

**ÉTUDE DE LA COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE
DES EAUX DU BASSIN DE LA CUVETTE CONGOLAISE,
RÉPUBLIQUE DU CONGO**

**Urbain Gampio MBILOU^{1*}, Martin TCHOUMOU²
et Médard NGOUALA MABONZO³**

¹ *Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université
Marien NGOUABI, BP 69 Brazzaville, République du Congo*

² *Département de Chimie, Faculté des Sciences et Techniques, Université
Marien NGOUABI, BP 69 Brazzaville, République du Congo*

³ *Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines,
Université Marien NGOUABI, BP 69 Brazzaville, République du Congo*

* Correspondance, e-mail : muga68@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Le bassin de la cuvette est situé dans la partie centrale de la République du Congo, sur la rive droite du fleuve Congo avec une superficie de 3,5.10⁶ km². C'est la région la plus arrosée du pays, la navigation y est permanente toute l'année. Les populations riveraines tirent toutes leurs ressources sur ces rivières. D'où, la nécessité de connaître l'état physique et chimique des eaux de ce bassin car elles constituent une source vitale pour les populations. Six points de prises d'échantillon dans six (6) localités différentes ont été retenus lors de la mise en place de la méthodologie. Quatre importantes rivières ont fait l'objet de nos échantillonnages dont le fleuve Congo, collecteur principal où se jettent toutes les eaux du bassin de la cuvette. Lors des campagnes d'échantillonnage, certains éléments ont été mesurés *in situ* notamment : la conductivité électrique, le pH, la température. Les analyses physico-chimiques de ces eaux ont révélé non seulement la faible minéralisation des eaux de ce bassin, mais aussi leur saveur acide. Ceci s'explique par le fait que ce bassin se trouve dans la forêt équatoriale, les différents débris organiques qui tombent dans ces fleuves en est la cause principale. Ces résultats coïncident avec ceux des autres auteurs. L'analyse en composante principal (ACP) a montré une forte hétérogénéité chimique des eaux dans ce bassin de la cuvette. L'état physico-chimique des eaux du bassin de la cuvette n'est pas alarmante, toutefois, il est conseillé aux populations de la traiter légèrement avant toute consommation pour être à l'abri des maladies hydriques.

Mots-clés : *bassin versant, cuvette congolaise, composition physico-chimique, qualité de l'eau.*

ABSTRACT

State of the physic-chemical composition of the water of the Congo basin in the republic of congo

The basin of Congo is located in the central part of the Republic of Congo, on the right bank of Congo river with 3,5.10⁶ km² as area. It is the most sprinkled area country, the navigation is permanent there all the year. The bordering populations draw all their resources on these rivers. From where, it is necessary to know the physical and chemical status water of this basin, because they constitutes avital source for the populations. Six points of samplings in six (6) different localities were retained at the time of the installation of methodology. Four important rivers were the object of our samplings of which the Congo river, building drain where throws all water of the basin. At the time of the sampling campaigns certain elements were measured *in situ* by exemple : electric conductivity, pH and the temperature. The physicochemical analyses of this water revealed not only the weak mineralization of water of this basin, butal so their acid flavour. This is explained by the fact that this basin is forest, the various remains of the organic matter which falls into the rivers is the main cause. These results coincide with those of others authors. The analysis in component the main thing (ACP) showed as strong chemical heterogene it y of water in this basin. Physicochemical state of the water of this basin does not haveany thing to be reproached. However, it is advised with the populations to slightly treat it before any consumption to avoid the diseases of hydrous origin.

Keywords : *congolese basin, physicochemical composition, water quality, Congo.*

I - INTRODUCTION

La République du Congo - pays d'Afrique Centrale, à cheval sur l'équateur est suffisamment arrosé par son réseau hydrographique dense et des précipitations sur près de neuf mois de l'année. Le bassin de la cuvette est l'une des composantes de ses ensembles hydrogéologiques c et possède le réseau hydrographique le plus dense du pays avec comme cours d'eau principal le Fleuve Congo et ses affluents : la Sangha, la Likouala Mossaka, la Likouala aux herbes, et la Likenzé. Le bassin de la cuvette se situe entre les latitudes 9° N et 14° S ; et les longitudes 11° E et 34°E. Sa superficie est de 3,5.10⁶ km². Quarante-deux pour cent (42 %) de cette superficie sont représentés par les affleurements de roches sédimentaires meubles, très peu ou pas consolidées [1]. Les populations riveraines ne doivent leur existence qu'à ces cours d'eau. C'est pourquoi, connaître l'état de la qualité des eaux des rivières de ce bassin devrait être l'objet d'une attention particulière et d'un suivi régulier. Notre étude vient répondre à cette préoccupation.

II - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Cette étude a été réalisée dans le bassin de la cuvette dont les limites géographiques figurent sur la *Carte* ci-dessous :

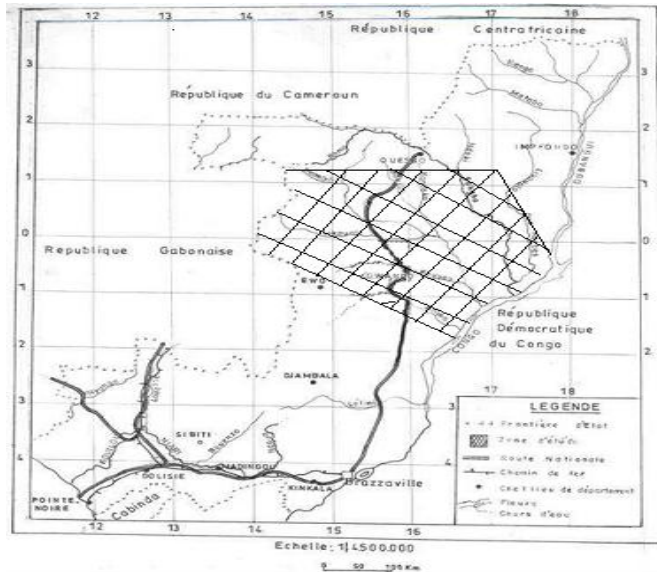


Figure 1 : Carte du Congo précisant la zone d'étude (hachurée)

Dans ce bassin, la combinaison des facteurs atmosphérique et géographique et surtout le rythme des précipitations font qu'au nord d'un arc de cercle passant par Liranga et Mbamou, règne le climat équatorial imparfait caractérisé par des précipitations relativement modestes (1 600 à 1 800 mm) et une récession plus ou moins marquée partout en Janvier, et aussi en Juillet au Nord-Ouest. Avril ou Mai et Octobre ou Novembre sont les mois les plus arrosés avec 200 à 250 mm, et Janvier et Juillet les mois les moins arrosés avec 50 à 80 mm. La saison sèche dure moins de 40 jours, de Décembre à Janvier. L'irrégularité des précipitations interannuelles est ici la plus faible (10 à 15 %). La température moyenne annuelle est voisine de 25-26°C avec une amplitude annuelle faible (1 à 2°C), des écarts diurnes un peu plus marqués (9 à 14°C). L'humidité relative de l'air est constamment élevée [2]. On trouve une basse plaine alluviale ou cuvette congolaise d'altitude inférieure à 400 m qui couvre plus des deux tiers de l'ensemble de la zone dont l'affaissement a eu lieu au quaternaire où les alluvions sableuses et argileuses se sont accumulées. Le bassin est caractérisé par l'important développement des sols ferralitiques appauvris modaux et surtout des sols ferralitiques remaniés sur roches basiques. Il existe également quelques zones de juxtaposition de sols ferralitiques et des sols hydromorphes à pseudo-gley. Les formations

géologiques ici sont des formations superficielles d'âge quaternaire avec des alluvions récentes constituées surtout des argiles blanches sableuses et les alluvions anciennes, représentées par des argiles surmontées d'un niveau conglomératique latérisé et d'argiles rouges [3]. Des formations de couvertures d'âge méso et cénozoïque qui sont d'importantes séries sédimentaires, essentiellement gréseuse et sableuses et des formations plissées d'âge précambrien, où l'on distingue le sédimentaire ancien complexe métamorphique de haute-sangha et granites associés. La stratigraphie du bassin sédimentaire du fleuve Congo se distingue de haut en bas :

