



Caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux souterraines et superficielles dans la zone de production cotonnière d'Aplahoué.

MEHOUNOU José Papin¹, *JOSSE Roger Gérard¹, Pierre DOSSOU-YOVO², Serge Freddy SENOU¹, TOKLO Rock Modéran¹

¹ Laboratoire d'Analyse Physico-chimique des Milieux Aquatiques (LAPMIA/FAST/CHIMIE/UAC) BP 526 Cotonou (Rép. Bénin)

² Laboratoire de Recherche en Traitement et Conservation des Produits Halieutiques (FAST/ CHIMIE /UAC) BP 526 Cotonou (Rép. Bénin)

* Auteur correspondant : jossrogergerard@yahoo.fr

Original submitted in on 8th June 2016. Published online at www.m.elewa.org on 31st July 2016
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v103i1.6>

RÉSUMÉ

Objectif : Le présent travail a pour but d'évaluer les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux souterraines et superficielles dans une zone de production cotonnière.

Méthodologie et résultats : Les paramètres tels que la température, le pH, la conductivité et la salinité ont été mesurés *in situ* avec un multimètre de terrain. Les matières en suspension, le TA, le TAC, l'ion chlorure, l'ion ammonium, l'azote total, la demande chimique en oxygène, et la demande biochimique en oxygène en cinq jours (DBO₅) ont été déterminés selon les méthodes conventionnelles d'analyse. Les concentrations moyennes suivantes ont été obtenues : matières en suspension (45mg/l à 230mg/l), la dureté (62mg/l à 266mg/l), la salinité (0,01 à 1mg/l), les solides totaux dissous (78mg/l à 660mg/l), l'ammonium (0,06mg/l à 1,5mg/l), l'ion chlorure (21,3mg/l à 187mg/l), la DBO₅ (8mg/l à 35mg/l), la DCO (56mg/l à 134mg/l). Du point de vue microbiologique, on a pu déterminer les paramètres tels que : les Coliformes totaux, les Entérocoques, les Spores de Clostridium Sulfito-réducteurs, les Pseudomonas aeruginosa, les Escherichia coli et la Flore totale.

Conclusion et Application : Cette étude comparée aux normes montrent que les eaux de la zone de production cotonnière étudiées sont polluées.

Mots clés : eaux ; paramètres physico-chimiques et microbiologiques ; Aplahoué.

ABSTRACT

Objective: This work aims to determine physico-chemical and microbiological parameters of the surface and groundwater in a zone of cotton production.

Methodology and results: The parameters such as the temperature, the pH, the conductivity and the salinity were determined *in situ* with the multimeter of ground. Suspension materials, ammonium, the TA, TAC, the ion chlorinates, the DCO, the DBO₅, were determined in the various analysis laboratories according to the conventional methods of the chemistry. The following average concentrations were obtained: MES (45mg/l à 230mg/l), the TH (62mg/l à 266mg/l), the salinity (0,01mg/l à 1mg/L), the DBO₅ (8mg/l à 35mg/l), the

DCO (56mg/l à 134mg/l). Of microbiological point of view were able to determine the parameters such as: the total coliforms, the spores of sulfite-reducing clostridium, the pseudomonas aeruginosa the Escherichia coli and total flora form.

Conclusion and Application: This study compared with the standards showed that waters of the zone of cotton production studied are polluted.

Keywords: Waters; physico-chemical and microbiological parameters; Aplahoué.

INTRODUCTION

Le coton est la principale culture d'exportation, et contribue au développement socio-économique du Bénin. En effet, il constitue non seulement la principale source de revenus monétaires des paysans qui le cultivent, mais il apporte aussi d'importantes devises à l'État. Il représente 60% des recettes d'exportation du Bénin, 90% des recettes agricoles et 24% des recettes de l'État (MDR, 1995). Dans le souci d'augmenter les rendements agricoles et les revenus, l'utilisation d'engrais chimiques et de pesticides s'avère incontournable dans l'agriculture avec comme corollaire leur transfert résiduel dans les ressources hydriques. Aussi, la composition quantitative et qualitative de l'eau souterraine en matières dissoutes et en suspension, de nature minérale ou organique, détermine sa qualité (P. Jain, 2005). Cependant cette qualité peut être altérée lorsque des substances extérieures entrent en contact avec la nappe aquifère. Tel est le cas des substances indésirables voire toxiques qui rendent l'eau souterraine et superficielle impropre et toxique pour divers usages, notamment pour l'usage d'eau de boisson. L'utilisation intensive des ressources naturelles et l'accroissement des

activités humaines engendrent de graves problèmes sur la qualité des eaux souterraines (Foster et al., 1995). L'agriculture rejette dans la terre et dans l'eau d'irrigation des engrais, des pesticides et des déchets animaux. Dans les pays en développement, obtenir de l'eau saine pour la consommation humaine est devenu un sérieux problème du fait d'un manque de protection de l'environnement. La fourniture non permanente en eau potable par le réseau de distribution nationale a conduit les populations à recourir aux eaux souterraines et superficielles. Ainsi, la présente étude vise à caractériser les eaux superficielles et souterraines de la zone de production cotonnière de la commune d'Aplahoué (Sud Bénin) en vue d'apprécier le degré de pollution de ses dernières.

