

AHIBOH H.^{1,6}
AMIN N.C.³
EDJEME-AKE N.A.¹
KOUADIO J.A.¹
YAPI F.H.⁴
AHOLI J.-M.⁵
YAYO E.D.¹
HAUHOOT-A. M.-L.¹
MENAN E.I.H⁶
MONNET D.¹
KOUADIO L.²

EFFET HYDRO-ÉLECTROLYTIQUE DE LA CONSOMMATION DE L'EAU MINÉRALE NATURELLE OLGANE®

RESUME

Olgane® est une eau minérale naturelle singularisée par son pH relativement acide. Les systèmes de régulation de l'équilibre hydro-électrolytique peuvent être, dans certaines circonstances, débordés par des apports alimentaires trop acides. Dans cette étude nous avons déterminé les caractéristiques hydrominérales d'Olgane® et les effets hydro-électrolytiques de sa consommation en comparaison avec une eau minérale à pH neutre et une eau d'adduction publique. Sur 34 adultes sains, nous avons déterminé les électrolytes sanguins et urinaires avant et après consommation des eaux. Les analyses sur Olgane ont révélé une eau très faiblement minéralisée (10,5 mg/l). Sa consommation a ramené une faible dispersion des

concentrations sanguines des électrolytes dans l'intervalle des valeurs normales. Mais aucune des constantes biologiques n'a connue de modification pathologique. Toutefois, nous avons noté une association positive entre la minéralisation des eaux et la calcémie ($R^2=0,99$; $p=0,021$) et une association négative entre la minéralisation des eaux et la natrémie ($R^2=0,99$; $p=0,017$). La consommation d'Olgane® n'a révélé aucun effet de rétention hydrique, ni d'effet diurétique. Cette consommation s'est avérée sans effet pathologique au niveau hydro-électrolytique mais les résultats suggèrent de potentielles indications médicales qui demandent à être explorées.

Mots-clés : Ionogramme, Eau minérale naturelle, pH, Nutrition.

1- Département de Biochimie, Biologie Moléculaire et Biologie de la Reproduction, UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire
2- Département de Santé Publique, Hydrologie et Toxicologie, UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire
3- Département de Chimie Analytique, Chimie Générale et Minérale, UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire
4- UFR de BioSciences, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire
5- Clinique Pédiatrique des Deux-Plateaux, Abidjan, Côte d'Ivoire
6- CeDReS, CHU de Treichville Abidjan, Côte d'Ivoire
- Correspondance : Hugues AHIBOH, Email: hugues.ahiboh@gmail.com, Boîte postale : 01 BP V34 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

SUMMARY

In the body, keeping the blood pH and the chemistry analytes constant are made by the acid-base balance, potent blood analytes buffers, the kidney and the respiratory system. Although the regulation is efficient it could be outbalanced by the supply of too much acid or alkali food or beverage. Olgane® is an acid mineral water. Therefore, assessing the biological effects of this mineral water means to emphasize the blood and urinary electrolytes profiles of the subject. In this study we proposed to determine the hydromineral characteristics of Olgane® and research the biological effects of its consumption compared with the consumption of a neutral-pH mineral water and a tap water from the public network water supply of Abidjan city, Ivory Coast, West Africa. The following hydromineral features were determined on the different type of water: the mineralization rate, the carbonate hardness (TAC) and the total water hardness (DHT). We performed a transversal study with 34 adults, mean aged 25 years (IC 95% : 21 – 29 years). We made a matched-sample test before and after 3 days of consecutive and exclusive consumptions of waters. The effects were monitored with the blood concentrations and urinary outflows of sodium, potassium, chlorine, calcium,