- *Le Plio-Pléistocène* : il est constitué par des formations de couverture essentiellement faites de sable, de limons, d'alluvions et d'argiles sableuses. L'épaisseur de ces formations est mal connue mais elle est d'au moins de plusieurs dizaines de mètres ;
- *Le Tertiaire* : il comprend deux séries :
 - ✓ la série des plateaux Batéké constituée de formations continentales essentiellement gréseuses et sableuses. Les couches supérieures dites des limons sableux, [Néogène (Ba2)] surmontent un ensemble de grès polymorphes tendres à grains fins paléozoïques (Ba1). La puissance totale de cette série est estimée à 300 ou 400 m ; - la série des plateaux de Bambio borde au nord les alluvions de la cuvette congolaise. Il s'agit de grès silicifiés, de sables et limons sableux. L'épaisseur de cette série n'est pas connue ;
- *Le Secondaire* : il est représenté par la série du Stanley-Pool qui comprend :
 - ✓ au Jurassique supérieur, des argilites à passées gréseuses ;
 - ✓ au Crétacé moyen et inférieur, des grès compacts blancs localement indurés et des grès kaoliniques tendres à stratification entrecroisée.

Cette série n'affleure que dans le fond des vallées. Les synthèses structurales réalisées par les géologues pétroliers font état de plusieurs ensembles tectoniques distincts dans les formations du bassin du Congo.

- Au Nord-Ouest de la région, un anticlinorium d'orientation générale N20, fait affleurer les formations les plus profondes de la série Sembé-Ouessou. De part et d'autre, deux synclinaux font apparaître à l'Est et à l'Ouest les formations du Précambrien moyen. L'axe anticlinorium s'ennoie au nord et au sud, faisant disparaître au sud les niveaux anciens. Les directions tectoniques générales sont N20 à 30 [4].

De nombreuses venues doléritiques jalonnent les directions tectoniques et leur localisation préférentielle suivant les axes de flexure montre le caractère cassant de la tectonique.

- Le centre et le Sud-Ouest de la région de la cuvette occupés par la série

tertiaire des grès Batéké, ont des caractéristiques identiques aux formations de la région des plateaux. Les directions tectoniques générales appartiennent au système combien (N40) et sont bien marquées par le tracé des cours d'eau de cette région (Alima, Mpama, Ngoko, Lékéti, Vouma).

La moitié est de la région de la cuvette formerait une vaste dépression, assimilable à une zone de subsidence où l'épaisseur totale des séries sédimentaires atteindrait 6 000 m au-dessus du socle précambrien. Le bassin de la cuvette formerait une vaste dépression, assimilable à une zone de subsidence où l'épaisseur totale des séries sédimentaires atteindrait 6000 m au-dessus du socle précambrien. L'hydrogéologie de cette région a été décrite par [1]. L'étude stratigraphique laisse entrevoir a priori une succession hydrogéologique d'ensemble assez simple où les aquifères non confines (nappes libres) sont principalement constitués d'alluvions quaternaires, de sables et grès tendres des séries Batékés et de grès continentaux du Stanley Pool. Ce bassin est alimenté par la Likouala aux herbes affluent de la Sangha qui se jette dans le fleuve Congo. En amont de la localité de Mossaka, la rivière Kouyou se jette dans la Likouala-Mossaka avant de se jeter à son tour dans le fleuve Congo qui est le plus grand collecteur du bassin. La période des hautes eaux s'observe aux mois de Novembre et Avril. Les cours d'eau qui ont fait l'objet des sites d'échantillonnage sont : la Likouala aux herbes, la Sangha, la Likenzé et le fleuve Congo. Ces rivières constituent une source vitale pour les populations riveraines qui ne vivent que de la pêche et la chasse [4].

III – MATÉRIEL ET MÉTHODES

III-1. Méthode d'échantillonnage

Des campagnes d'échantillonnage ont été effectuées dans différents lieux sur des cours d'eau cités ci-dessus. Les échantillons d'eau ont été pris dans des bouteilles en PVC d'une capacité de 1,5 litres chacune. Pendant ces campagnes, certains paramètres tels que le pH, la conductivité et la température ont été mesurés in situ, d'autres par contre ont fait l'objet des analyses chimiques au laboratoire.

III-2. Matériel utilisé

Pour l'aboutissement de cette étude, deux types de matériels ont été utilisés :

- *Sur le terrain*

Pour les analyses in situ, nous avons utilisés :

- ✓ Le pH-mètre avec thermomètre;
- ✓ Le conductivimètre;
- ✓ Le GPS pour l'obtention des coordonnées géographiques des sites d'échantillonnages.

- *Au laboratoire*

Les analyses chimiques au laboratoire ont été effectuées dans les 48 heures qui suivaient à l'aide d'un Spectro Direct avec des réactifs sous forme de comprimés pour chaque élément recherché. Des accessoires tels que : le bécher, les éprouvettes, l'agitateur ont également été utilisés. [5] nous a permis de chercher certains éléments.