De façon spécifique, il s'agit de :

- Déterminer les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des échantillons étudiés.
- Comparer les résultats aux exigences normatives afin d'apprécier le degré de pollution des eaux étudiées.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude et échantillonnage : La Commune d'Aplahoué fait partie du département du Couffo, au Sud -Ouest du Bénin. Le chef-lieu de la Commune d'Aplahoué est situé à 148 km environ de Cotonou (la plus grande ville et capitale économique du Bénin). D'une superficie de 915 km², elle est limitée au Nord - Est par la commune de Djidja, au Sud par la commune de Djakotomey, à l'Est par la commune de Klouékanmè et la commune d'Abomey, à l'Ouest par la République

du Togo. Une série de trois campagnes d'échantillonnage d'eau est faite respectivement le 12 Août, le 20 Septembre et le 12 octobre 2015. Cette période est choisie parce qu'elle couvre le début des semis et l'application des engrais chimiques. Elle nous a permis de suivre les variations des paramètres physico-chimiques et microbiologiques. Les échantillons d'eaux prélevés sont représentés sur la figure 1.



Figure 1 : Aspect visuel des échantillons d'eau

Méthodologie : Pour la détermination des paramètres physico-chimiques, avant le prélèvement les flacons ont été rincés d'abord avec de l'eau distillée et ensuite par les échantillons à étudier. Les flacons qui ont servi à

prélever les échantillons pour les analyses microbiologiques ont été préalablement stérilisés.

Méthodes d'analyses physico-chimiques : Dans le tableau 1 sont regroupées les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques.

Tableau 1 : Récapitulatif des paramètres physico-chimiques mesurés et méthodes utilisées.

Paramètres étudiés	Appareils et méthodes
pH, conductivité, salinité, température, Solides Totaux Dissous	Mesure directe par le multimètre pH /Oxymètre WTW 340i,
Ammonium, chlorure, TA, TAC, Dureté	Méthode colorimétrique
DCO, couleur, turbidité,	Méthode spectrométrique avec le Spectromètre Spectro II-4C de marque Lovibond
MES	Méthode par filtration avec la pompe aspirante
DBO ₅	La méthode respirométrique, avec Oxitop BOX WTW ^R dans une enceinte thermostatée

Méthodes d'analyses microbiologiques : Les méthodes de détermination des différents paramètres microbiologiques sont consignées dans le tableau 2. L'analyse statistique des données obtenues a été

effectuée avec le logiciel Microsoft Office Excel 2007. La variation des paramètres étant faible pendant la période d'étude nous avons utilisé les moyennes obtenues pour la suite de l'étude.

Tableau 2 : Récapitulatif des paramètres microbiologiques mesurés et méthodes utilisées.

Nature des eaux	Les différents paramètres	Principe de la méthode	Référence de la méthode
Eaux douces	Dénombrement des microorganismes à 37°C/1mL	Ensemencement par incorporation Incubation à 37 °C Dénombrement des colonies	NF EN ISO 6222 (T 90-401)
Eaux douces	Coliformes totaux/100mL	Filtration sur membrane Incubation à 37 °C Dénombrement des colonies confirmées	NF EN ISO 9308-1 (T 90-414)

Eaux douces	<i>Escherichia coli</i> UFC/100mL	Filtration sur membrane Incubation à 37 °C Dénombrement des colonies confirmées	NF EN ISO 9308-1 (T 90-414)
Eaux douces	<i>Entérocoques</i> UFC/100mL	Filtration sur membrane Incubation à 37°C Dénombrement des colonies confirmées	NF EN ISO 7899-2 (T 90-416)
Eaux douces	<i>Spores de Clostridium Sulfito-réducteurs en anaérobiose</i> UFC/20mL	Destruction des formes végétatives Filtration sur membrane Incubation à 37 °C en anaérobiose Dénombrement des colonies caractéristiques	NF EN 26461-2 (T 90-417)
Eaux douces	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> UFC/100mL	Filtration sur membrane Incubation à 37 °C Dénombrement des colonies confirmées	NF EN ISO 16266 (T 90-419)

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les différents résultats obtenus au cours de nos travaux ont été présentés par les tableaux et des histogrammes.

Paramètres physico-chimiques

La température : La figure 2 présente la variation de la température observée au cours des trois campagnes. La température de l'eau, est un facteur qui entraîne d'importantes répercussions écologiques (Leynaud, 1968). Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes

vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes (W.H.O, 1987). Dans la zone d'étude, les températures enregistrées (figure 2) oscillent entre 27,7°C et 31,5°C. Nous avons constaté que la température varie de 27,7°C à 31,2°C pour la première campagne (C₁) et de 28°C à 31,5°C pour la deuxième campagne (C₂) puis de 28,5°C à 31,23°C pour la troisième campagne. Les températures les plus élevées ont été observées aux points P₁ et P₆, et la plus basse au point P₃. Ces différentes valeurs obtenues sont en accord avec le climat béninois

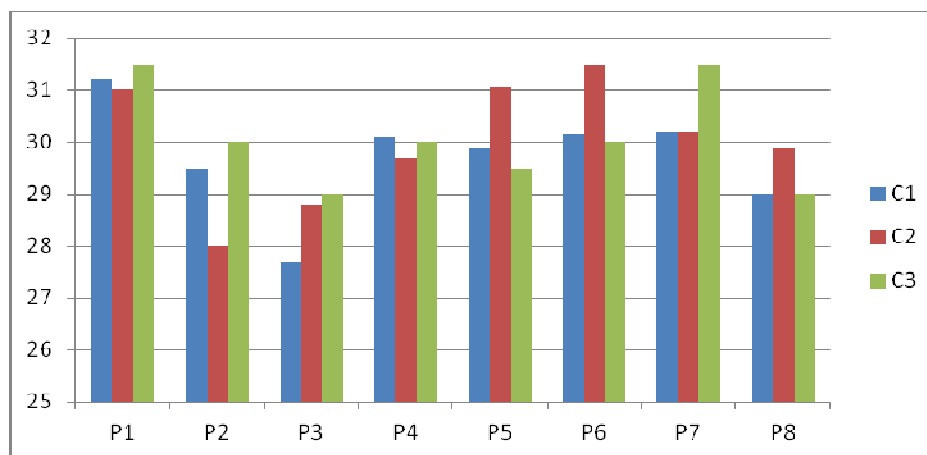


Figure 2 : variation de la température des eaux des différents points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

