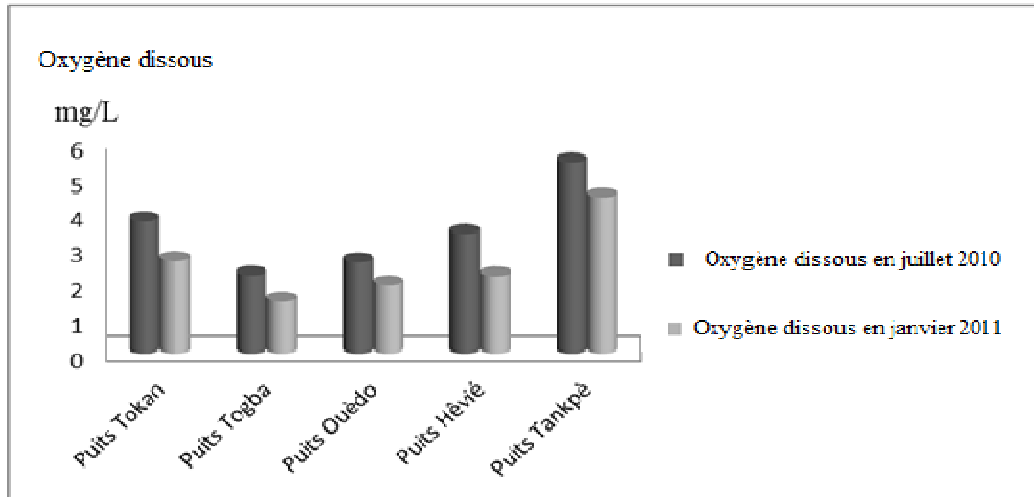


Figure 3. Variation spatio-temporelle de la teneur en oxygène dissous des eaux des puits individuels

- Nitrate

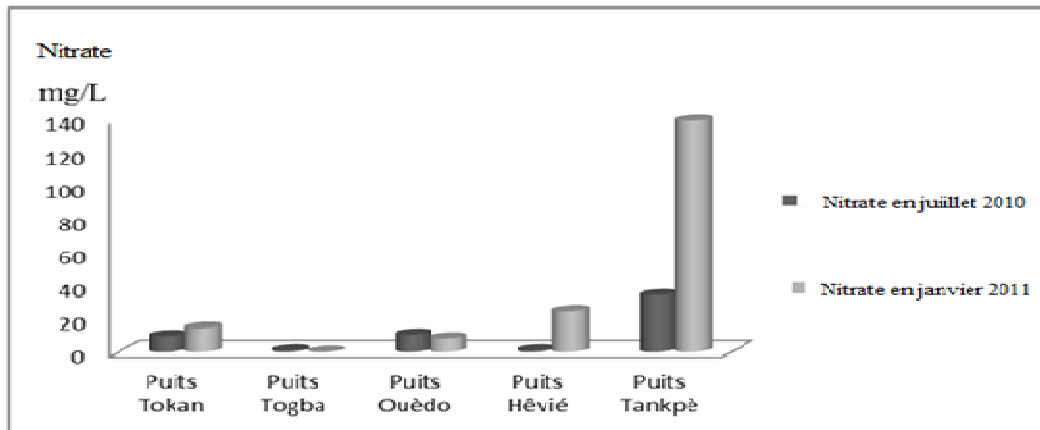


Figure 4. Variation spatio-temporelle de la teneur en nitrate des eaux des puits individuels