magnesium and phosphorus. The pH of urine and the urinary crystals were also determined. The results revealed a poor minerals concentration in Olgane (10.5 mg/l) with features of a soft mineral water (TAC=15 mg; DHT=5 mg/l). The respective consumption of different waters revealed a low dispersion of biological parameters within the range of normal values. The consumption of Olgane induced a higher blood concentration of sodium, potassium, chlorine calcium and magnesium compared to the consumption of the neutral-pH mineral water. But none of the blood parameters was pathological during the observation period regards to the mean values of groups or individual values of each subject in the group. We noticed a significant positive association between the mineralization rate of water and the blood concentration of calcium ($R^2=0.99$; $p=0.021$) and a negative association between the mineralization rate of water and the blood concentration of sodium ($R^2=0.99$; $p=0.017$). However, there was a no effect of fluid retention or diuretic effect for any of the water. These results suggest a potential medical indication of this poor mineral water that should be explored.

Key words : Ionogram, Natural mineral water, pH, Nutrition

INTRODUCTION

La production et la consommation mondiale d'eaux embouteillées ont augmenté de façon constante au cours de ces 20 dernières années [Doria 2006]. En Côte d'Ivoire, la Continental Beverage Company (CBC) procède depuis 2004 à l'embouteillage et la commercialisation de l'eau d'une nappe phréatique dans les environs de la ville de Bonoua, (littoral sud-est). Le produit fini porte le nom commercial d'Olgane®, eau minérale naturelle [MSHP 2006].

Outre la nature du contenant, ce sont la nature et la teneur des minéraux dissous qui déterminent l'acidité ou l'alcalinité d'une eau potable [Lou 2007; Whelton 2007]. Le pH des tissus humains varie dans un intervalle très étroit au-delà duquel l'intégrité des cellules est irréversiblement affectée. Par conséquent, la régulation du pH du sang et des autres liquides de l'organisme se fait au travers de puissants systèmes tampons (bicarbonates,

hémoglobine, protéines) via les fonctions rénales et respiratoires [Struyvenberg 1972; Clancy 2007; Goldring 1971; Adroque 2001]. En outre, la composition des urines est le reflet de la qualité des fonctions de filtration des reins. Elle varie suivant l'importance de l'hydratation de l'organisme, la qualité de l'alimentation et le statut fonctionnel des reins [Hill 1990; Cowley Jr. 1989]. Si les systèmes tampons sont difficilement pris à défaut, il n'en reste pas moins qu'une alimentation excessivement acide, alcaline, fortement ou faiblement minéralisée engage de manière importante les systèmes de régulation de l'équilibre acido-basique et hydro-

électrolytique de l'organisme et pourrait provoquer un déséquilibre osmotique entre les différents compartiments hydriques de l'organisme (système vasculaire, cellules, tissus) [Lowance 1972]. A ce jour, les effets hydro-électrolytiques de la consommation d'Olgane, dernière née du marché des eaux minérales en Côte d'Ivoire, n'ont pas encore été montrés.

Par conséquent, dans cette étude nous nous sommes proposé de déterminer les caractéristiques hydrominérales d'Olgane® et les conséquences hydro-électrolytiques de sa consommation en comparaison avec des eaux de boisson couramment consommées en Côte d'Ivoire.

MATERIEL ET METHODES

Nous avons conduit une étude transversale sur 10 jours à Abidjan, Côte d'Ivoire.

POPULATION D'ÉTUDE

Nous avons sélectionné 34 adultes apparemment sains dont 16 de sexe masculin, d'âge moyen de 25 ans (Intervalle de confiance IC_{95%} [21 – 29 ans]). Pour chaque sujet, nous avons obtenu un consentement libre et éclairé après avoir été informé de tous les aspects de l'étude y compris la nature des eaux consommées. Tous les volontaires retenus pour l'étude ont fait l'objet d'une consultation médicale et d'un bilan biologique sanguin et urinaire préalable (bilan d'inclusion) afin d'exclure les sujets ayant des troubles hydro-électrolytique, rénaux, cardiovasculaire ou hépatique.