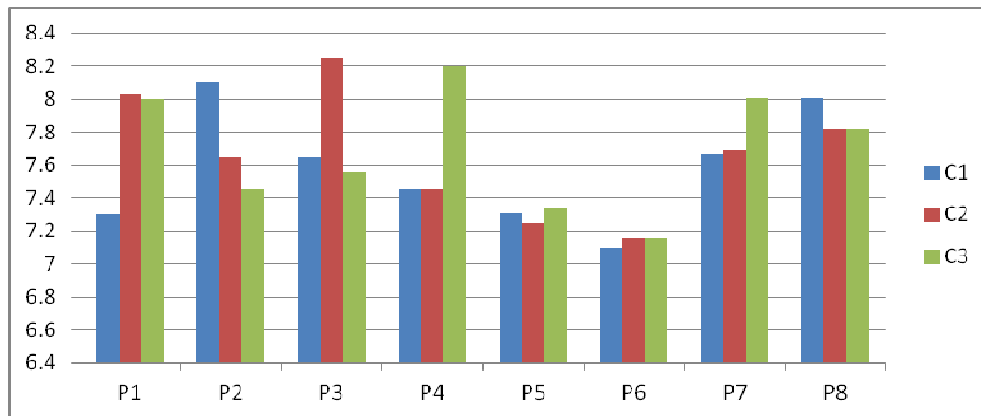


Figure 3 : variation du pH des eaux des points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

➤ **pH** : Les différentes valeurs du pH obtenues au cours des trois campagnes s'observent au niveau de la figure 3. Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H⁺ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (Ezzaouaq, 1991 ; El Blidiet et al., 2003; Himmi et al., 2003). On observe une faible variation du pH aux niveaux des différents points lors des trois (03) campagnes d'échantillonnage, avec la plus élevée au point P₃ et la plus basse au point P₆. Cette variation de pH se situe dans la gamme de pH naturel (6,5 et 8,5) en région bruxelloise caractérisant ainsi les eaux où la vie se développe de manière optimale (De Villers et al., 2005). Notons que la production cotonnière n'influe pas sur le pH.

➤ **Turbidité** : Le tableau 3 renseigne sur les différentes valeurs de la turbidité enregistrée au cours des trois campagnes. La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). D'après les résultats du tableau 3, les valeurs les plus élevées de la turbidité ont été obtenues lors de la première campagne (C₁) avec une diminution progressive lors des deux dernières campagnes. Ces résultats pourront s'expliquer par les activités champêtres et la tombée des premières pluies (effet de dilution). La valeur minimale obtenue pour la turbidité (75 NTU) dépasse considérablement la norme Québécoise pour les eaux de boisson (5 NTU). Les eaux de la zone de production cotonnière étudiées montrent donc une pollution visible.

Tableau 3: Variation de la turbidité des échantillons d'eaux prélevés au cours des trois campagnes.

	C ₁	C ₂	C ₃	Valeurs moyennes
P ₁	305	171	99	191,67
P ₂	320	181	110	203,67
P ₃	296	113	85	164,67
P ₄	251	152	95	166
P ₅	298	112	75	161,67
P ₆	275	126	101	167,33
P ₇	275	156	78	169,67
P ₈	296	196	196	229,33

➤ **Couleur** : De l'analyse des résultats du tableau 4 nous remarquons une élévation des valeurs de la couleur à la première campagne et une diminution progressive au cours des deux dernières campagnes ce qui pourrait s'expliquer par les activités champêtres ayant pour conséquence le transfert des débris dans

les cours d'eaux et la tombée des premières pluies. La valeur minimale obtenue pour la couleur (298PtCo) montre une pollution visible des eaux étudiées dans la zone de production cotonnière. Le tableau 4 présente les valeurs obtenues lors de la détermination de la couleur au cours des trois campagnes.

Tableau 4 : Variation de la Couleur des échantillons d'eaux prélevés au cours des trois campagnes.

	C ₁	C ₂	C ₃	Valeur moyenne
P ₁	2798	860	450	1369,33
P ₂	2567	900	398	1288,33
P ₃	1956	680	666	1100,67
P ₄	2500	718	518	1245,33
P ₅	2666	730	525	1307
P ₆	1110	990	600	900
P ₇	2870	1110	298	1426
P ₈	2896	810	621	1442,33

➤ **Conductivité électrique** : La figure 4 présente les différentes valeurs de la conductivité observée au cours de l'échantillonnage. La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique. Les valeurs moyennes enregistrées, montrent des variations importantes qui fluctuent entre 110µs/cm à 846µs/cm. La conductivité la plus élevée est obtenue

au point P₃ lors de la première campagne (C₁) et la plus basse au point P₈ lors de la troisième campagne (C₃). Notons que 37,5% des échantillons ont une conductivité électrique supérieure à la valeur normée de l'OMS qui est de 300 µS/cm pour les eaux souterraines (L. Matini et al., 2009). L'explication de cette diminution observée en C₂ et C₃ réside dans la dilution des eaux par l'apport des eaux pluviales.