- Nitrite

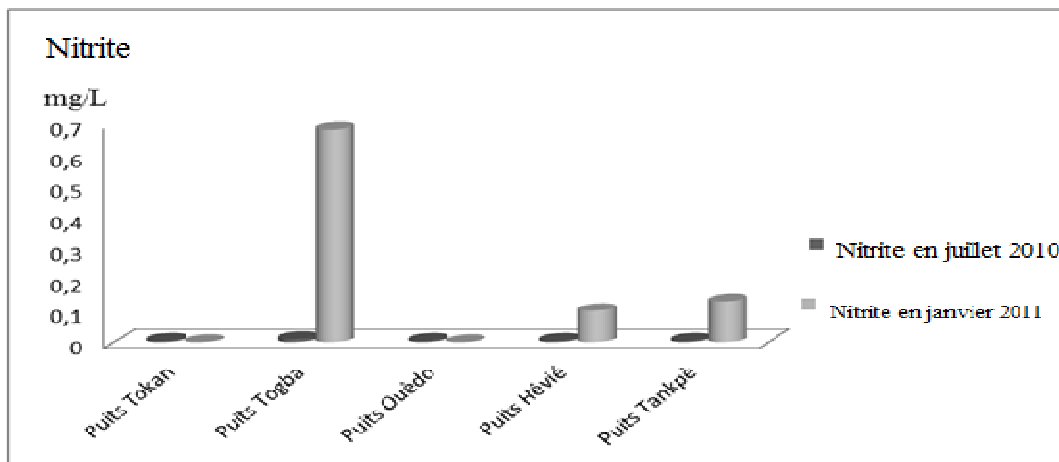


Figure 5. Variation spatio-temporelle de la teneur en nitrite des eaux des puits

- Phosphate

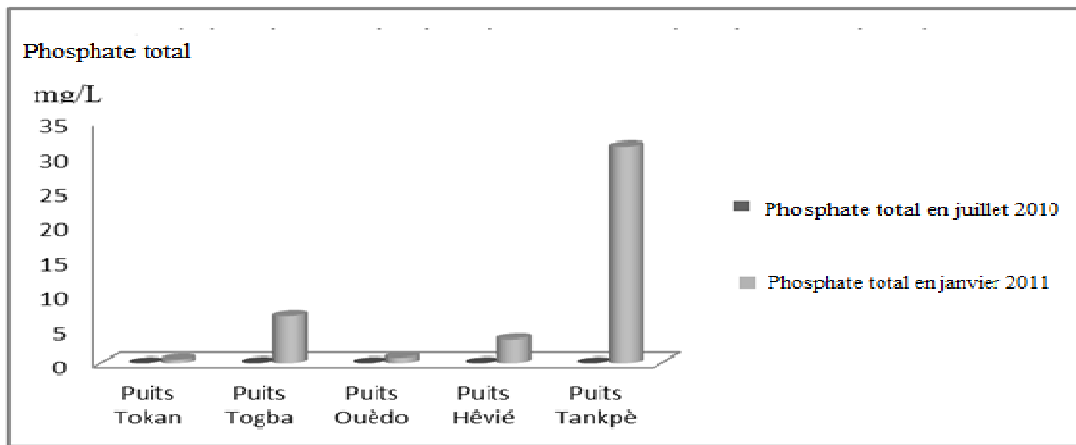


Figure 6. Variation spatio-temporelle de la teneur en phosphate des eaux des puits

- Azote total

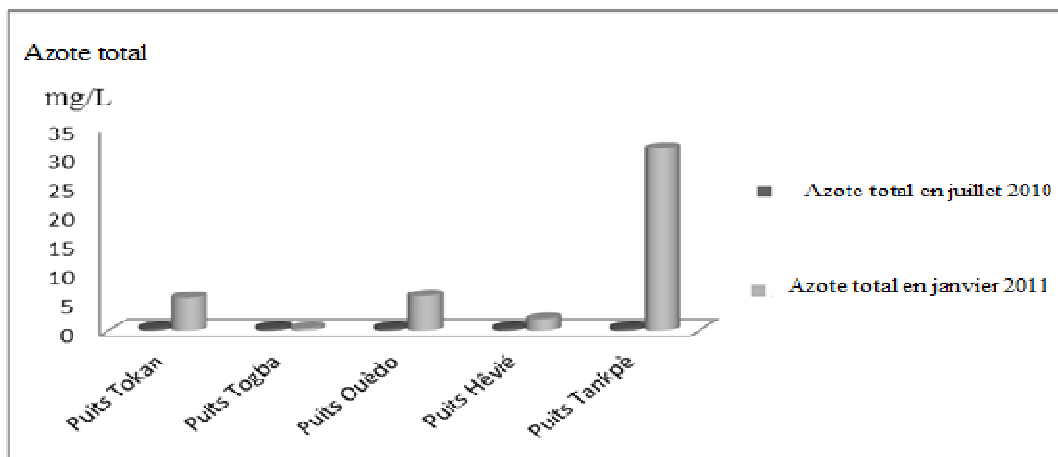


Figure 7. Variation spatio-temporelle de la teneur en azote total des eaux des puits individuels

