

HYDROGEOCHIMIE DES SOURCES SALINES DE BISHUSHA / Nord-Kivu-RDC

[HYDROGEOCHEMISTRY OF SALT SOURCES OF Bishusha / North Kivu, DRC]

Bosco MUHINDO MUSUBAO and Guy SHUNGU LAMA

Département de Géologie, Université de Goma, Goma, Nord Kivu, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Bishusha salt sources are numerous. But as part of our research, we looked at four: Mariba 1, Mariba 2, Kazihiro and Makera. They contain various salts belonging either facies "chlorinated and sulfated calcium and magnesium" or to the "chlorinated sodium and potassium and magnesium." Their origin is deep and is related to leaching and dissolution of the banking evaporite formations buried under quartzite, shale, clay, lava and pyroclastic. Their waters are drinkables and consumables without danger except those Mariba 1.

KEYWORDS: Hydrogeochemistry, saline, Bishusha, evaporite, dissolution, hardness.

RESUME: Les sources salines de Bishusha sont nombreuses. Mais, dans le cadre de nos recherches, nous nous sommes intéressés à quatre : Mariba 1, Mariba 2, Kazihiro et Makera. Elles renferment différents sels appartenant soit au faciès « chloruré et sulfaté calcique et magnésien » soit à celui « chloruré sodique et potassique et magnésien ». Leur origine est profonde et est liée au lessivage et à la dissolution de l'encaissant évaporitique enfoui sous les formations quartzitiques, schisteuses, argileuses, laviques et pyroclastiques. Leurs eaux sont potables et consommables sans dangers excepté celles de Mariba 1.

MOTS-CLEFS: Hydrogéochimie, salin, Bishusha, évaporite, dissolution, dureté.

1 INTRODUCTION GENERALE

Au vu de ses multiples richesses du sous-sol, la RDC est qualifiée de « scandale géologique ». Entendant cela, beaucoup ne pensent qu'aux multiples minéraux que regorge ce pays oubliant d'autres ressources tels que les hydrocarbures et les eaux et leurs richesses.

Voulant lever cette équivoque et sachant que les eaux salées accompagnent souvent les gisements pétroliers, nous avons mené les études sur la chimie des sources salines de Bishusha. Outre l'intérêt scientifique consistant à éclairer l'opinion publique et constituer une base de données sur ledit sujet, ce travail revint aussi un intérêt économique dans la mesure où ces sources salines peuvent être exploitées de façon rentable si la réserve, la teneur et la qualité le justifient.

Cependant, la présence de ces sources dans ce milieu fait naître plusieurs interrogations, entre autres :

- ✓ Quelle serait l'origine de cette salinité ?
- ✓ Quels principaux sels, en quantité et types, y seraient présents ?

Ces questions ont principalement guidé nos recherches.

Comme pour la plupart des sources salines, cette salinité trouverait sa justification dans la nature de l'encaissant soit des formations traversées. Quant à la quantité et la teneur, elles ne peuvent être déduites que des analyses hydrogéochimiques.

C'est ainsi que, pour répondre à ces questions de façon satisfaisante, plusieurs descentes sur terrain ont été effectuées pour s'enquérir de la géologie locale. Cela a été suivi et complété par des analyses de laboratoire, à l'Office Congolais de Contrôle, OCC. A l'issue de ces analyses, les résultats ont été soumis à un traitement informatique par le logiciel « Diagrammes ». Ce traitement a été parachevé par une interprétation approfondie tenant compte des normes et principes géochimiques. Pour commencer, parlons d'abord de Bishusha.

2 APERCU SUR BISHUSHA

Bishusha, situé aux coordonnées géographiques (en UTM) 736186, 9860524 et 1899m de longitude, latitude et altitude respectivement, est une localité et groupement du territoire de Rutshuru. Il est juste à la limite ouest de la branche occidentale du rift est-africain. Son relief, variant entre 1805m et 2200m d'altitude, à nombreuses collines et peu accidenté, est dominé par un climat tropical humide de haute altitude avec presque 10 mois de pluies par an.

Son hydrographie, appartenant au bassin du fleuve Congo, est représentée par plusieurs marais et deux principales rivières : Nyagatotera et Bigogo. Neuf cours d'eau déversent leurs eaux dans Bigogo alors que Nyagatotera en compte au moins seize. Ces deux rivières alimentent la rivière Kihira qui se rencontre avec Muhongozi pour former la rivière Mweso. Les eaux de surface de notre secteur d'étude sont permanentes pendant les deux saisons (sèche et de pluies) qui caractérisent cette zone et sont utilisées indifféremment par la population pour la boisson, la baignade, la lessive et l'abreuvement.