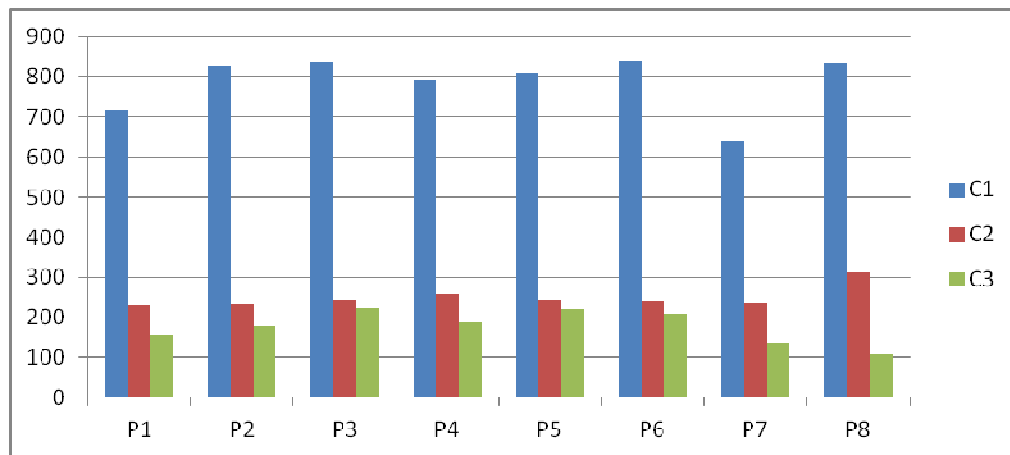


Figure 4 : variation de la conductivité électrique des eaux des différents points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

➤ **Salinité** : La figure 5 nous renseigne sur les différentes valeurs de la salinité. Nous remarquons une très faible variation de la salinité (0,01mg/l à 1mg/l)

pour tous les échantillons. Nous pouvons dire que les différents produits chimiques utilisés dans la production cotonnière n'augmentent pas la salinité des eaux.

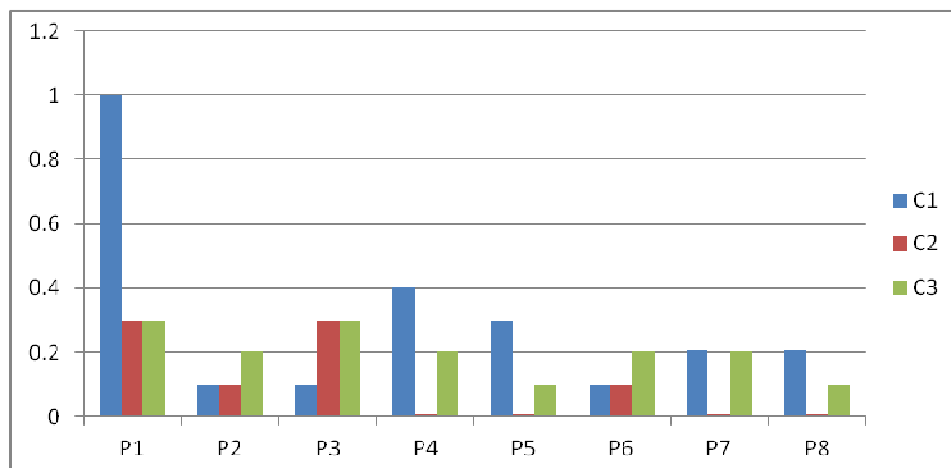


Figure 5 : variation de la salinité des eaux des différents points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

➤ **Les solides Totaux Dissous (STD) :** Les différentes valeurs des solides totaux dissous s'observent au niveau de la figure 6. TDS signifie solides totaux dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le STD est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Ces minéraux peuvent provenir aussi bien de source naturelle que d'activités humaines. Les eaux de ruissellement agricole et urbaines peuvent

provoquer un surplus de minéraux dans les cours d'eaux (FEPS, 2010). Les valeurs élevées de la STD sont obtenues à la première campagne (421mg/l à 660mg/l) et les valeurs faibles à la troisième campagne (78mg/l à 312mg/l). Ces valeurs obtenues sont, probablement, le fait de fertilisants utilisés dans la zone de production et qui sont ruisselés vers les cours d'eaux.

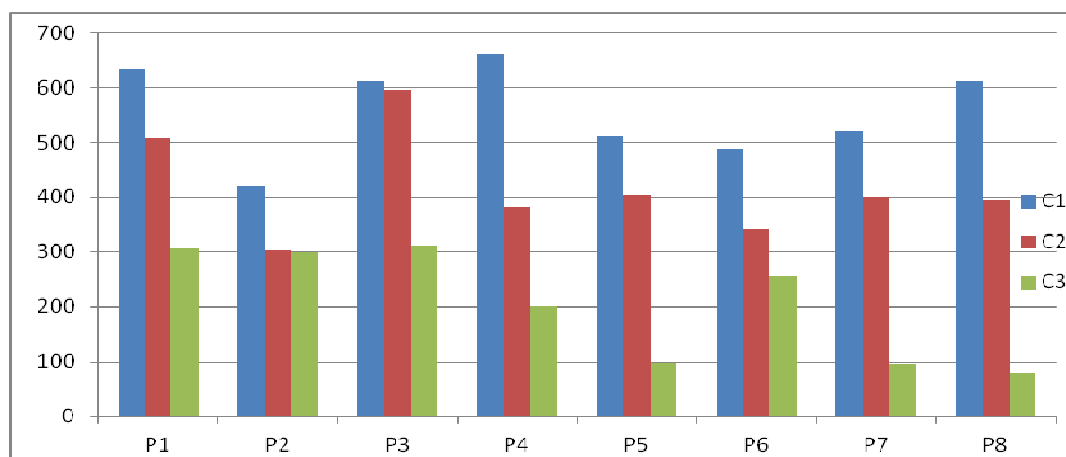


Figure 6 : variation des solides Totaux Dissous (STD) des eaux des différents points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