- Ammonium

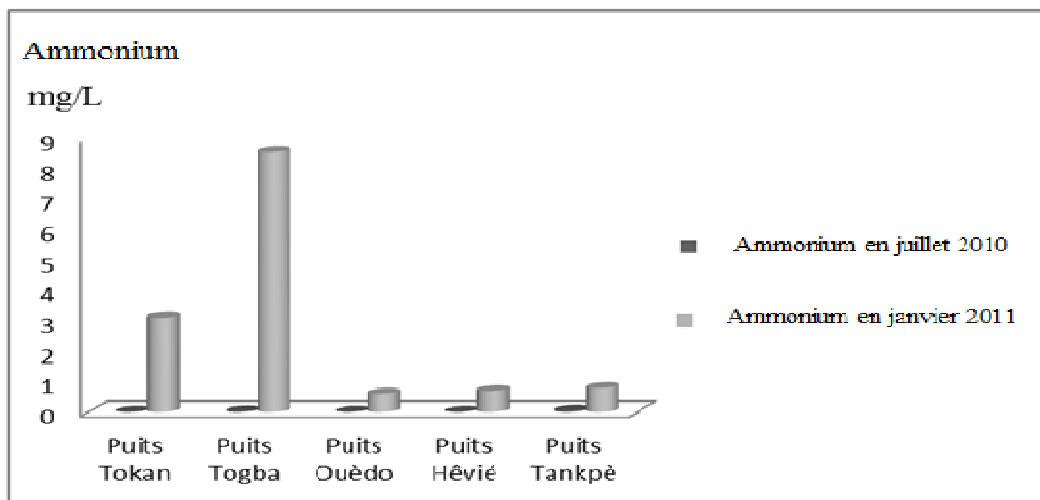
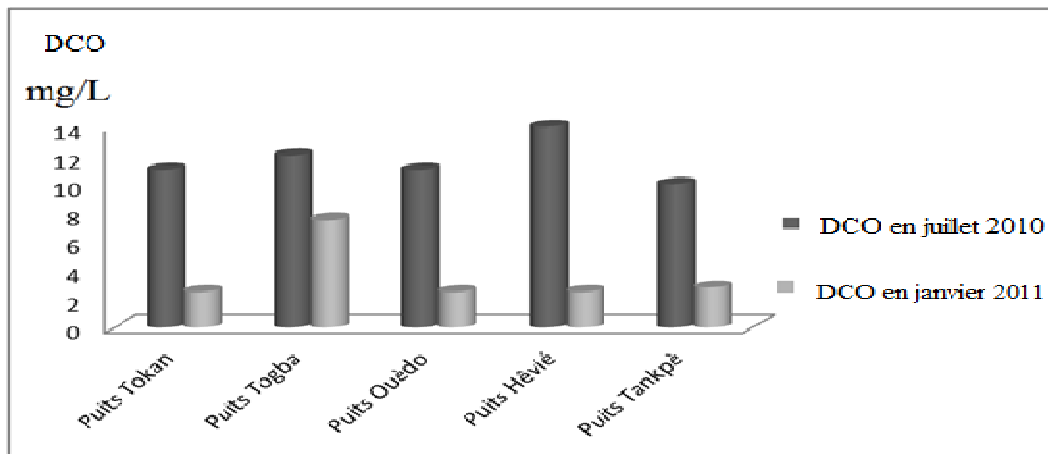
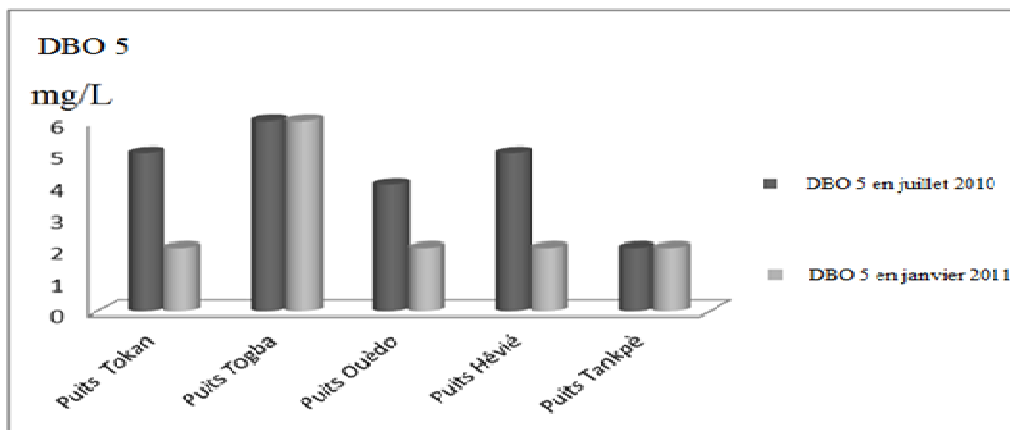


Figure 8. Variation spatio-temporelle de la teneur en ammonium des eaux des puits individuels

- DCO**Figure 9.** Variation spatio-temporelle de la DCO des eaux des puits individuels**-DBO₅****Figure 10.** Variation spatio-temporelle de la DBO₅ des eaux des puits individuels**3.1.2. Qualité microbiologique des eaux des puits individuels du champ captant**

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux de puits situés au voisinage des forages sont consignés dans le tableau III.

Tableau III : Caractéristiques bactériologiques des eaux des puits situés à côté des forages.