L'examen clinique a permis de relever certaines constantes cliniques: poids, taille, index de masse corporelle, tension artérielle diastolique et systolique. Le bilan biologique initial comportait les paramètres suivants : glycémie, urémie, créatininémie, transaminasémie, hémogramme, natrémie, kaliémie, protidémie.

EAUX CONSOMMÉES

Notre étude a porté sur l'eau Olgane® dont les effets ont été comparés à deux autres eaux de boisson que sont une eau minérale témoin (EMT) et une eau d'adduction publique (EAP).

L'eau Olgane® est fabriquée par la société CBC et fournie en bouteille de polyéthylène téréphtalate, transparente, de coloration légèrement bleue. Le contenu était une eau claire ne comportant aucunes particules en suspension. L'EMT était une eau minérale naturelle de pH neutre commercialisée sur le marché national ivoirien. L'EAP était celle de la ville d'Abidjan, prélevée en un point unique, à l'Université de Cocody-Abidjan.

PROTOCOLE DE CONSOMMATION

Au jour 0 (J₀), un profil biologique d'inclusion a été établi. Puis, les eaux de boisson ont été administrées à tous les sujets de l'étude selon la séquence suivante : du premier jour (J₁) au troisième jour (J₃) consommation de l'eau Olgane. Du 4^{ème} jour (J₄) au 6^{ème} jour (J₆), les sujets ont bu l'EMT et du 7^{ème} jour (J₇) au 9^{ème} jour (J₉), l'EAP.

Chaque sujet a bu exclusivement l'eau dédiée, en vaquant à ses occupations habituelles mais en excluant toute activité physique intense prolongée (*ex* : sport).

CARACTÉRISTIQUES HYDROMINÉRALES DES EAUX CONSOMMÉES

Les variables physicochimiques suivantes ont été déterminées sur les eaux de boisson : le pH par électrode spécifique (HANNA®), le taux de minéralisation par détermination de la conductivité (HANNA®), le titre alcalimétrique complet (TAC) par titrimétrie (réaction acide base) et le degré hydrométrique total (DHT) par titrimétrie (complexométrie).

PARAMÈTRES HYDRO-ÉLECTROLYTIQUES

Les sujets ont fait l'objet d'une surveillance clinique jusqu'à 10 jours après le dernier jour de consommation des eaux.

Pour chaque sujet nous avons mesuré le volume d'eau consommée.

Chez chaque sujet les urines de 24 heures ont été recueillies aux périodes suivantes : à l'inclusion (J_0) à J_3 , J_6 et J_9 , soit durant la dernière journée de consommation de chaque type d'eau. Sur les urines collectées nous avons effectué les analyses suivantes : (i)

mesure du volume d'urines émises ; (ii) détermination du pH et dosage du sodium (Na^+), potassium (K^+) et chlorure (Cl^-) par électrodes spécifiques (Roche Diagnostic); (iii) dosage du calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}) et phosphore (P) par spectro-colorimétrie (méthodes IFCC); (iv) description et dénombrement des cristaux urinaires par microscopie optique sur cellule hématimétrique.

Des prélèvements sanguins ont été réalisés à la fin du recueil des urines de 24 heures en vue des analyses suivantes : (i) le sodium (Na^+), potassium (K^+), chlore (Cl^-) déterminés par des électrodes spécifiques (Roche Diagnostic) et le calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}) et phosphore (P) déterminés par spectro-colorimétrie (méthodes IFCC).

Les valeurs de références utilisées étaient celles établies dans la population ivoirienne par Yapo [Yapo 1990].

ANALYSES STATISTIQUES

Les données colligées ont fait l'objet de traitement statistique avec le logiciel SPSS™ version 17.0 de SPSS Inc. Les méthodes paramétriques ont été utilisées au risque de 5%.

Nous avons utilisé le test *t* de Student pour comparer les variables quantitatives des échantillons appariés.