➤ **La dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH) :** La figure 7 présente la variation de la dureté des échantillons d'eau étudiée au cours des trois campagnes. Nous avons constaté que les valeurs les plus élevées de la dureté de l'eau sont obtenues seulement au cours de la première campagne (163mg/l

à 266mg/l). Ces valeurs élevées de la dureté des eaux pourraient être dues à la présence d'ions apportés par les produits chimiques tels que la chaux dont les cultivateurs font usage, et de l'engrais NPK, de même que l'urée. Notons qu'il existe également ces ions à l'état naturel dans les minéraux.

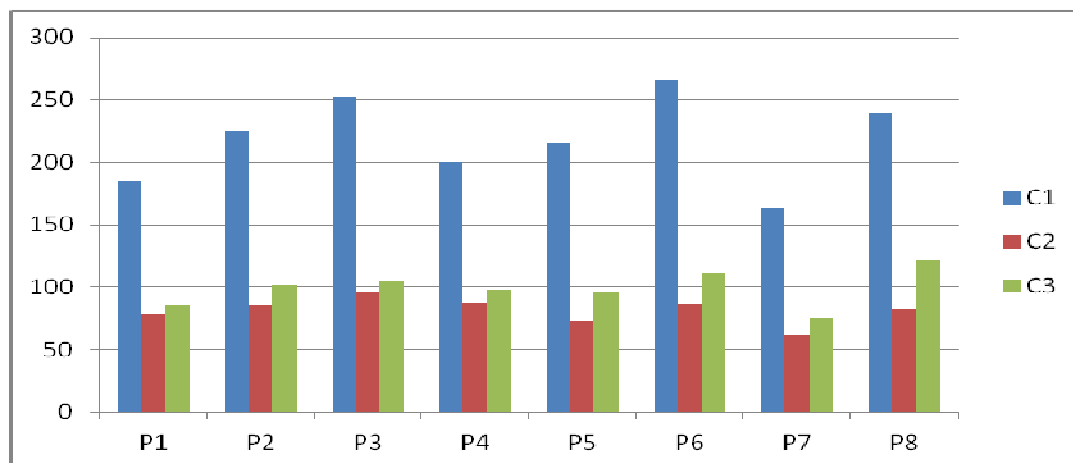


Figure 7 : Variation de la dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH) des eaux des différents points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

➤ **Titre Alcalimétrique et Titre Alcalimétrique Complet (TA, TAC) :** Le tableau 5 présente les différentes valeurs obtenues pour le TAC lors des trois campagnes. Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur en alcalis libres (OH^-) et en carbonates (CO_3^{2-}). Le TA est nul pour toutes les eaux étudiées ce qui

confirme le résultat de HAKMI Abdellatif (2006) qui stipule que le TA est nul lorsque le pH est inférieur à 8,3. Les différentes valeurs obtenues pour le TAC lors des différentes campagnes indiquent une présence en quantité importante de la somme des bicarbonates et des carbonates dans les eaux.

Tableau 5: Variation des TAC des échantillons d'eaux prélevés au cours des trois campagnes.

	C ₁	C ₂	C ₃	Valeur moyenne
P ₁	212	222	306	246,67
P ₂	148	138	129	138,33
P ₃	400	400	210	336,67
P ₄	213	112	167	164
P ₅	56	62	76	64,67
P ₆	167	145	115	142,33
P ₇	67	41	54	54
P ₈	56	60	56	57,33

➤ **Les Matières En Suspensions (MES) :** Les différentes valeurs observées pour les matières en suspension au cours de nos analyses sont présentées sur la figure 8. Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (Rodier, 1984). Les teneurs élevées en matières en suspension sont

considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (Hébert et Légare, 2000). Notons que les valeurs les plus élevées (180mg/l à 250mg/l) pour les matières en suspensions ont été obtenues lors de la première campagne (C₁) et les valeurs faibles (45mg/l à 175mg/l) au cours des deux dernières campagnes, ce qui pourrait s'expliquer par l'arrivée des premières pluies (effet de dilution).

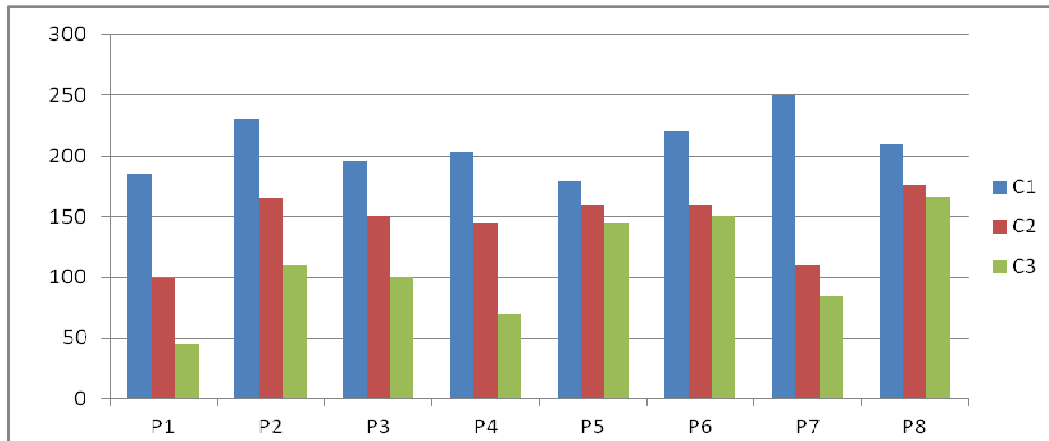


Figure 8 : variation des matières en suspension des eaux des différents points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