Comme déjà dit, certaines sources sont salines. Pour comprendre cela, il faut bien cerner la géologie locale.

3 CADRE GEOLOGIQUE

Situé au bord de la branche occidentale du rift est-africain, Bishusha a, dans son socle, des formations précambriennes d'âge kibaroburundien (1400-900 millions d'années) [1]. Ce socle est couvert par des formations sédimentaires, volcano-sédimentaires et volcaniques récentes dont l'âge est concomitant à l'ouverture et à l'évolution du rift est-africain avec ses corollaires comme la sédimentation dans la plaine de Rutshuru et le volcanisme des Virunga[2].

Pétrographiquement, on y note la présence des quartzites, schistes, grès, poudingues à ciment argileux, coulées de lave et pyroclastes venant du volcan Nyamulagira, argile, avec à certains endroits, vers les escaliers du rift, des calcaires. La région compte aussi quelques cônes volcaniques pyroclastiques[8].

Vu leur nature, ces formations sont imperméables : voilà pourquoi le drainage dans la région est dense. Au vu de cette lithologie affleurante, aucune formation ne saurait justifier la présence des sources salines dans la contrée ni même l'existence des nappes aquifères ainsi que leur alimentation. Pourquoi cela? Parce qu'aucune de ces dernières n'est saline ; pire encore, le quartzite qui occupe une grande partie en constituant le socle dans lequel sortent ces sources n'est ni lui-même salin moins encore perméable, donc incapable de porter une nappe, si ce n'est qu'à grand à la faveur des cassures[9]. Cela laisse, alors, présager leur genèse ailleurs.

Pour rappel, la RDC et plus particulièrement sa partie est, a été victime de plusieurs événements géologiques s'échelonnant dans le temps. Par exemple, au crétacé, il y a eu formations des évaporites dans la série de Loeme du cote du littoral Atlantique, des hydrocarbures dans la série de Pinda au niveau de la cuvette centrale ; au tertiaire, le décapage amorcé au permocarbonifère, atteint son paroxysme, le volcanisme frappe la chaîne des Virunga...[2] Ces événements et formations géologiques bien que localisés à certains endroits spécifiques sur base de leur importance quantitative, ne sont pas à exclure sur le reste du territoire national de la RDC. Voilà pourquoi nous pensons donc que les sources salines seraient l'héritage du lessivage et de la dissolution des anciennes évaporites enfouies, suite aux mouvements épirogéniques suivi de la sédimentation et du volcanisme, sous les formations quartzitiques antérieures[7].

Bref, elles résulteraient du lessivage et de la dissolution, par les eaux météoriques infiltrées à travers les cassures liées au rifting, des formations évaporitiques enfouies profondément. Quels sont ces sels ? Les résultats de laboratoire nous en parlent plus.

4 PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Avant de présenter les résultats, il convient de signaler que, pour caractériser l'hydrogéochimie des eaux salines de Bishusha, quatre sources ont été échantillonnées. Il s'agit de :

- ✓ **Mariba1** : elle sort, avec pression, au point de coordonnées géographiques 0735033, 9860554 et 1805m de longitude, latitude et altitude respectivement, d'un quartzite oxydé fracturé. Ses eaux tendent à avoir une couleur blanchâtre avec

une température constante quelle que soit la saison. Cependant, quand la pression augmente, le débit augmente et vice versa ; cela serait consécutif à la pression de la nappe profonde se trouvant entre les couches imperméables. Les eaux de cette source sont généralement utilisées pour l'abreuvement des gros et petits bétails.

- ✓ **Mariba 2** : tout comme Mariba 1, elle est située à Ruboga, près de la station sismologique de l'OVG, au point de coordonnées géographiques 0734938, 9860416 et 1804m (longitude, latitude et altitude). Ses eaux, sortant d'un quartzite, sont claires et sont utilisées comme boisson par les agents de cette station. Sa température et son débit ne change pas en fonction des conditions météorologiques et climatiques : cela laisse penser à son origine profonde.
- ✓ **Kazihiro** : ses eaux jaillissent dans une formation sablo-argileuse au point de coordonnées géographiques 0736545, 9860366 et 1942m (longitude, latitude et altitude). Sa température et son débit sont fonctions des conditions météorologiques, ce qui plaide pour son origine à faible profondeur.
- ✓ **Makera** : située près de la rivière Nyagatotera, au point de coordonnées géographiques 0737415, 9860926 et 1839m (longitude, latitude et altitude), Makera a presque les mêmes caractéristiques que Mariba1 mais avec une salinité un peu moindre que celle-ci.