RESULTATS

CARACTÉRISTIQUES HYDRO-MINÉRALES DES EAUX DE BOISSON

Les paramètres physicochimiques des eaux étudiées sont présentés dans le tableau I. Contrairement aux deux autres eaux, l'eau Olgane® est une eau acide, très douce, caractérisée par un faible taux de minéralisation (10,5 mg/l).

EAP et EMT sont des eaux à pH neutre avec des degrés hydrotimétriques totaux les classant parmi les "eaux moyennement douce".

VOLUME D'EAU CONSOMMÉE ET VOLUME URINAIRE

Sur chaque cycle de trois jours, les sujets ont consommé journalièrement plus l'eau Olgane® que l'EAP ($1,65 \pm 0,43$ vs $1,42 \pm 0,42$ l/jour ; $p=0,03$). Toutefois, les sujets ont présenté une diurèse plus élevée avec Olgane® comparée à l'EAP ($1,53 \pm 0,51$ l/24 h vs $1,14 \pm 0,34$ l/24h ; $p=0,0004$). Il n'y avait pas de différence entre les consommations d'Olgane et celles de l'EMT ($1,65 \pm 0,43$ vs $1,59 \pm 0,48$ l/jour ; $p=0,6$).

EFFETS DE LA CONSOMMATION DES EAUX SUR LES PARAMÈTRES HYDRO-ÉLECTROLYTIQUES

Le tableau II présente une comparaison des profils hydro-électrolytiques liés à la consommation des trois eaux. Chez chaque sujet, tous les paramètres mesurés étaient compris dans l'intervalle des valeurs normales de l'adulte ivoirien sain.

La consommation d'Olgane® comparée au profil à l'inclusion (J_0) n'a pas modifié les constantes biologiques sanguines pour le sodium, le potassium, le chlore, le calcium et le phosphore. Par contre, la magnésémie était plus élevée lors du régime hydrique avec Olgane® ($20,6 \pm 3,0$ mg/l *vs* $19,3 \pm 1,7$ mg/l ; $p=0,04$)

Les effets de la consommation d'Olgane® comparée à celle d'EMT présentait des différences. Lors de la consommation d'Olgane®, toutes les constantes hydro-électrolytiques en dehors du calcium étaient supérieures à celle liées à la consommation d'EMT. Au niveau urinaire, seule l'élimination du phosphore était plus élevée que celle obtenue lors de la consommation d'EMT ($383,4 \pm 182,3$ mg/24 h *vs* $275,2 \pm 116,6$ mg/24 h ; $p=0,005$).

Par rapport à EAP, la consommation d'Olgane® était associée à une diminution de la calcémie, et à une augmentation de la phosphorémie et de la magnésémie.

Au niveau urinaire, la consommation d'Olgane® a induit un pH urinaire plus faible par rapport à celui de la consommation de l'EAP.

RELATION ENTRE MINÉRALISATION ET MÉTABOLISME CALCIQUE ET SODIQUE

Nous avons retrouvé des corrélations entre le taux de minéralisation des eaux consommées et les paramètres de la calcémie et de la natrémie (Figure).

La corrélation était positive entre la calcémie et le taux de minéralisation ($R^2=0,99$; $p=0,021$). Plus le taux de minéralisation de l'eau consommée était bas, plus la calcémie était basse (figure A). Par contre, la corrélation entre le taux de minéralisation des eaux et la natrémie était négative ($R^2=0,99$; $p=0,017$) (figure B). Toutefois, ces modifications se situaient dans les limites des valeurs normales du sujet adulte sain.

Les cristaux retrouvés dans les urines des sujets étaient constitués de phosphates tricalciques, phosphates ammoniacomagnésiens, oxalates, urates d'ammonium, acide urique, phosphates amorphes. La nature des cristaux était variée chez tous les sujets et leur dénombrement n'a montré aucune distribution spécifique selon la consommation d'un type donné d'eau.