➤ **L'ion chlorure Cl⁻**: Les différentes valeurs de ions chlorures dosés sont regroupées sur la figure 9. Les chlorures sont des anions inorganiques contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent perçus comme un

indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. De nos travaux de recherche il ressort que toutes les valeurs obtenues pour l'ion chlorure sont inférieures à la norme de l'OMS qui est de 250mg/l pour une eau de boisson.

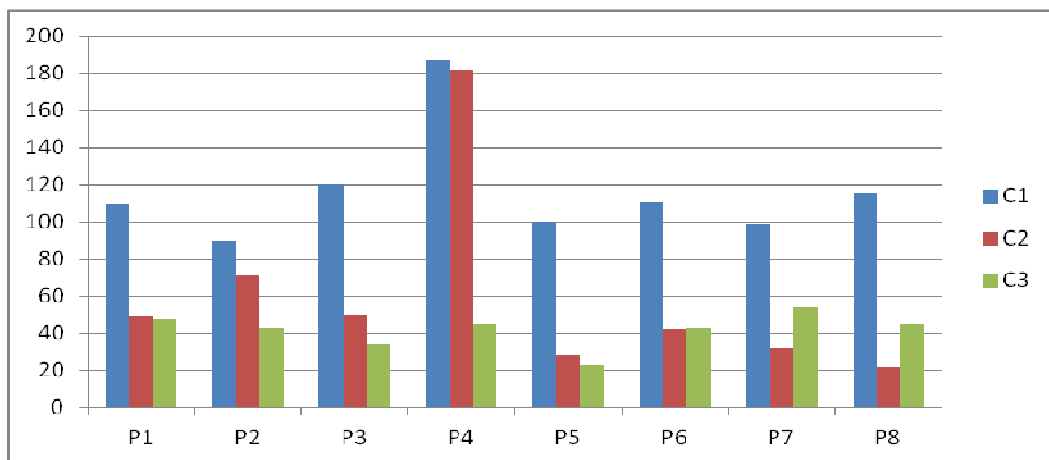


Figure 9 : variation de l'ion chlorure Cl⁻ des eaux des différents points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

➤ **L'ion ammonium NH₄⁺**: La figure 10 représente la variation de l'ion ammonium des eaux des points échantillonnés au cours des trois campagnes. Les valeurs de l'ammonium sont plus accentuées à la deuxième campagne qu'à la première campagne. Pour la première campagne la concentration de l'ion ammonium varie de 0,06mg/l à 0,18mg/l, ce qui correspond aux faibles concentrations

que nous avons enregistrées au cours des trois campagnes. Notons que ces valeurs sont supérieures à la norme de l'OMS qui est de 0,05mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine. Cette différence observée pourrait s'expliquer par l'application des fertilisants (engrais NPK et l'urée) à base d'azote qui sont drainés par les ruissellements vers les cours d'eau.

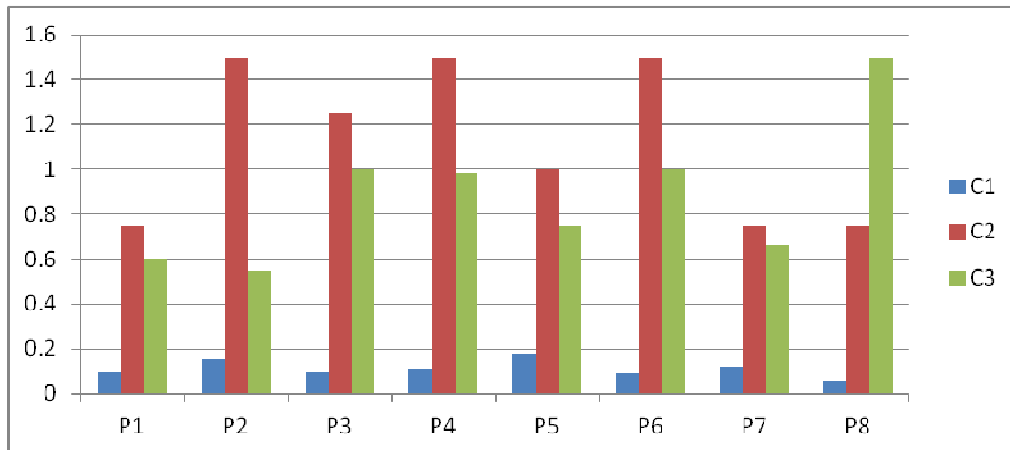


Figure 10 : variation de l'ion ammonium NH_4^+ des eaux des différents points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

➤ **La Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) :**

Les valeurs obtenues pour la demande biochimique en oxygène (DBO₅) au cours de nos analyses sont présentées sur la figure 11. La demande biochimique en oxygène varie de 8mg/l à 35 mg/l avec une décroissance de la première campagne à la troisième campagne. Ces valeurs obtenues à la première campagne pourraient s'expliquer par la forte concentration de la charge organique dans les eaux.