A l'issu des analyses des eaux de ces sources, au laboratoire de l'Office Congolais de Contrôle (OCC), les résultats suivants ont été obtenus.

Tableau des résultats d'analyses hydrogéochimiques des eaux salines de Bishusha

Éléments analysés	Source N°1(MARIBA 1)	Source N°2 (MARIBA 2)	Source N°3 (KAZIHIRO)	Source N°4 (MAKERA)
pH	6,803	5,865	5,527	6,042
CE (µs/l)	7345	2020	3304	2211
NO ₃ (mg/l)	28	19	36	21
HCO ₃ (mg/l)	414	327,8	442,7	357
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	163	101	208	147
Cl ⁻ (mg/l)	2397	347	323	297
Na ⁺ (mg/l)	1025	89	442	127
K ⁺ (mg/l)	47	56	16	111
Mg ²⁺ (mg/l)	96,7	133	116,4	102,8
Ca ²⁺ (mg/l)	152	105,34	157	141,8
Sr ²⁺ (mg/l)	0,637	1,421	3,042	2,411
F (mg/l)	2,3	1,7	04	03
Fe _{Tot} (mg/l)	337	219	234	404
O ₂ (mg/l)	11	08	14	8,7
PO ₄ (mg/l)	33	17	28,9	31,2

De la lecture de ce tableau, il se dégage que[3] :

- ✓ Les pH des eaux que nous avons analysées sont acides et varient entre 5 et 7. D'ailleurs, les sources Mariba 1 et Makera, ont des pH (6,042 ; 6,803) proches de celui recommandé par les normes de potabilité des eaux de l'OMS (6,5-9,5). Cette acidité résulterait de la nature, acide, de la roche quartzitique traversée.
- ✓ Les eaux de nos quatre sources ont des conductivités électriques (CE) supérieures à 2000µm/l avec une valeur maximale de 7345 µm/l pour Mariba1. Cela prouve que cette source présente beaucoup d'ions dissous en solution.
- ✓ Les phosphates, les sulfates et les nitrates ont, dans la plupart des cas, des teneurs faibles se situant dans les normes de potabilité de l'eau définies par l'OMS (500mg/l pour les sulfates ; 50-3mg/l en cas d'exposition à court terme, 0,2mg/l en cas d'exposition à long terme). Par contre, les bicarbonates ont des valeurs élevées. Les faibles teneurs en phosphates conjuguées à celles des nitrates excluent toute possibilité d'eutrophisation de ces sources.
- ✓ Les teneurs en calcium et en magnésium des eaux échantillonnées ne se situent pas dans les normes de potabilité définies par l'OMS (100mg/l pour le calcium et 30mg/l pour le magnésium).
- ✓ Les chlorures et les sodiums présentent des valeurs anormalement élevées dans les eaux de la source Mariba1 tout en étant faibles dans les autres sources.

- ✓ Le fer présente de fortes valeurs variant entre 219 et 404mg/l qui sont liées à la traversée des quartzites oxydés et des formations argileuses. Notons que le fer n'est pas généralement dangereux dans l'eau mais il peut communiquer à l'eau un goût désagréable et une coloration brune. Quant au fluor, les sources Mariba 1, Makera et Kazihiro sont au-delà de la valeur guide des normes de potabilité fixées par l'OMS (1,5mg/l). Pour rappel, la teneur en fluor est généralement élevée dans les nappes captives mais pour notre secteur, elle serait due à l'activité volcanique.

Au regard de ce qui précède et voulant approfondir la démarche interprétative, des diagrammes ci-après ont été établis grâce au logiciel « Diagrammes » (logiciel d'hydrochimie mis au point en 2013 par Roland Simler du laboratoire d'hydrogéologie d'Avignon).

- ✓ **Diagramme de Piper** : il permet d'étudier l'évolution du faciès des eaux ou bien de distinguer les groupes d'échantillons.