Tableau I : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de boisson de notre étude

	Olgane®	Eau minérale témoin (EMT)	Eau d'adduction publique (EAP)
Minéralisation (mg/L)	10,5	161	88,3
Température (°C)	25,3	25,1	25,2
pH	4,9	7,5	7,6
DHT (mg/L)	5	110	75
TAC (mg/L)	15	285	140

DHT : degré hydrométrique total ; TAC : titre alcalimétrique complet

Tableau II : Effets biologiques comparés de la consommation des eaux de boisson de notre étude (Olgane®, EMT, EAP)

Milieu biologique	Paramètres	J ₃ (Olgane®)	J ₀ (inclusion)	p (J0 vs J3)	J ₆ (EMT)	p (J3 vs J6)	J ₉ (EAP)	p (J3 vs J9)
Sang	Sodium (mmol/l)	142,0±6,7	143,8±6,1	0,2	137,1±6,3	0,003*	139,4±10,1	0,2
	Potassium (mmol/l)	4,3±0,4	4,4±0,4	0,8	4,1±0,4	0,02*	4,3±0,4	0,5
	Chlore (mmol/l)	105,6±4,9	106,5±5,3	0,5	101,8±4,9	0,002*	104,2±6,6	0,3
	Calcium (mg/l)	88,6±4,5	86,9±3,6	0,1	92,7±3,8	0,0001*	90,6±3,3	0,03*
	Magnésium (mg/l)	20,6±3,0	19,3±1,7	0,04*	18,9±3,0	0,02*	18,7±1,9	0,003*
	Phosphore (mg/l)	35,9±6,9	34,2±5,8	0,3	31,9±6,0	0,01*	31,5±5,1	0,004*
Urine	pH	6,18±0,37	6,32±0,35	0,09	6,29±0,41	0,2	6,52±0,34	0,0002*
	Sodium (mmol/24h)	164,1±142,5	149,4±105,8	0,6	129,2±135,3	0,3	138,1±130,2	0,4
	Potassium (mmol/24h)	99,6±47,5	94,2±62,2	0,7	96,5±113,0	0,9	88,3±44,2	0,3
	Chlore (mmol/24h)	178,4±134,2	170,3±85,0	0,8	147,8±129,5	0,3	166,3±106,9	0,7
	Calcium (mg/24h)	70,8±58,9	69,1±55,4	0,9	66,3±58,1	0,8	48,8±37,1	0,07
	Magnésium (mg/24h)	41,7±25,1	44,4±30,5	0,7	32,7±19,0	0,1	40,2±25,2	0,8
	Phosphore (mg/24h)	383,4±182,9	367,5±236,9	0,8	275,2±116,6	0,005*□	355,1±162,1	0,5