IV - RÉSULTATS

Le *Tableau 1* résume les résultats obtenus après les analyses physico-chimiques qui ont suivi les campagnes d'échantillonnage. La composition physico-chimique des eaux du bassin de la cuvette nous présente trois groupes de substances : physiques, toxiques et chimiques. Une substance toxique (le chrome) a été décelée dans ces eaux, et sa présence suscite plusieurs interrogations quant à son origine. Par contre, Physiquement et chimiquement, les éléments recherchés sont dans les limites de qualités de l'OMS (2006).

Tableau 1 : *Variation des éléments majeurs dans les eaux du bassin de la cuvette*

Paramètres	Normes de potabilité l'OMS, 2006	Mini	Maxi	Moyenne	Ecart Type	Variance
pH	6,5 - 8,5	5,30	7,03	6,25	0,64	0,41
CE ($\mu\text{S} / \text{cm}$)	400 à 1000	10	10	10	00	00
T ($^{\circ}\text{C}$)	25 $^{\circ}\text{C}$	25	25	25	00	00
Ca ²⁺ (mg / L)	40 à 160	1,14	2,9	1,88	0,74	0,55
Mg ²⁺ (mg / L)	50	6	27	12,2	7,63	58,2
Na ⁺ (mg / L)	20	0,010	0,013	0,012	00	00
K ⁺ (mg / L)	12	0,14	0,3	0,21	0,07	0,005
SO ₄ ²⁻ (mg / L)	250	0,02	0,06	0,04	0,17	00
Cl ⁻ (mg / L)	250	0,17	0,6	0,38	0,17	0,03
HCO ₃ ⁻ (mg / L)	500	30	55	44,6	9,16	83,87
NO ₃ ⁻ (mg / L)	50	0,1	0,28	0,18	0,07	0,005

Au regard de ce *Tableau*, nous constatons que la variation moyenne des éléments majeurs dans les eaux du bassin de la cuvette est conforme aux paramètres de qualité de l'Organisation Mondiale de la Santé (2006). Ce qui

laisse comprendre que la qualité chimique des eaux de ce bassin est appréciable nonobstant la présence du chrome dont l'origine reste à définir.

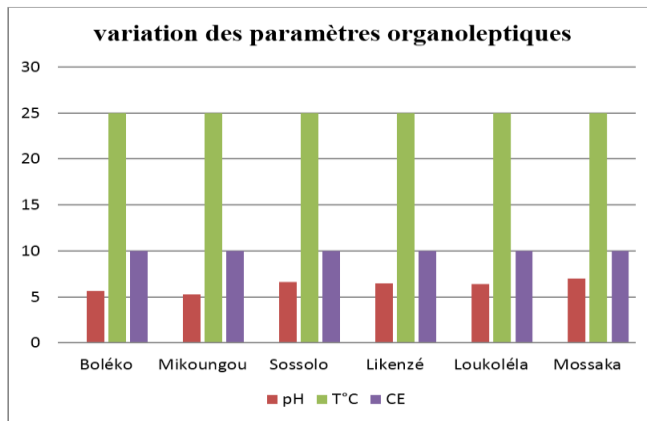


Figure 2 : Variation des paramètres organoleptiques dans les eaux du bassin de la cuvette

Les eaux du bassin de la cuvette présente des températures (25°C) et les conductivités (10 μ .S / cm) constantes, seuls leurs pH sont variables n'excédant pas la valeur de 7.

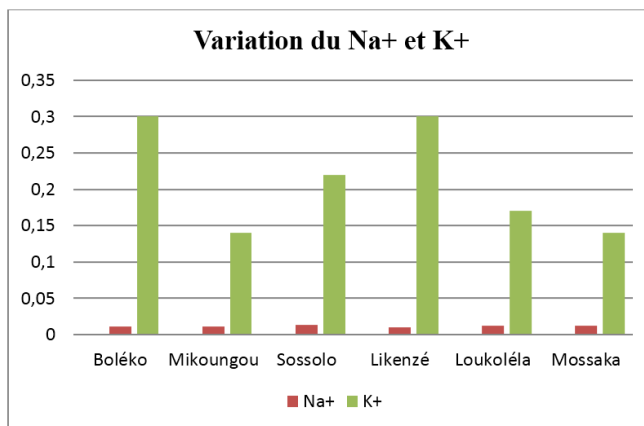


Figure 3 : variation du Na + et K + (en mg / L) dans les eaux du bassin de la cuvette

La **Figure 3** nous montre une dominance du potassium sur le sodium dans les eaux du bassin de la cuvette.