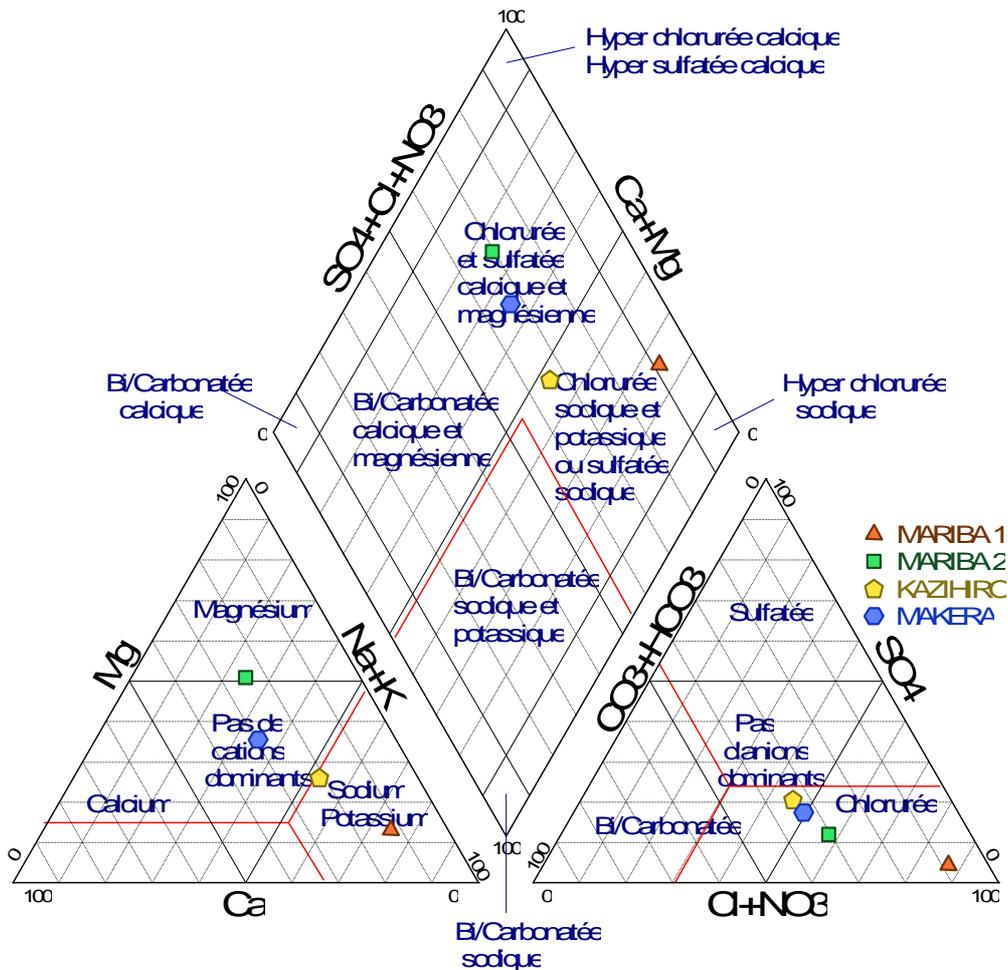


Fig. N°1 : Diagramme de Piper des eaux analysées

De ce diagramme, il se dégage deux types de faciès dominants :

- ✓ Le chloruré et sulfaté calcique et magnésien,
- ✓ Le chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique.

Ces derniers, indiquant un état de salinité, sont confirmés par le **diagramme de Schöeller-Berkaloff** ci-dessous :

