

PARAMÈTRES PHYSICO - CHIMIQUES DES EAUX DE BOISSON DE CÔTE D'IVOIRE. RAPPORT AVEC LES UNITÉS GÉOLOGIQUES

^aA. TROKOUREY *, ^bE.H. Sawaliho BAMBA , ^cK. Pascal GUEU ,
^aY. Alexandre BOKRA

*Faculté des Sciences et Techniques , Université de Côte d'Ivoire , 22 B.P. 582
ABIDJAN 22*

^aLaboratoire de Chimie Physique

^bLaboratoire de Chimie Organique Structurale

*^cLaboratoire de Physique Moléculaire, Service d'Electro - Optique Moléculaire
(Reçu le 12 juillet 1995 - Révisé le 22 février 1996)*

Summary: Few physico-chemical parameters of some drinking waters in Côte d'Ivoire have been determined. Comparison to international standards allow to draw samples proportions presenting normal contents of mineral elements in these ones. In addition, a correlation between physico-chemical parameters and the geological origin of waters has been tried.

Key words : Drinking water , standards contents ; geological origin , physico-chemical parameters of waters .

INTRODUCTION

L'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux de la Côte d'Ivoire a été depuis un moment au centre des préoccupations de notre groupe de recherche. Particulièrement, la potentiométrie à électrodes spécifiques nous a permis de déterminer dans quelques eaux de boisson les teneurs des halogénures[1]. La présente étude porte sur la quasi-totalité des eaux de boisson de la Côte d'Ivoire et vise la caractérisation physico-chimique des eaux destinées à la consommation humaine. Pour ce faire, nous avons déterminé les paramètres physiques et les teneurs de quatorze ions dans ces eaux. Par ailleurs, nous tentons d'établir un rapport entre l'origine géologique des échantillons et leurs paramètres physico-chimiques.

I- CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

Les eaux analysées ont été prélevées sur l'ensemble du territoire ivoirien à partir des robinets de la société de distribution des eaux de Côte d'Ivoire (SODECI) dans les différentes villes. Les eaux naturelles dont elles sont issues proviennent quasiment des roches qui peuvent être regroupées au sein de familles appelées unités géologiques.

De façon générale, le territoire ivoirien est constitué de formations géologiques précambriennes comprenant notamment les granitoïdes "G" (au centre et au nord), les métamorphites "M" (à l'est), le domaine libérien "D.L." (à l'ouest) et le bassin sédimentaire côtier "S.C." (au sud).

L'échantillonnage des eaux a été fait dans des flacons en polyéthylène prévus pour usage alimentaire et préalablement rincés avec de l'eau distillée. Ces flacons conviennent pour le stockage des échantillons liquides[2]. Par la suite, les eaux échantillonnées ont été conservées dans un congélateur.

Pour chaque prélèvement, le flacon à utiliser est rincé au moins trois fois avec l'échantillon, rempli entièrement puis marqué à l'encre indélébile du nom de la localité et d'un numéro.

Il a été prélevé un échantillon par point d'eau et pour tous les échantillons, les mesures ont été effectuées au laboratoire à la température de $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.

a) Détermination des paramètres physiques

Les valeurs de conductivité ont été mesurées au moyen du conductimètre de modèle HACH, de type DR/3, dans un bain-marie à $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.

Cet appareillage permet d'obtenir une précision de 7% sur la valeur affichée. Quant au pH, les valeurs ont été mesurées à l'aide d'un pH-mètre de marque TACUSSEL à affichage digital.

b) Détermination des teneurs des ions

Différentes techniques d'analyse chimique ont été utilisées

1- Potentiométrie à électrodes spécifiques

Le dispositif expérimental est composé d'un analyseur ORION modèle 701A digital pH/mV à affichage numérique, d'électrodes sélectives et d'électrodes de référence.

Les facteurs d'interférence et de force ionique ont été maîtrisés en respectant pour chaque ion analysé, l'électrolyte à ajouter à l'échantillon et la zone de pH de mesure.

Les mesures ont été effectuées dans un bain-marie à $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.

Les électrodes sélectives de Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , F^- ont été utilisées dans le cadre de cette technique pour déterminer les teneurs des ions correspondants et ce, au moyen de trois méthodes appliquées systématiquement dans le but de recouper les valeurs obtenues. Ce sont :

- la méthode directe dite d'étalonnage ;
- la méthode des ajouts ;
- la méthode des petits accroissements .

2- Spectrophotométrie

Le dispositif expérimental comprend essentiellement le spectrophotomètre type DR/2000 modèle HACH. Il est à affichage numérique et mesure les valeurs de concentrations dans le domaine du visible.