Cette mesure de la DBO₅ montre que 66,67% des échantillons ont une valeur supérieure à 10 mg/l. Il faut noter que selon les travaux de Beaux en 1998, les plans d'eau dont les teneurs en DBO₅ sont supérieures à 10 mg/L sont qualifiés de médiocres. Ainsi une grande partie de nos échantillons est d'une qualité médiocre. Cette mauvaise qualité des eaux est due à l'utilisation des fertilisants dans la zone de production cotonnière.

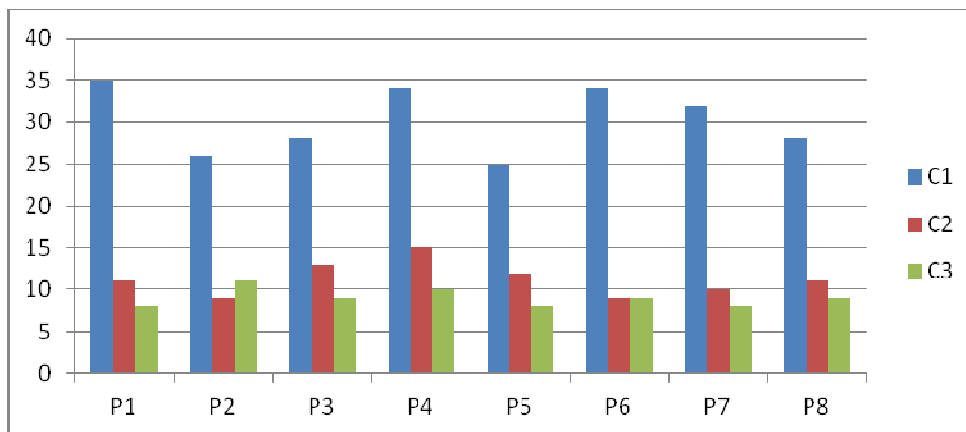


Figure 1 : Variation de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) des eaux des différents points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

➤ **La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

Les différentes valeurs de la demande chimique en oxygène s'observent sur la figure 12. La mesure de la DCO montre que 41,66% des échantillons ont une valeur supérieure à 80mg/l. Selon les travaux de Beaux en 1998, les plans d'eau dont les teneurs en DCO sont supérieures à 80 mg/L sont pollués. Les résultats obtenus de la DCO montrent une variation de 56mg/l

au point P₇ au cours de la C₃ à 134mg/l au point P₈ au cours de la C₁. Les valeurs élevées de DCO obtenues sont dues aux rejets des eaux domestiques qui sont drainées par ruissellement jusqu'aux cours d'eaux, et l'utilisation des fertilisants dans les champs de culture, de même qu'à l'inexistence des latrines dans la zone d'étude.

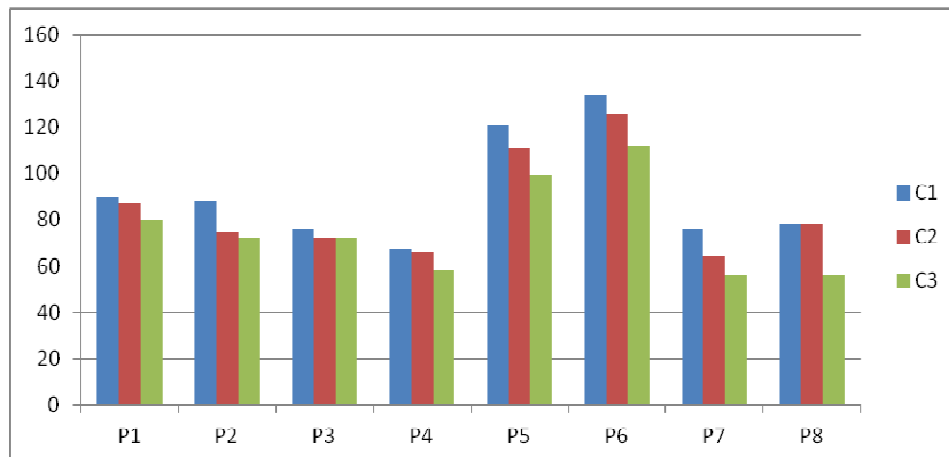


Figure 2 : variation de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) des eaux des différents points échantillonnés (P) au cours des trois campagnes (C).

Tableau 6 : Paramètres microbiologiques

	Flore totale germes/mL	Coliformes Totaux	E.coli	Entérocoques UFC/100mL	Sulfito-Réducteurs en anaérobiose UFC/20mL	Pseudomonas Aeruginosa UFC/ 100 mL	Appréciation
P ₁	500	>1500	>1500	20	50	>1500	Eau de qualité hygiénique non satisfaisante
P ₂	>300.000	>1500	>1500	590	Trop nombreux pour être compté (TNPC)	150	Eau de qualité hygiénique non satisfaisante
P ₃	200.000	>1500	>1500	540	560	>1500	Eau de qualité hygiénique non satisfaisante
P ₄	1.900.000	>1500	>1500	270	690	>1500	Eau de qualité hygiénique non satisfaisante
P ₅	250.000	>1500	>1500	450	700	>1500	Eau de qualité hygiénique non satisfaisante
P ₆	180.000	>1500	>1500	320	660	>1500	Eau de qualité hygiénique non satisfaisante
P ₇	300.000	>1500	>1500	350	540	>1500	Eau de qualité hygiénique non satisfaisante
P ₈	450.000	>1500	>1500	430	530	>1500	Eau de qualité hygiénique non satisfaisante