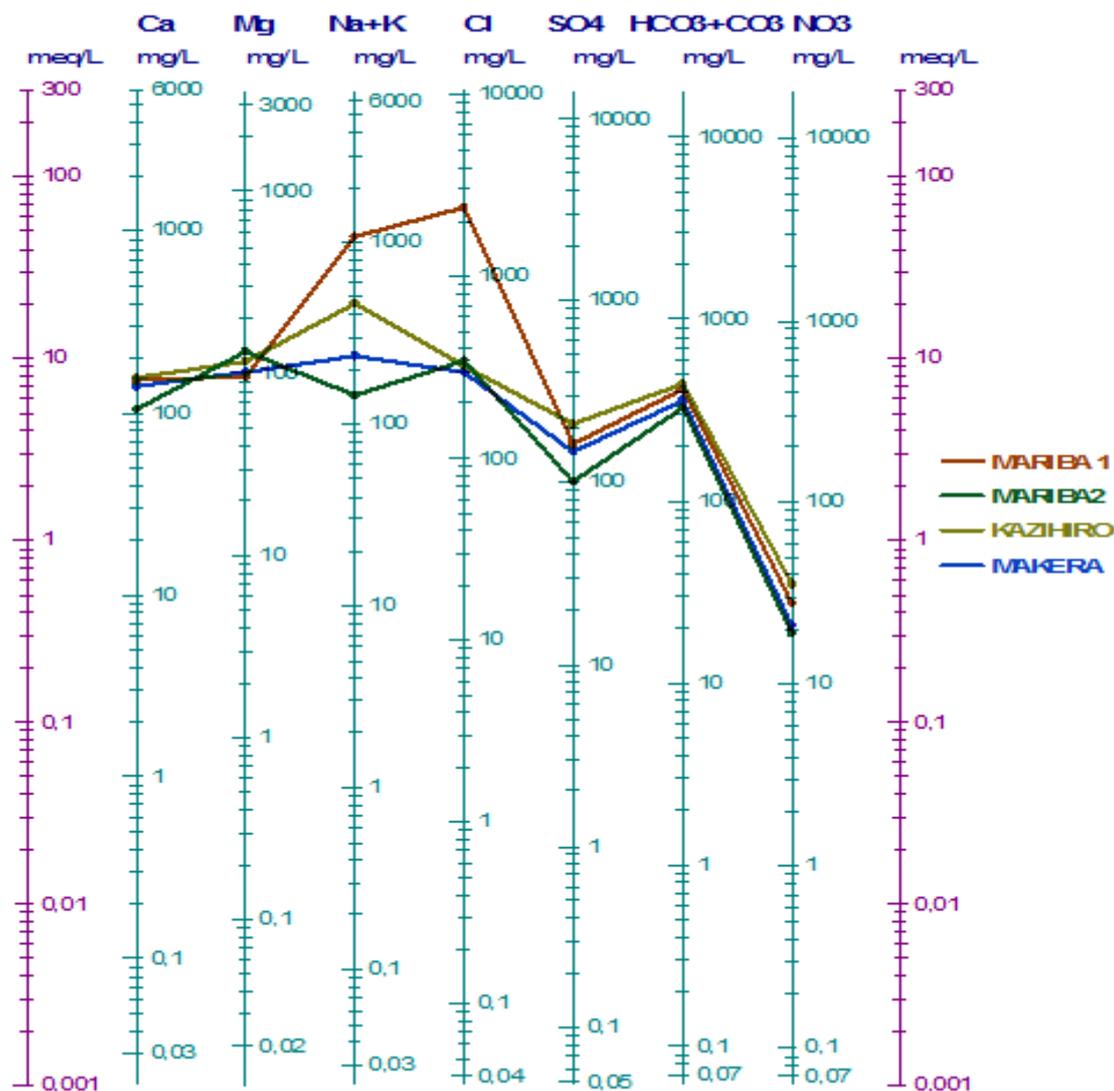


Fig. N°2 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff

✓ **Diagramme de Stabler-Collins** : il est utilisé pour déterminer rapidement les différents titres d'une eau (titre d'alcalinité, titre en sels d'acides forts et titre d'hydrotimétrie).