Paramètres	Unité	Puits voisins des forages A					Puits voisins des forages F				
		PA1	PA9	PA11	PA12	PA13	PF7	PF9	PF11	PF12	PF13
Germes banals en 24h à 37°	Nbre/ml	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB
Germes banals en 48h à 37°	Nbre/ml	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB
Recherche présomptive des coliformes	Positive ou négative	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Streptocoques fécaux après 48h à 44°C	Nbre/ml	44	04	32	32	120	68	36	12	12	56
Coliformes fécaux après 48h à 44°C	Nbre/100 ml	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB

IB : Innombrable, + : positif, - : Négatif

3.1.3. Qualité physico-chimique des eaux des forages du champ captant

- Température et conductivité

Le tableau IV présente les mesures de températures et de conductivité des eaux de forages de captage.

Tableau IV : Températures et conductivités de l'eau des forages

Forages	Température en ° C	Conductivité en $\mu\text{S/cm}$
A1	30,8	99
A9	30	98
A11	29,7	97,5
A12	31	98,5
A13	30,5	96
F7	30	500
F9	30	697
F11	31	595
F12	30	98
F13	30,5	80

Les figures 11 à 13 présentent chacune un paramètre physico-chimique de des eaux de forages mesuré dans le secteur d'étude suivant la période pluvieuse et la période sèche.

- Potentiel d'Hydrogène

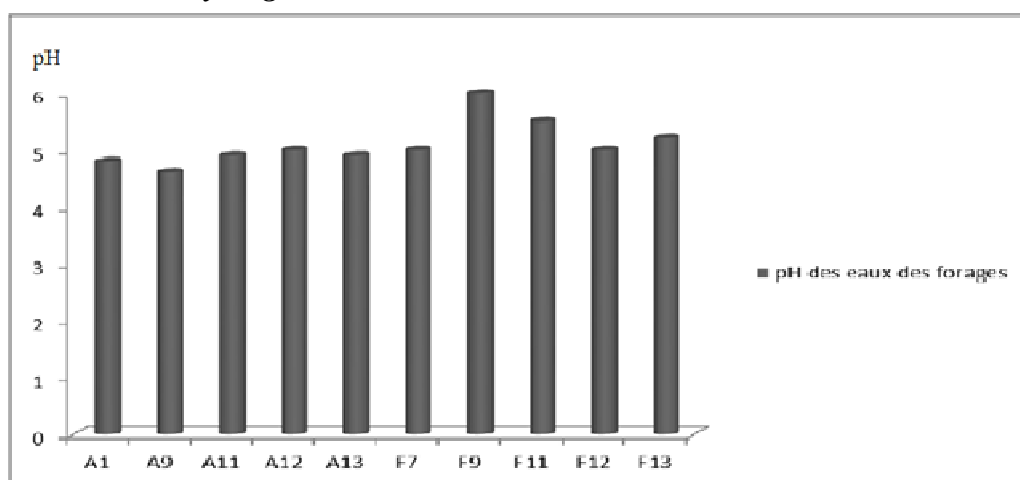


Figure 11. Variation spatio-temporelle du pH des eaux des forages en juillet 2010

- Oxydabilité

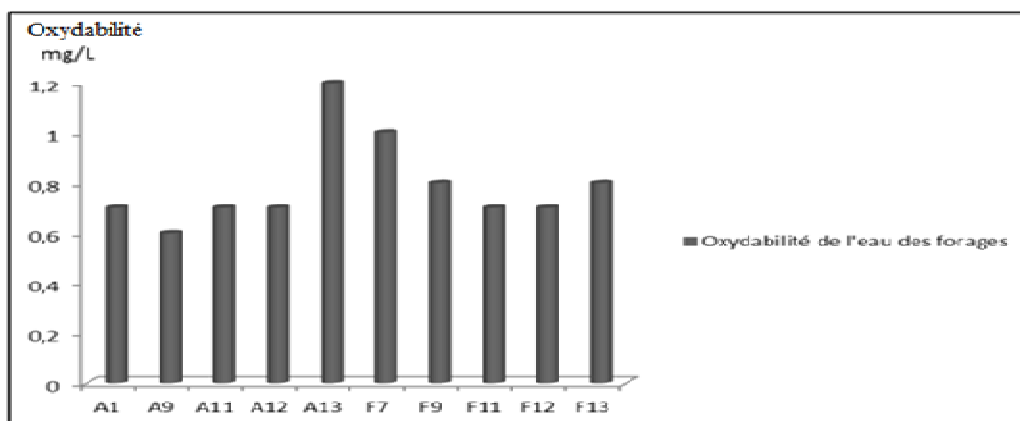


Figure 12. Variation spatio-temporelle de l'oxydabilité de l'eau des forages en juillet 2010