Paramètres microbiologiques : Le tableau 6 présente les différentes valeurs obtenues lors de la détermination des paramètres microbiologiques. De l'analyse des résultats, il ressort une mauvaise qualité hygiénique des eaux de la zone de production

cotonnière. Cette mauvaise qualité serait due généralement à la présence des fèces des humains et des animaux qui sont souvent utilisés aussi comme fertilisants, dans la zone d'étude, et qui sont entraînés par ruissellement vers les cours d'eau. La présence de

E. coli, des entérocoques et des spores de *Clostridium sulfito-réducteurs* dans les échantillons d'eau analysés indique leur fécalité et par conséquent sont impropres à la consommation. Ces échantillons d'eau sont

contaminés par cette nombreuse flore issue des fertilisants naturels (fèces humains et animaux) par ruissellement et infiltration des cours d'eau.

CONCLUSION

L'analyse des eaux de la zone de production cotonnière d'Aplahoué a ainsi montré une pollution effective des ressources en eaux par les engrais. Cependant, l'ampleur de cette pollution diffère en fonction de la période d'étude. En effet les valeurs des conductivités électriques les plus significatives ont été observées à la première campagne, alors, il faut noter que les échantillons de la première campagne ont une forte capacité de conduire le courant électrique. S'agissant aussi des paramètres tels que le TH, la MES, la turbidité et la couleur, nous enregistrons pour

ces derniers des valeurs plus significatives à la première campagne. En ce qui concerne l'ion ammonium les valeurs enregistrées à la première campagne sont plus faibles que celles des deux dernières campagnes. Les différentes valeurs obtenues la DBO₅ et la DCO sont respectivement comprises entre (8mg/l à 35mg/l) et (56mg/l à 134mg/l). Au vu des différentes valeurs obtenues pour les différents paramètres étudiés nous notons une forte pollution des eaux étudiées due probablement à une pratique agricole à proximité des eaux étudiées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A. Dedjiho. 2014, Étude diagnostique de la pollution chimique des plans d'eau du complexe lagunaire du sud-ouest du Bénin : cas du lac aheme-gbezoume. Thèse de doctorat université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, 122 P
- Beaux J.-F., 1998. L'environnement, Repères pratiques, Nathan, 160 P.
- Centre du Commerce International : coton et changement climatique : impacts et options de réduction et d'adaptation
- Chouti W. K., 2011, Étude de la pollution chimique d'une lagune tropicale (eaux, sédiments, poissons) : Cas de la lagune de Porto-Novo (sud Bénin) Thèse de doctorat à l'Université d'Abomey-Calavi au Bénin, 100 p.
- Commission des Communautés Européennes. 2002, Vers une stratégie thématique concernant l'utilisation durable des pesticides.
- Dab, 1990 ; Fritsch de Saint Blancat, 1985, Traité d'irrigation, Revue HTE N°138, 17 P Étude de la pollution des eaux par les intrants agricoles : cas de cinq zones d'agriculture intensive du Burkina Faso
- Ezzaouaq M. 1991, Caractérisation hydrodynamique, physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles de l'estuaire du Bouregreg (Maroc) soumis aux rejets des villes de Rabat-Salé. Thèse D.E.S. Fac. Sci. Rabat, 140 p.
- FEPS (Fondation de l'Eau Potable Sûre), 2010.
- Gaujous D., 1995, La pollution des milieux aquatiques (Aide-mémoire), revue et augmentée. Paris, 74 P.
- Genève, 2011, ITC, Coton et changement climatique : Impacts et options de réduction et d'adaptation.xii, 36 p. (Document technique).
- Hebert S., Legre S., 2000, Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.
- Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement : Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface.
- Larguier 1994. Traité d'irrigation.
- L. Matini, 2009 : Évaluation hydro-chimique des eaux souterraines en milieu urbain au Sud-ouest de Brazzaville, Congo, Afrique SCIENCE 05(1) 82 – 98 P
- Leynaud G. 1968, Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881 P.
- MDR : Rapports annuels de campagne agricole du centre de documentation de 1992-2000.
- OFEV (Office fédéral de l'environnement, Confédération suisse), 2009.
- P. Jain, J.D. Sharma, D. Sohu, P. Sharma, 2005, «Chemical analysis of drinking water of villages of Sanganer Tehsil, Jaipur District». Int. J. Environ. Sci. Tech., Vol. 2, N°4, 373-379 P

- Rajmohan N., Elango L. 2005, Nutrient chemistry of groundwater in an intensively irrigated region of southern India. *Environmental Geology*, Vol. 47, N° 6, avril 2005, pp. 820-830.
- Rodier J., 1984, *Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. 7ème édition, Dunot, Paris.
- S. Mor, K. Ravindra, R.P. Dahiya, A. Chandra, 2006, «Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site» *Environ Monit Assess*, N° 118, 435-456 P
- S.S.D. Foster, 1995, «Groundwater for development – an overview of quality constraints». In H. Nash & G.J.H. Mc Call (Eds.), *Groundwater quality*. 17th Special Report, London United: Chapman and Hall, 1-3 P
- Ton, P. 2004, Cotton and climate change in West Africa. *Dans : Dietz, A., R. Ruben et A. Verhagen (eds.). The impact of climate change on drylands. With a focus on West Africa*, pp. 97–115. Kluwer Academic Publishers,
- W.H.O. 1987, *Global pollution and health results of related environmental monitoring* Global Environment Monitoring system, WHO, UNEP.