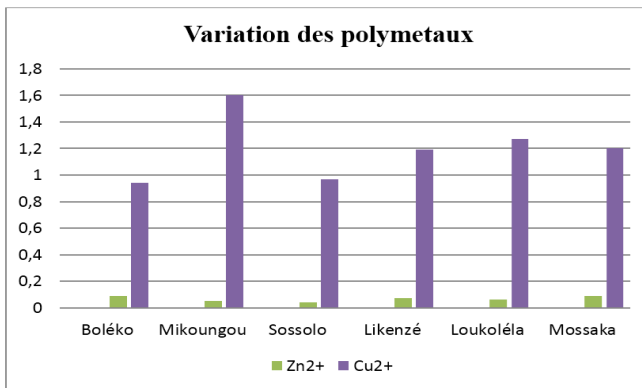


Figure 4 : Variation des polymétaux dans les eaux du bassin de la cuvette

Le cuivre présent dans les eaux du bassin de la cuvette est en proportion excédant conformément aux normes de potabilité des eaux (OMS, 2006), contrairement au zinc dont la quantité est négligeable.

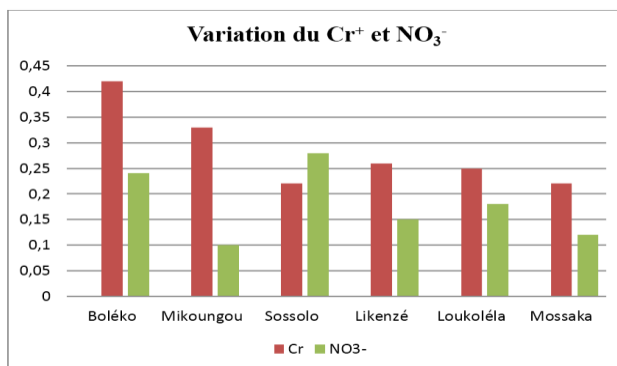


Figure 5 : Variation des NO₃⁻ et du Cr⁺ dans les eaux du bassin de la cuvette

Tous ces deux substances indésirables (NO₃⁻ et Cr⁺) sont en quantité supérieure à la normale.

IV-1. Analyse en composante principale (ACP)

L'ensemble des procédures et techniques utilisés sert à identifier et quantifier la liaison entre les différents échantillons sur plusieurs cours d'eau du bassin de la Cuvette. L'analyse statistique par composantes principales permet de déterminer les liaisons entre plusieurs variables et de mettre en évidence les associations possibles. Elle est descriptive et, l'objectif est de présenter sous forme graphique, le maximum d'informations obtenues. Ce graphique, en lignes par des « individus graphique » sur lesquels sont mesurées des « variables quantitatives » (teneurs en Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻ et NO₃⁻), sont disposés en colonnes.

Le but recherché est de déterminer la structure des variables (familles) ainsi que leurs répartitions.

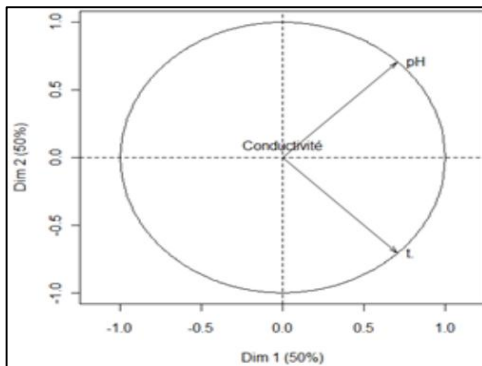


Figure 6a

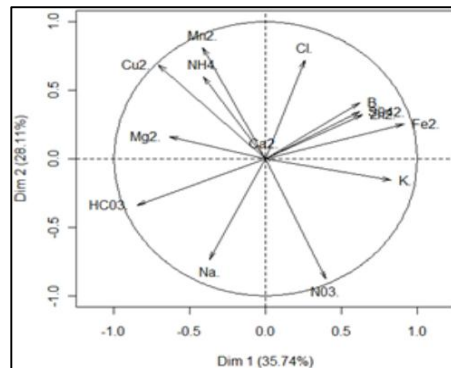


Figure 6b

Figure 6 (a et b) : Analyse en composantes principales des eaux du bassin de la cuvette (espace des variables)