- Chlorures

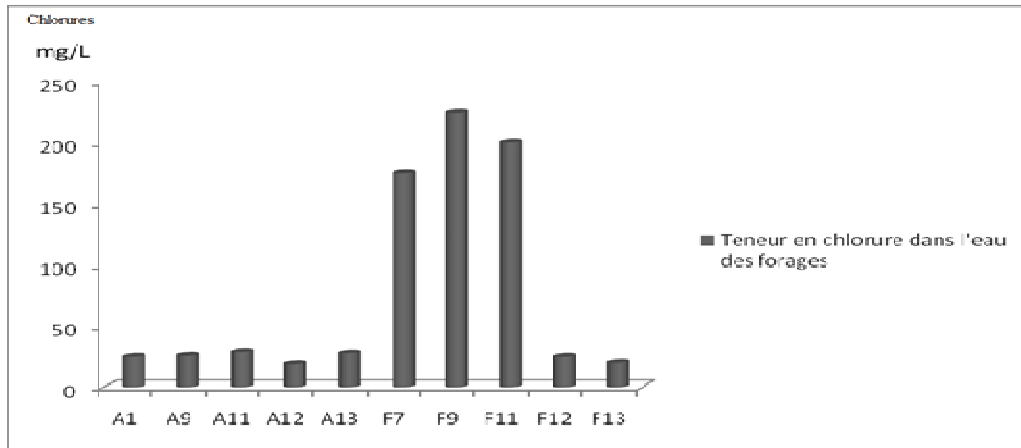


Figure 13. Variation spatio-temporelle de la teneur en chlorure des eaux des forages

Selon les études hydrogéologiques, les forages F7, F9, et F11 à l’instar d’autres forages déjà abandonnés par la SONEB ont également subi le phénomène d’intrusion saline (Boukari, 1998). Le phénomène d’intrusion saline a été suivi sur plusieurs forages de 2002 à 2009 et a donné les résultats suivants (figures 14 à 16).

- Chlorures

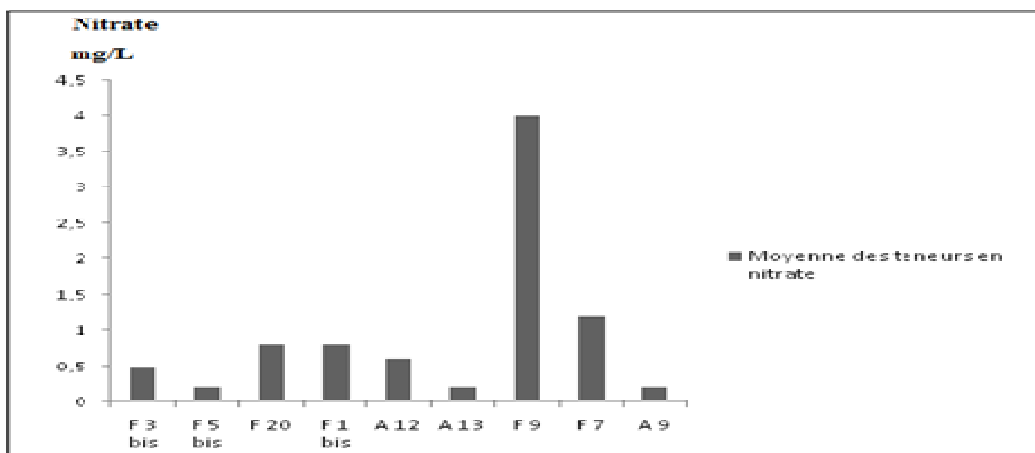


Figure 14. Moyenne des concentrations en chlorure de l’eau des forages de 2002 à 2009

- Nitrate

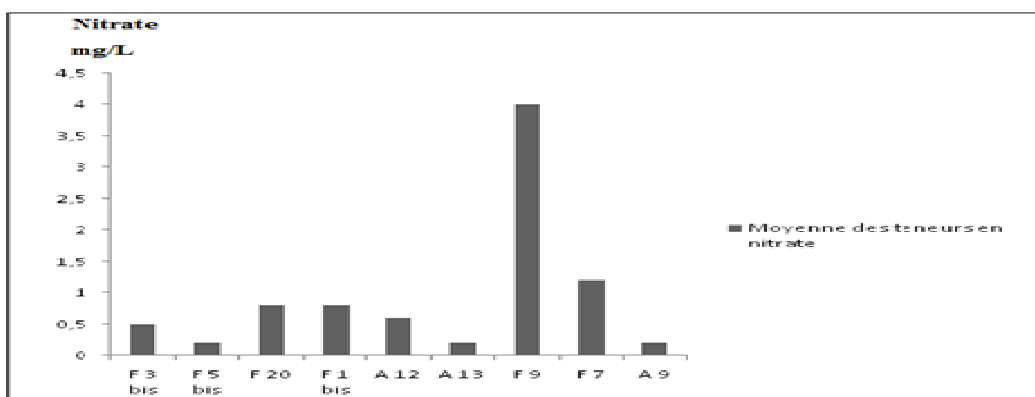


Figure 15. Moyenne des concentrations en nitrate de l’eau des forages de 2002 à 2009