Les concentrations en Mg^{2+} , NH_4^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{2-} et la dureté totale (en mg/L de CaCO_3).

3- Complexométrie

Elle a permis de confirmer les teneurs de Ca^{2+} , Mg^{2+} et la dureté totale.

Dans le tableau n° 1 (pages 10 et 11) sont présentées les valeurs moyennes des teneurs des ions détectés par les différentes techniques d'analyse. La précision moyenne est de l'ordre de 5%.

II- INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

L'analyse des eaux de consommation prélevées sur toute l'étendue du territoire ivoirien présente deux types de paramètres : les paramètres physiques d'une part et les caractéristiques chimiques d'autre part .

a) Paramètres physiques

Température

Les valeurs de la température sont celles du laboratoire; les mesures n'ayant pas pu être faites in situ. Néanmoins, la valeur moyenne qui est de 25°C ne présenterait aucun inconvénient pour les populations . En effet, les températures suffisamment supérieures à 25°C favorisent la croissance de micro-organismes qui sont responsables des facteurs de goût, d'odeur et de couleur des eaux[7] . Les normes de la Communauté Économique Européenne[6] et de l'Organisation Mondiale de la santé [5](25°C) et l'absence d'odeur, de goût particulier et de couleur atteste de la relative bonne qualité des eaux analysées .

pH

Le pH des eaux varient entre 6,53 (E. n°168 prélevé à ANYAMA) et 7,70 (échantillon n°125 prélevé à FRESCO) . En référence aux normes de la C.E.E[6] ($6,5 < \text{pH} < 8,5$), les échantillons pourraient être considérés comme présentant des valeurs normales

Conductivité

La valeur minimale est de 12 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (E. n°141 "S.C.")* et le maxima est de 650 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (E. n°132 "G") . On peut en déduire que ce paramètre dépend de l'unité géologique. La majorité des échantillons ont des valeurs inférieures à 400 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Seules 10% environ, présentent une conductivité normale compte tenu des normes internationales[6](400 $\mu\text{s}/\text{cm}$) . Cette proportion provient des granitoïdes "G"

* E. n°141 "S.C." # échantillon n°141 provenant de l'unité géologique "S.C."

b) Caractéristiques chimiques

ANIONS

CO_3^{2-}

Aucun échantillon ne présente de teneur appréciable. Toutes les valeurs obtenues sont nulles quelque soit l'unité géologique. Cela confirme bien le fait qu'en Afrique de l'ouest, l'ion carbonate CO_3^{2-} est généralement absent dans les eaux souterraines[8].

HCO_3^-

Les teneurs varient entre 12,2 mg/L (échantillon n°113 provenant de "SC" et n°101 provenant de "G") et 170,8 mg/L (échantillon n°132 provenant de "G"). Elles pourraient dépendre de l'unité géologique. En l'absence de normes internationales, nous n'avons pu interpréter les teneurs obtenues.

Cependant, compte tenu des concentrations en bicarbonate de certaines eaux minérales (eau de source d'ALFET S.A. de FRANCE (286,7 mg/L) et eau minérale "AWA" de Côte d'Ivoire (216 mg/L) nos échantillons peuvent être considérés comme présentant des teneurs anormales .

SO_4^{2-}

Les concentrations varient de 0,00 mg/L (échantillon n°130 provenant de "G") à 59,05 mg/L (échantillon n°132 provenant de "G"). Elles pourraient être indépendantes de l'unité géologique. Par rapport aux normes internationales[6], 13% et 5% d'échantillons prélevés respectivement dans "G" et "S.C." présentent des teneurs normales .

Cl^-

Les minima et maxima sont respectivement de 5,33 mg/L (E. n°167 "G"; n°163 "S.C.") et de 69,23 mg/l (E.n°169 "S.C."). On remarque que ces teneurs ne dépendent pas de l'unité géologique. En comparaison aux normes internationales[6], 26% des échantillons de "G" et 23% de ceux recueillis à partir de "S.C." présentent des teneurs normales .

F⁻

Les concentrations oscillent entre 0,03 et 0,77 mg/L (échantillons n°142 et n°113 respectivement, provenant de "G") Les teneurs pourraient être indépendantes de l'unité géologique .

Par rapport aux normes internationales[6,7], seul l'échantillon n°113 pourrait présenter des dangers pour les populations au niveau de la dentition [4].

En revanche, les faibles teneurs pourraient s'expliquer par l'absence de roches d'origine volcanique[3] .