L'observation du cercle formé par les deux axes F1F2 (**Figure 6a**) avec 63,85 % de l'information, montre selon l'axe F1 (28,11 %) l'opposition entre les indicateurs de long temps de séjour à savoir le magnésium, le sodium et le potassium aux eaux récentes c'est à dire le nitrate et le calcium. L'axe F2 (**Figure 6a**) avec 35,74 %, met en évidence une opposition entre les le magnésium et les nitrates ceci indique que ces deux éléments ont une même origine, ils proviendraient soient des eaux bicarbonatées ou non. L'observation de la **Figure 6b** que sa soit l'axe F1 ou F2 avec chacun 50 % de l'information, montre une évolution croissante des indicateurs de minéralisation plus particulièrement le pH.

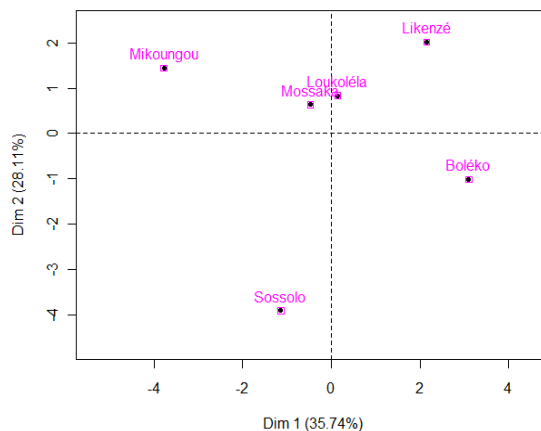


Figure 7 : Projection des points d'échantillonnage des eaux sur le plan 1,2

Dans l'espace des individus (**Figure 7**) les eaux sont éparpillées, montrant une forte hétérogénéité chimique des eaux dans ce bassin de la cuvette. Loukoléla et Mossaka se trouvent groupé parce que leurs eaux proviennent d'une même origine à savoir le fleuve Congo. Cette projection montre en outre la présence d'une organisation géographique entre les eaux chimiquement différentes et géographiquement éloignées.

V - DISCUSSION

Notre attention a été portée sur les éléments organoleptiques et les ions majeurs qui ont une influence sur la potabilité de l'eau et dont la moindre déclinaison est remarquable se faisant ainsi sentir sur la santé des consommateurs. Conformément à [6, 7], nous constatons que :

V-1. pH

Le pH traduit la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. La neutralité étant 7. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Il varie de 5,30 à 7,03 c'est à dire en majorité acide pour toutes les eaux de ce bassin de la cuvette. C'est l'expression de la présence d'acides minéraux ou organiques dans ces eaux. Le pH est pour la plupart des eaux des rivières du bassin de la cuvette conforme aux normes de l'OMS à l'exception des eaux de la Likouala aux herbes.

V-2. Température

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, et peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur de l'eau. Par ailleurs, la température joue un rôle important dans la solubilité des sels dissous et agit sur la vitesse des réactions chimiques susceptibles d'avoir lieu entre les différentes espèces présentes dans l'eau. Elle est de 25°C pour toutes les eaux des rivières du bassin de la cuvette ; cette valeur cadre avec les exigences de l'OMS concernant la température des eaux de boisson.

V-3. Conductivité

La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle est fonction de la température de l'eau et est mesuré à 20°C. La conductivité est également l'un des moyens de valider les analyses physico-chimiques de l'eau. Dans tout le bassin de la cuvette la valeur de ce paramètre est de 10 $\mu\text{S} / \text{cm}$, inférieure à la valeur minimum exigée par l'OMS.

Il existe une relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau. Ainsi, pour notre eau possédant une conductivité électrique inférieure à 100 $\mu\text{S} / \text{cm}$ ceci témoigne la faible minéralisation des eaux du bassin de la cuvette [8]. Cette valeur de la conductivité (10 $\mu\text{S} / \text{cm}$) nous renseigne également sur la mauvaise qualité de l'eau qui ne devrait pas en principe être utilisé par les populations comme l'eau de boisson car selon les normes de l'OMS la conductivité électrique pour l'eau de boisson devra être comprise entre 180 et 400 $\mu\text{S} / \text{cm}$.

V-4. Ions majeurs

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, et les anions : chlorure, sulfate, nitrate et bicarbonate.