- Nitrite

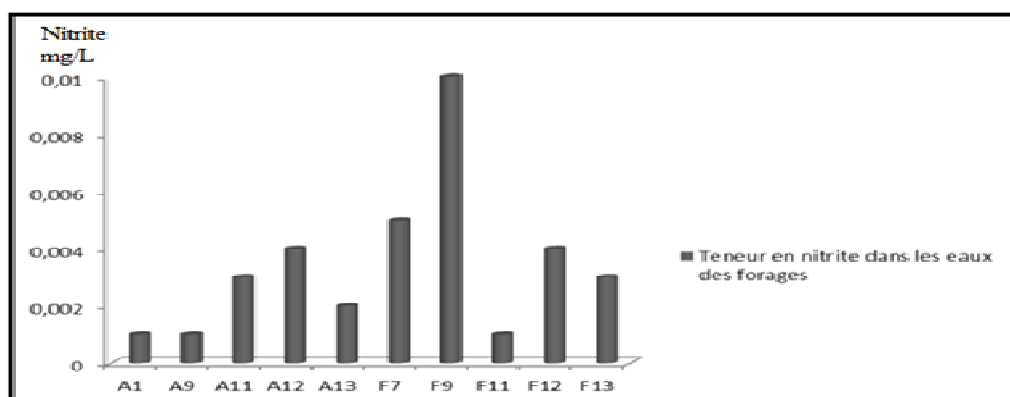


Figure 16. Variation spatio-temporelle de la teneur en nitrite des eaux des forages

3.1.4. Qualité microbiologique des eaux des forages du champ captant

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux des 10 forages sont regroupés dans le tableau V.

Tableau V : Caractéristiques bactériologiques des eaux des forages du champ de captage de Godomey.

Forages	A1	A9	A11	A12	A13	F7	F9	F11	F12	F13
Dénombrement de germes banals en 24 h à 37°C	00	00	00	02	00	01	01	06	01	00
Forages	A1	A9	A11	A12	A13	F7	F9	F11	F12	F13
Dénombrement de germes banals en 48 h à 37°C	02	00	00	02	01	01	01	15	01	00

3.2. Discussion

En se référant aux dispositions contenues dans le décret N° 2001-094 du 20 Février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin, on constate que des problèmes existent au niveau de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des puits et des eaux des forages du champ de captage de Godomey. En effet, dans les eaux de puits individuels de la localité de Tankpè, la concentration en nitrate est de 140 mg/L alors que la norme béninoise fixe la valeur maximale admise à 45 mg/L. De même, la concentration en phosphate atteint 35 mg/L dans l'eau de puits à Tankpè alors que la norme béninoise est de 7 mg/L. Cette pollution par les nitrates et les phosphates est due aux activités de teinturerie et aux nombreuses décharges sauvages d'ordure situées dans la localité. La teneur en ammonium atteint 9 mg/L dans l'eau d'un puits à Togba. En effet, la présence de l'ammonium est habituellement considérée comme un signe de pollution car cette forme d'azote n'existe que dans les eaux riches en matière organique en décomposition surtout lorsque la teneur en O₂ est insuffisante pour la transformer en ions NO₃⁻ (Baijot, 1991).

Les eaux usées issues de l'activité de teinturerie sont rejetées dans des fosses non étanches dissimulées dans les maisons. Les teintures sont des produits chimiques non biodégradables, ce qui explique que la Demande Chimique en Oxygène (DCO) de ces effluents soit très importante. Ces déchets sont riches en sulfate, (Diarra, M. S., 2006). L'emploi de soude dans le processus de teinture explique la forte basicité des rejets. En générale le pH de ces eaux usées est compris entre 10 et 12. Ces résultats de pH compris entre 4,69 et 5,82 se rapprochent de ceux de Azokpota (2005) qui a montré que les eaux usées issues des activités de teinturerie

ont un pH compris généralement entre 4 et 6. Des traces de métaux lourds peuvent également être trouvées dans certains colorants, (Diarra, 2006). Mais dans tous les cas la qualité des effluents peut légèrement varier d'un atelier de teinturerie à un autre.