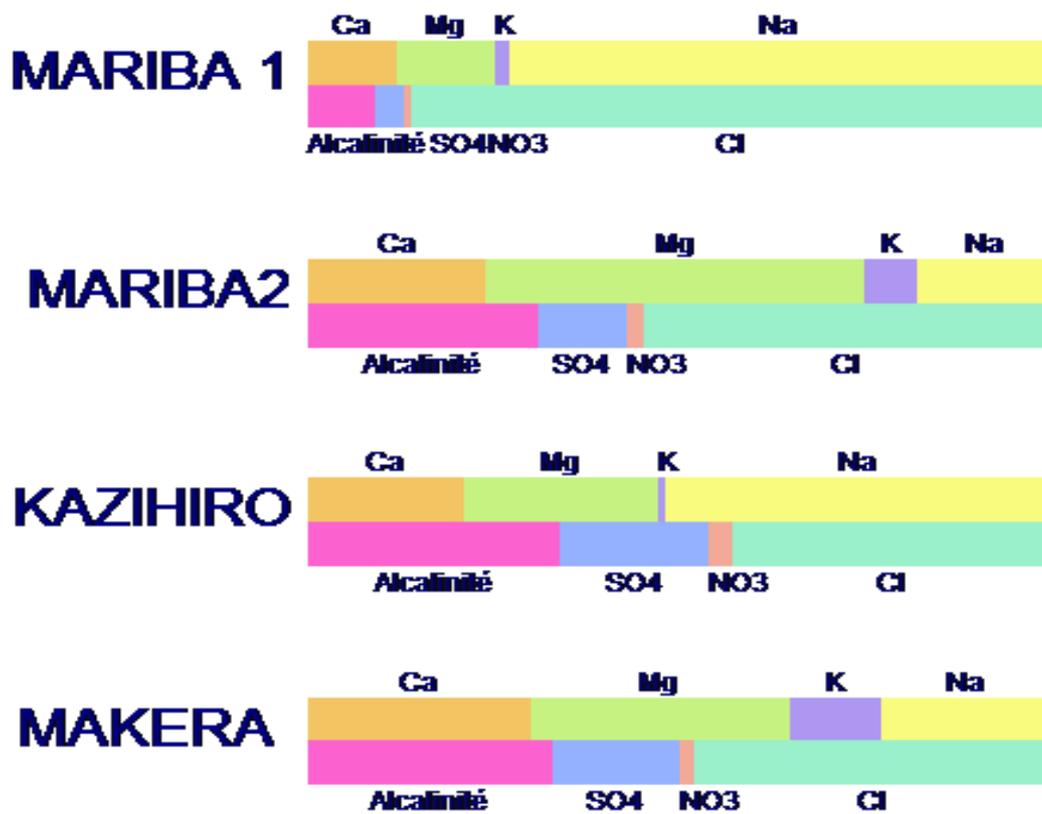


Fig. N°3 : Diagramme de Stabler

La lecture de ce diagramme montre que la source Kazihiro présente une alcalinimétrie élevée par rapport aux autres. Toutefois, cette alcalinimétrie reste faible pour toutes les sources et est essentiellement due aux ions chlorures, sodiums et magnésiums.

- ✓ **Diagrammes de Wilcox et Riverside** : ils sont utilisés pour évaluer le risque de salinisation des sols. Il utilise pour cela la conductivité électrique ou la charge totale dissoute, toutes deux relatives à la salinité de l'eau, et l'indice d'absorption du sodium aussi appelée « pouvoir salinisant ».