NO₃⁻

Le minima est 0,000 mg/L (E. n°115 "G") et le maxima est 2,315 mg/L (E.n° 132 "G") . On remarque que ces concentrations sont indépendantes de l'unité géologique . La comparaison aux normes internationales[6] (25 mg/L) montre qu'aucun échantillon n'a de teneur normale . Cependant, compte tenu du caractère indésirable de ces ions, nos échantillons peuvent être considérés comme acceptables .

NO₂⁻

Le minima est 0,00 mg/L (E. n°150 "M" et E. n°114 "M") et le maxima est 0,528 mg/l(E n°116 "G") . L'unité géologique influencerait les teneurs. En référence aux normes internationales[6], il se dégage une forte proportion (71,5%) d'échantillons provenant de "S.C." qui présentent des teneurs anormales; tout comme 62,5% provenant du domaine libérien (D.L.) et 58% provenant des granitoïdes. Pour leur part, les échantillons prélevés dans les métamorphites sont représentés à 25%. Pour ces ions considérés comme substances indésirables, les eaux pourraient présenter un danger pour les populations.

CATIONS

Na⁺

Le minima est 3,8 mg/l(E.n°14 "S.C.") et le maxima 219,2 mg/L(E. n°108 "SC..") . On note qu'il n'y a aucune dépendance de ces teneurs vis-à-vis de l'unité géologique .

Par rapport aux normes internationales[6], les échantillons provenant de "M" sont à 100% en teneurs normales. Pour ceux provenant de "G", "S.C." et "D.L.", les pourcentages en teneurs normales sont respectivement de 84%, 67% et 62,5%.

K⁺

Le minima est 1,1 mg/L (E. n°141 "S.C.") et le maxima 21,9 mg/l (E. n°172 "G"). Les teneurs pourraient dépendre de l'unité géologique. En se référant aux normes internationales[6], 25% d'échantillons provenant des métamorphites, 37,5% provenant du domaine libérien, 57% recueillis dans les "S.C." et 38% prélevés dans les "G" présentent des teneurs normales.

Ca²⁺

Le minima est 7,4 mg/L (E. n°118 "G") et le maxima 270,0 mg/L (E. n°151 "G"). On note qu'il n'y a aucune dépendance de ces teneurs vis-à-vis de l'unité géologique. Par rapport aux normes internationales[6], les échantillons présentant des teneurs normales sont en proportions suivantes : 5% dans "G", 9,5% dans "S.C.", 12,5% dans "D.L." et 0% dans "M". On remarque que les échantillons contiennent très peu de calcium quelque soit l'unité géologique, ce qui est inconvénient majeur pour la consommation de ces eaux.

Mg²⁺

Le minima est 0,24 mg/L (E. n°159 "G", E. n°163 "S.C.", E. n°125 "G") et le maxima 21,12 mg/L (E. n°134 "S.C."). L'unité géologique n'influencerait donc pas les teneurs déterminées. En référence aux normes internationales[6], aucun échantillon ne contient de teneur normale quelque soit l'unité géologique, ce qui est un facteur d'appauvrissement qualitatif de nos échantillons compte tenu de l'importance du magnésium dans l'organisme humain.

NH₄⁺

Le minima est 0,000 mg/L provenant de "S.C." et "G" et le maxima est 0,520 mg/L provenant de "G". Il n'apparaît aucune influence de l'unité géologique sur les teneurs de ces ions. Par rapport aux normes internationales[6], les teneurs normales sont représentées à 8% dans "G", 25% dans "D.L." et dans les "M" et enfin 0% dans "S.C."

Notons que la forte proportion de teneurs anormales est une source d'inquiétude pour la consommation de ces eaux

DURETÉ TOTALE

Le minima est 6 mg/L de CaCO_3 (E. n° 135 "G") et le maxima est 150 mg/l de CaCO_3 (E. n° 132 "G"). Il n'y aurait aucune influence de l'unité géologique sur les teneurs. Par rapport aux normes internationales[6], seulement 8% des échantillons provenant de "G" présentent des teneurs normales. Les autres unités géologiques présentent toutes des eaux très peu dures. Cela confirme bien les faibles proportions de teneurs en Ca^{2+} et en Mg^{2+} .

Les proportions des échantillons de teneurs normales en fonction de l'unité géologique sont consignées dans le tableau n° 2 (voir page 12).

L'examen de ce tableau révèle que :

- l'ensemble des unités géologiques regorge d'échantillons ne présentant aucune teneur normale en Mg^{2+} , CO_3^{2-} , HCO_3^- et en NO_3^- .