Une autre activité génératrice d'eau usée s'est développée dans la zone d'étude. Il s'agit des sites de lavage des engins à deux et quatre roues. Les implantations de ces sites se font sans étude d'impact environnemental. Les eaux usées provenant de ces sites sont envoyées en profondeur de la terre, sans épuration, par le biais des trous creusés pour la circonstance. La forte teneur de ces eaux usées en détergent est à la base de la pollution des eaux de puits par les phosphates car pour la plupart du temps, les trous ont des profondeurs variant entre 15 et 20 m alors que la nappe captée par la population est à 25 m. Il se pose ainsi un problème d'hygiène et d'assainissement sur le champ de captage de Godomey. Le risque de pollution des eaux de l'aquifère superficiel du champ de captage de Godomey est très élevé. En effet, la mise en exécution du plan d'aménagement du territoire dans la commune d'Abomey-Calavi n'a pas précédé l'installation des populations. A la fin des travaux de lotissement et de recasement, beaucoup de puits individuels se retrouvent sur les voies publiques. Pour les fermer, les populations y déversent des déchets solides de toute nature, en envoyant ainsi inconsciemment des déchets de la surface du sol vers l'aquifère superficiel qui alimente les puits voisins. En effet, l'intensité de la pollution des eaux souterraines dépend du type du sol et de la dose en polluants (White, 1986). C'est le cas de la nappe de Sèmè-Podji et d'autres de la sous-région telle que la nappe de Yembeul au Sénégal qui enregistre de fortes concentrations en polluants chimiques (Edorh et al., 2010). Ces résultats montrent que le mode de gestion des eaux usées sur le champ de captage de Godomey contribue à la pollution chimique du système aquifère superficiel du sud du plateau d'Allada.

A l'ouest du champ de captage, les activités agricoles qui s'y mènent sont de nature à créer des problèmes écotoxicologiques dans cette zone. La région étant traversée par des cours d'eau (Bakamè, Alansankomè et Djonou), les maraichers utilisent des intrants agricoles (engrais chimiques) pour augmenter leur rendement. Au sud Bénin, les activités agricoles s'intensifient dans les zones humides en général et le long des rivières en particulier. Par exemple, selon une étude menée par Chouti et al. (2010a et 2010b), les eaux et sédiments de la lagune de Porto-Novo situé au sud-est du Bénin sont polluées.

Par infiltration dans la nappe superficielle située à environ 20 m de la surface du sol dans cette localité de Togba, les résidus des polluants se retrouvent dans les eaux des puits individuels. Ainsi, un des puits situé non loin de la lagune Djonou a donné la composition chimique suivante : phosphate 1,56 mg/L ; nitrate 14,39 mg/L ; Chlorure 30,77 mg/L, salinité 50,63 mg/L. L'ingestion de fortes quantités de nitrates peut provoquer la méthémoglobinémie. Les nitrites étant toxiques pour la santé humaine, il se pose dans cette localité un problème de santé publique car les populations ne disposant pas d'eau de la SONEB sont contraintes de boire l'eau des puits individuels contenant des polluants chimiques et bactériologiques. Les directives sur l'eau de boisson de l'OMS précisent les effets sanitaires liés à l'ingestion d'eau contenant certaines substances en excès (près d'une centaine de substances ont été étudiées). Toutefois, les effets sur la santé liés à l'ingestion de faibles doses pendant de longues périodes ne sont pas parfaitement établis à ce jour pour l'ensemble des substances chimiques. La valeur maximale de la DBO5 est de 6 mg/L et a été obtenue dans l'eau du puits de Togba. Cela témoigne de la présence de matière organique dans ces eaux, conséquence probable de la pollution anthropique. Pour l'ensemble des points de prélèvement, le taux de DBO5 est faible alors que celui de la DCO reste assez élevé (14 mg/L dans l'eau de puits de Hèvié).

La différence qui représente la partie non biodégradable est élevée et témoigne de l'importance de la contamination des eaux par des matières non biodégradables. Sur le plan microbiologique, les eaux des puits individuels du champ de captage de Godomey sont

polluées, car elles contiennent toutes d'innombrables coliformes fécaux. Dans beaucoup de puits, on retrouve des *Escherichia coli*, des *Clostridium perfringens*, et même des Streptocoques fécaux (120/mL dans un puits individuel situé à 15 m du forage A13 ; 56 / mL dans un puits individuel situé à 20 m du forage F13). Ces résultats sont en harmonie avec ceux de Dossa (2002) dans la ville de Cotonou et de Degbey (2004) dans la commune d'Abomey-Calavi qui ont montré que les eaux des puits individuels du sud Bénin sont contaminées par des streptocoques fécaux et *Escherichia Coli*. Ces résultats sont en harmonie avec ceux obtenus par Tandia (1997) au Sénégal qui a montré que les eaux des puits individuels de la localité de Yembel contiennent de fortes concentrations en coliformes fécaux variant entre 0 et 6,8 log₁₀/100 (Edorh *et al.*, 2010).

La principale cause de la pollution microbiologique des eaux des puits individuels est le manque d'hygiène et d'assainissement sur les périmètres du champ de captage. Toutefois, le problème de l'eau et de l'assainissement ne sont pas spécifiques au champ de captage de Godomey. Selon Gerba et Haas (1988), la fréquence et l'intensité de la contamination de l'eau varient dans le temps et en fonction de la géographie. La population anarchiquement installée sur les périmètres du champ de captage de Godomey ne dispose pas de réseau d'assainissement collectif. Ceux qui font l'assainissement individuel, le font sans respect des normes sanitaires en vigueur. Lorsque l'on analyse de près la qualité des eaux des forages, on constate qu'elles répondent aux normes béninoises relatives à la qualité physico-chimique des eaux de boisson.