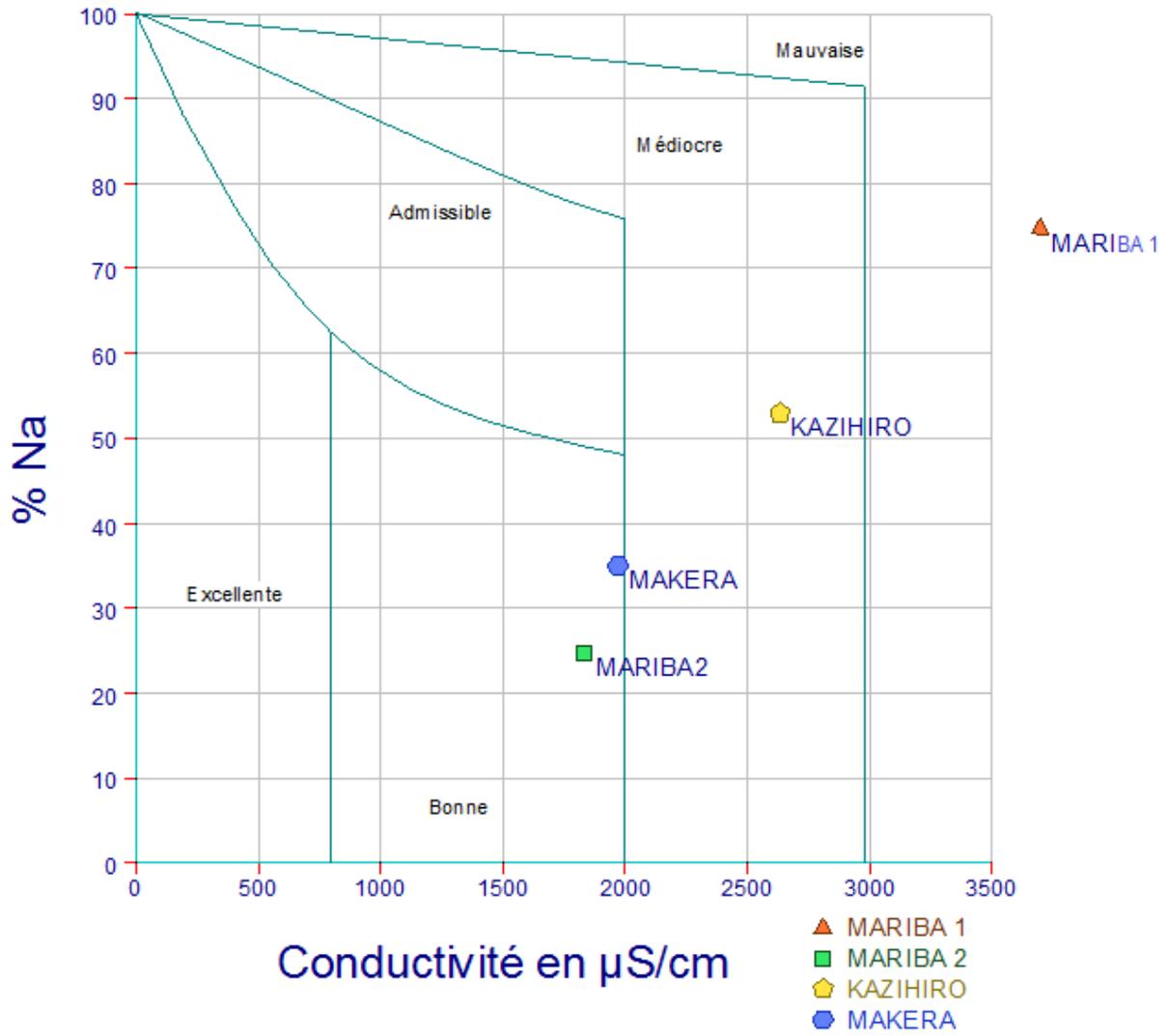


Fig. N°4 : Digramme de Wilcox

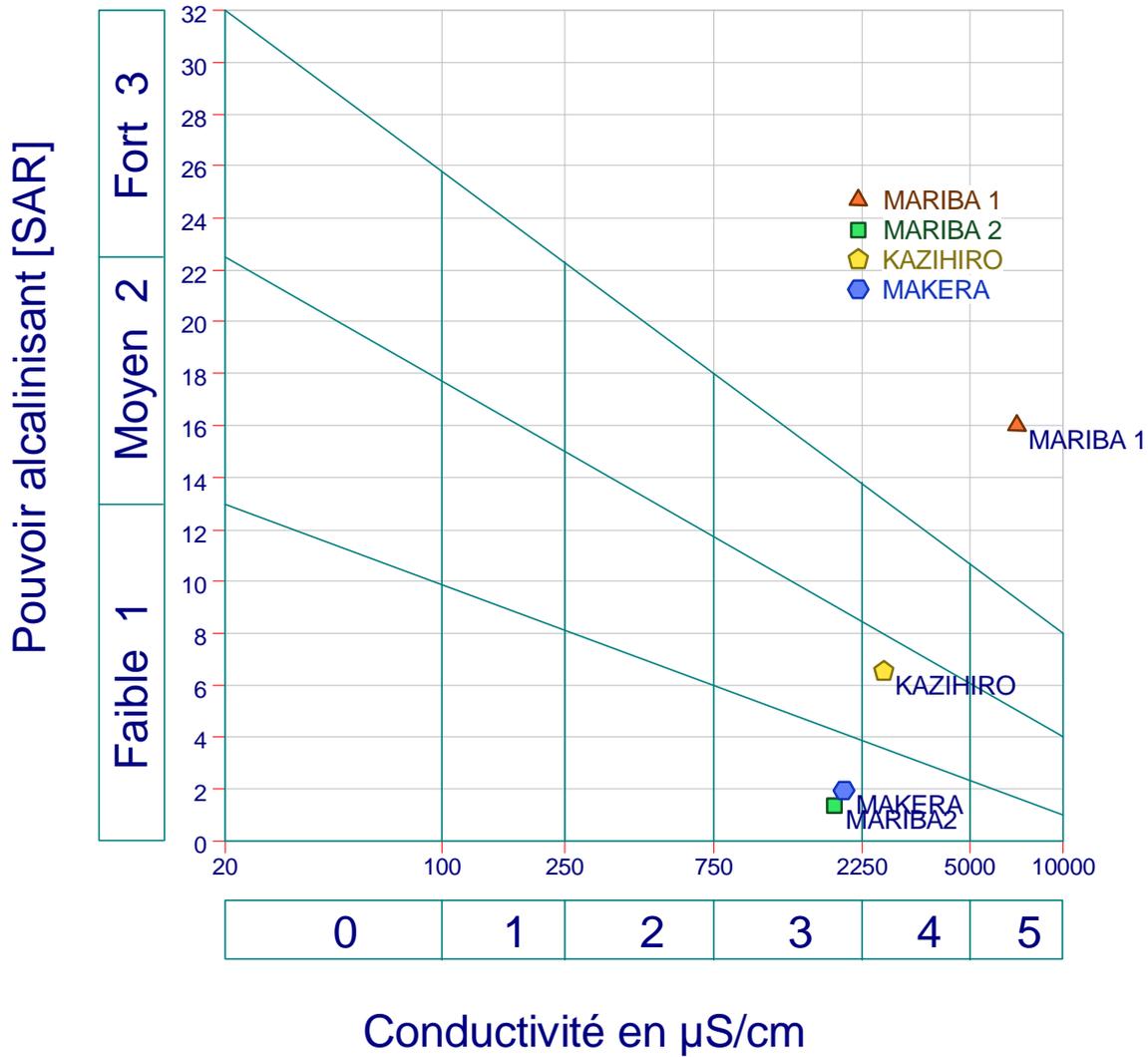


Fig. N°5 : Digramme de Riverside

Ces diagrammes montrent que les sources Mariba 1 et Kazihiro sont respectivement mauvaise et médiocre pour l'irrigation. Par contre Mariba 2 et Makera sont bonnes tout en tendant vers la médiocrité[4].

Les duretés, mesurées par les titres d'hydrotimétrie exprimés en °F avec 1°F correspondant à 10mg de CaCO₃ dans un litre d'eau, pour ces sources, sont respectivement de 78, 81, 87 et 78mg/l pour Mariba 1, Mariba 2, Kazihiro et Makera. Ces valeurs, inférieures à 200mg/l, prouvent que l'encaissant n'est pas calcaire[5].

5 CONCLUSION

Il est prouvé, par l'OMS, que la consommation d'une eau modérément minéralisée permet d'avoir une bonne forme physique et intellectuelle, de lutter contre le surpoids, d'assurer le bon fonctionnement des muscles et des reins,...

Pour ce qui est de nos quatre sources, leurs eaux sont jugées moyennement dures car contenant des teneurs inférieures à celles exigées par les normes de l'OMS. Aussi, en dépit des teneurs de certains éléments dépassant les valeurs guides de l'OMS [6], les sources Mariba 2, Kazihiro et Makera ne présentent pas de danger pour la consommation. Par contre, les eaux de Mariba 1, fortement minéralisées, sont dangereuses. En effet, elles contiennent des teneurs élevées en sodiums et en chlorures. Vu cela, la consommation de ces eaux améliore la digestion ; voilà pourquoi elles sont préférées par tous les éleveurs de la région pour l'abreuvement de leurs bêtes mais aussi par certaines personnes ayant de problème de digestion. Néanmoins, cette richesse en sodium augmente l'hypertension et les œdèmes[10].