V-5. Dureté

La dureté de l'eau a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium. On considère généralement qu'une eau ayant une teneur inférieure à 75 mg / L de CaCO_3 ou à 30 mg / L de Ca est une eau douce et qu'au-dessus de ces valeurs, elle est considérée comme une eau dure. Dans le bassin de la cuvette nous constatons que les eaux de toutes ses rivières ont une teneur inférieure à 75 mg / L de CaCO_3 concernant l'alcalimétrie et inférieure à 30 mg / L de Ca.

V-6. Eléments dissous et toxiques

Une quantité non négligeable de chrome a été révélée dans les eaux de ce bassin de la cuvette. Cette valeur est largement supérieure à la valeur limite de 0,05 mg / L conformément aux normes de potabilité de l'Organisation Mondiale de la Santé. Le chrome fait partie des éléments toxiques qui ne devront pas exister dans une eau de boisson à l'instar du Plomb et du mercure. En ce qui concerne les éléments dissous à savoir les métaux lourds (Fer, Cuivre, Zinc et autres), sauf le cuivre dans la Likouala aux herbes qui est légèrement en excès (la valeur limite est de 1,5 mg / L tandis qu'ici elle est de 1,6 mg / L), tous les autres éléments sont en deçà de la valeur seuil [9].

VI - CONCLUSION

Au regard de ce qui précède, nous pouvons constater que les eaux du Bassin de la Cuvette sont faiblement minéralisées, avec des températures acceptables et des pH acides. Situé dans la forêt équatoriale, l'abondance des substances organiques (animales et végétales) transportées par les rivières de ce bassin de

la cuvette peut expliquer cette faible minéralisation ainsi que ces pH acides. Ceci coïncide avec les travaux de [10]. Ce sont des eaux douces dont l'équilibre ionique confirme le caractère non potable [11]. L'utilisation de ces eaux pour la boisson nécessite d'abord un léger traitement à la chaux éteinte pour la normalisation du pH et au chlore ou à l'eau de javel pour l'élimination des bactéries qui sont des agents pathogènes des maladies hydriques.

REMERCIEMENTS

Les Auteurs remercient sincèrement les Départements de Géologie et de Chimie de la Faculté des Sciences et Techniques, ainsi que le Laboratoire de Géographie Physique de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de l'Université Marien NGOUABI de Brazzaville pour leur aide multiforme.

RÉFÉRENCES

- [1] - N. MOUKOLO, Etat de connaissances actuelles sur l'hydrogéologie du Congo Brazzaville. ORSTOM.V, Hydrogéologie, N°1-2, (1992) 47 - 58.
- [2] - M. J. SAMBA KIMBATA, Aperçu sur le climat du Congo. In : *Hydrogéologie du Congo*.Doc. BRGM 210, BRGM Orléans France, (1992) 15 - 25.
- [3] - J. P. THIEBAUX, Hydrogéologie du bassin de la Likouala Mossaka. ORSTOM, (1987).
- [4] - P. DADET, *Notice explicative de la carte géologique de la république du Congo-Brazzaville au 1 / 500 000*.Orleans : BRGM, carte N° 70 Congo Brazzaville, (1969) 103 p.
- [5] - Méthodes officielles d'analyse physico-chimiques et microbiologiques Ministère Algérienne du Commerce, (Janvier 2016) 246 p.
- [6] - MEMOTEC, Les analyses physico-chimiques d'une eau. Révision A du 1^{er} Janvier 2006 France, N°32, (2006).
- [7] - Qualité physico-chimique des eaux de surface. Bruxelles environnement, (Février 2016).
- [8] - US Salinity Laboratory, (1955).
- [9] - J. J. FRIED et al. , Aspects méthodologiques d'une étude de pollution de nappe d'eau souterraine. *Groundwater Pollution - Symposium - Pollution des Eaux Souterraines* (Proceedings of the Moscow Symposium, August 1971; Actes du Colloque de Moscou, Août 1971) : IAHS-AISH Publ, No 103, (1975).
- [10] - N. MOUKOLO et al., Hydrogéologie du bassin du fleuve Congo, approches des échanges hydriques surface / souterrain en milieu continu. Science et changements planétaires / Sécheresse, Vol. 14, N°1, (2003) 29 - 36.
- [11] - L'impact des substances toxiques pour la santé : www.lesencyclopedies.com/universalis.html, Consulté le (25 Janvier 2015).