La minéralisation importante des trois forages (F7, F9, et F11) dont les conductivités sont respectivement de 500µS/cm, 697µS/cm et 595µS/cm s'expliquerait par leur forte teneur en chlorure qui est de l'ordre de 180 mg/L alors qu'elle est de l'ordre de 17 mg/L pour les autres forages. Le phénomène d'intrusion saline s'est fait remarquer au niveau des forages F7, F9 et F11 qui ont présenté des teneurs en chlorure relativement élevées.

Conclusion

Cette étude nous a permis de constater que les paramètres physico-chimiques des eaux de l'aquifère superficiel du champ de captage de Godomey varient d'un point à un autre et d'une saison à l'autre. Les concentrations des polluants dans les eaux des puits individuels sont pour la plupart au-dessus de la norme béninoise contrairement aux eaux des forages qui sont de bonne qualité car bien protégées par les couches géologiques.

Il urge de prendre des mesures pour respecter les servitudes d'usage sur un champ de captage La délimitation des périmètres de protection rapprochée et éloignée devient de nos jours une urgence pour une gestion durable des ressources en eau souterraine du sud du plateau d'Allada.

Bibliographie

Azokpota V., 2005 : Impact de l'utilisation des colorants sur la qualité du milieu aquatique à Cotonou : cas de la teinture artisanale des textiles. Mém. DESS/MQUE. UAC/FAST. 68 p.

Baijot F., Moreau J., Bouda S., 1991 : *Aspects hydrologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano-sahélienne*. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA), Pp 1-53.

Boukari M., 1998 : *Fonctionnement du système aquifère exploité pour l'approvisionnement en eaux de la ville de Cotonou sur le littoral béninois : Impacts du développement urbain sur la qualité des ressources*. Thèse de Doctorat d'Etat, UCAD, Dakar-Sénégal, 256 p.

DECRET N° 20001-094 du 200/02/2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin.

Degbey C., 2004 : *La qualité de l'eau de puits dans l commune d'Abomey-Calavi et les facteurs exogènes de la pollution*. Mém. DEA, UAC/FLASH, 112 p.

- Diarra M. S., 2006 : *Dispositif de traitement des eaux usées de teinturerie chez « Tantou Teinture » au Mali*, Info CREPA, N°52, p.5-7
- Dossa B., 2002 : *Analyse et esquisse cartographique de la contamination bactériologique de la nappe phréatique alimentant les puits traditionnels de la ville de Cotonou et sa banlieue*. Mém. DESS/MQUE. UAC/FAST. 81p.
- Edorh P. *et al.*, 2010: Qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau des puits cotiers : Cas de Sèmè-Podji (Bénin). *Revue Climat et Développement*. Septembre 2010.
- Gerba C. P., et Haas C. S., 1988: Assessments of risks associated with enteric viruses in contaminated drinking water. *HSTMSP*. 976, 489-494
- GIGG., 1983 : Plan directeur et étude d'ingénierie pour l'alimentation en eau potable et l'évacuation des eaux pluviales, des eaux usées et des déchets solides. Tome 1. 90 p.
- IFEN., 2003. La qualité de l'eau : une préoccupation environnementale forte. Données de l'environnement n° 91. Institut Français de l'environnement. http://www.ifen.fr/publication/DE/de_91.htm (consulté en mai 2011).
- INSAE., 2002 : Deuxième recensement général de la population et de l'habitat, Février 2002, synthèse des résultats d'analyse.
- OMS., 2007. Normes internationales pour l'eau de boisson.
- Tandia A., Gaye C. B. et Faye A., 1997 : Origine des teneurs élevées en nitrate dans la nappe phréatique des sables quaternaires (région de Dakar, Sénégal), *sécheresse*, 8 (4).
- Waris C, Daouda M, François A, 2010a : Etude des variations spatio-temporelles de la pollution des eaux de la lagune de Porto-Novo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(4)1017-1029.
- Waris C, Daouda M, François A, Moussa B, 2010b : Etude des éléments traces métalliques contenus dans les sédiments de la lagune de Porto-Novo (Sud Bénin). *Journal of Applied Biosciences* 34 : 2186-2197.
- White R.E., Dayson J., Jury W. A., et Sposito G., 1986: « A transfer function Model of Solute Transport Through Soil », 2 Illustrative Applications. *Water Resources Research*, 22 (2) 248-254.
- World Water Council, 2005 : Les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) et l'objectif 10 sur l'eau et l'assainissement.