REFERENCES

- [1] CAHEN, L., Géologie du Congo belge, Ed. Casterman, Liège, 1954.
- [2] DEPARTEMENT DES MINES, 1974, Notice explicative de la carte des gîtes minéraux du Zaïre, Ed. Serv. –géol.-Zaïre.
- [3] Drever, J. F., The geochemistry of natural waters, 3rd ed., New York- printice-hall INC, 1997, 379p.
- [4] Fehdi, Ch., et al., Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du complexe aquifère Morsoft-Louinet (région Nord de Tébessa, Sud-est Algérien), Afrique SCIENCE, 2009, 231p.
- [5] Fidelibus, M. D. et Tulipano L., Regional flow of intruding sea water in the carbonate aquifers of Apulia (Southern Italy), proceedings 14th salt water intrusion meeting Rapportier ochmedlenden nr 87, 1996,1996, pp230-241.
- [6] <http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm#ixzz3DcZsR4sH>
- [7] MASHASHI, A. et ARANYOSSY, J. F. et al., Mise en évidence de l'origine de la salinité des eaux de l'aquifère de Sarafand (Sud-Liban), IAHS publ., 1995.
- [8] THONNARD, R.L.G. et DENAEYER, M.-E : Carte volcanologique des Virunga (Afrique centrale). Feuille no1 : groupe occidental. Introduction générale et notice explicative de la feuille no1, Centre National de Volcanologie, Bruxelles, 1965, 14p.
- [9] VILLENEUVE, M., La structure du rift africain dans la région du lac Kivu, bulletin volcanologique, 43, Bruxelles, 1980, 541-551p.
- [10] www.pharmacie-ruller.fr