- s'agissant de la conductivité et de la dureté totale, seuls quelques échantillons (10% et 8% respectivement) provenant des granitoïdes présentent des concentrations acceptables. Quant aux ions chlorures et sulfates, une faible proportion d'échantillons prélevés dans les granitoïdes (26% et 13% respectivement) et dans le sédimentaire côtier (23% et 5% respectivement) ont des teneurs normales. Les ions Ca^{2+} et NH_4^+ sont en teneurs anormales surtout dans les métamorphites et dans le sédimentaire côtier.

Pour tous les autres ions et les paramètres physiques (T et pH), toutes les unités géologiques présentent des échantillons normaux au regard des normes internationales.

Par ailleurs, quelque soit l'unité géologique, on note une présence de substances indésirables, surtout NO_2^- et NH_4^+ , ce qui affecterait gravement la qualité des eaux.

CONCLUSION

L'étude entreprise dans ce travail a permis de déterminer quelques paramètres physico-chimiques des eaux de boisson.

Par rapport aux normes internationales, les résultats obtenues montrent que les eaux analysées présentent des insuffisances quantitatives du fait de l'absence de teneurs normales en certains éléments minéraux vitaux tels que Ca^{2+} , Mg^{2+} et bien plus du fait de la présence de substances indésirables tels les nitrites et l'ammonium.

En outre, une étude de corrélation entre les teneurs déterminées et l'origine géologique des eaux analysées a été menée. Il en ressort que les unités géologiques influencent peu les paramètres physico-chimiques. Cependant, l'observation des résultats indique une proportion relativement élevée d'échantillons à teneurs normales dans les granitoïdes. Toutefois, le nombre peu élevé d'échantillon prélevés dans les métamorphites et dans le domaine libérien nous amène à relativiser nos conclusions par rapport à ces deux unités géologiques.

RÉFÉRENCES

- [1] A. Trokourey A. Y. Bokra. *Annales des sciences exactes de l'Université Nationale de Côte d'Ivoire*, 1990 - 1991 XXIV, 49 - 74.
- [2] G.P. Husson "Sur l'effet de paroi comme cause d'erreur en provenance des récipients d'échantillonnage en hydrologie analytique". *Thèse de Doctorat en Pharmacie*, Paris (France), 1976.
- [3] M.C. Gerig, "Le fluor dans les eaux potables d'Alsace", *Mémoire de Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie*, Grenoble (France), 1982, 4 - 17.
- [4] D. Verre, "Effets physiologiques et toxiques des fluors sur les tissus dentaires", *Thèse de Doctorat en Chirurgie dentaire*, Paris (France), 1977.
- [5] O.M.S., Directives de qualités pour l'eau de boisson, volume 2, "critère d'hygiène et documentation à l'appui", 1986, 250 - 258.
- [6] Bulletin n°55. "L'eau en Loire - Bretagne, les normes de qualité des eaux destinées à la consommation humaine", 1995, mois de Juin, 38 - 39.
- [7] J. Rodier, "Analyse de l'eau", 6^{ème} Edition, DUNOD, 1984, 872 - 890.
- [8] J. Biemi "Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest". *Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles*, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 1992, 238 - 277.

* I. Paramètres physico-chimiques et unités géologiques des échantillons / D.M. : Degré de minéralisation (très faible, m.a = moyenne accentuée, m = moyenne)

T (°C)	pH	X μS/cm	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/L	durée totale	CO ₃ ²⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/l.	F mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/l.	NO ₂ ⁻ mg/L	DM
24,8	6,59	12	3,8	1,1	13,9	10,80	0,000	19	0	18,3	1,08	49,70	0,03	0,156	0,974	0,005	d
25,0	6,71	30	15,2	6,1	11,5	3,36	0,000	16	0	79,3	3,22	67,45	0,06	0,101	1,271	0,348	~
24,9	6,63	33	12,8	9,9	11,6	2,88	0,004	13	0	79,3	2,15	69,23	0,04	0,395	1,200	0,122	~
25,1	6,80	61	5,7	2,6	19,3	3,36	0,000	17	0	12,2	4,27	12,43	0,17	0,423	0,957	0,049	~
25,0	6,03	75	11,7	6,1	11,2	11,28	0,005	11	0	10,4	5,08	33,08	0,13	0,423	0,616	0,072	~

AN^o2: Pourcentage des échantillons à teneur normale en fonction des unités géologiques

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	PO ₄ ³⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	T	pH	x	durée totale
4	5	0	8	38	0	0	13	26	97	100	0	42	100	100	10	8
7	9,5	0	0	57	0	0	5	23	100	100	0	29	100	100	0	0
2	12,5	0	25	37	0	0	0	0	100	100	0	38	100	100	0	0