Valeurs présentées : *moyenne ± écart-type* ; effectif n = 34

EMT : Eau Minérale Témoin ; EAP : Eau d'Adduction Publique

* : Différence significative

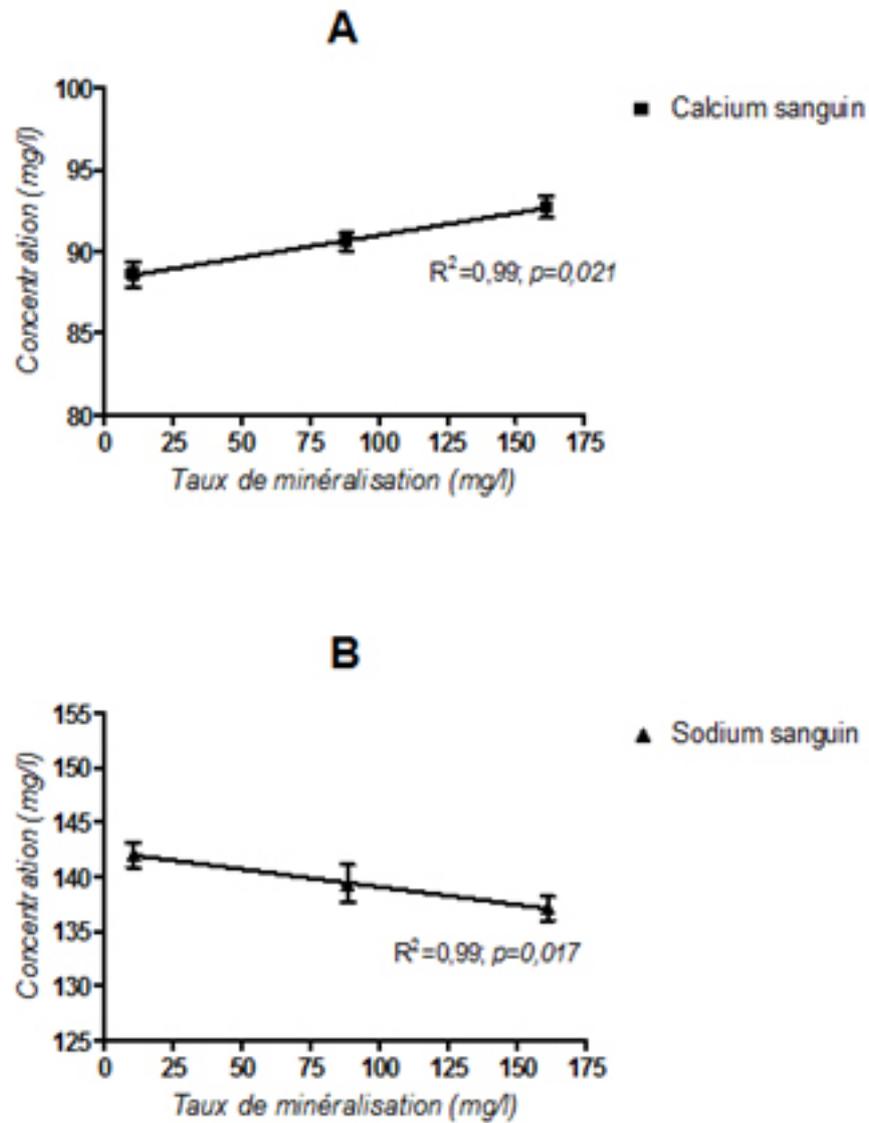


Figure : Corrélation entre la minéralisation des eaux et la natrémie/calcémie

DISCUSSION

Les analyses physico-chimiques réalisées sur Olgane® ont rapporté que cette eau est acide et très faiblement minéralisée. Elle est ainsi classée parmi les “eaux minérales naturelles très faiblement minéralisées” [Codex Alimentarius Commission 2008; Wynn 2009]. Cette eau, caractéristique des eaux souterraines de Côte d’Ivoire, notamment des environs de la ville d’Abidjan (région des Lagunes), est consommée par les populations alimentées par les forages [Akonguhi 2007]. En Côte d’Ivoire, plus de 47% des eaux d’adduction publique ont un pH acide (pH<6,5) [Amin 2008]. EMT présentait une composition en sels minéraux plus riche qu’Olgane® et EAP. Toutefois, sa composition et son résidu sec après minéralisation la classe parmi les eaux minérales faiblement minéralisées [Petraccia 2006].

La comparaison «Olgane® versus EAP» de la quantité d’eau consommée par jour a montré une différence significative qui pourrait témoigner d’une préférence de l’eau Olgane® par rapport à l’EAP. Cette observation est inattendue quand on sait que Olgane® est la moins minéralisée des eaux et que ce sont les sels minéraux qui confèrent à l’eau ses caractéristiques organoleptiques [Lou 2007; Whelton 2007]. Cette préférence pourrait être induite par l’*a priori* subjectif et relatif associant eau minérale naturelle et bonne qualité. Par conséquent l’expérience mériterait d’être conduite en double aveugle pour confirmer ou infirmer cette préférence.

La diurèse supérieure obtenue à la suite de la consommation d’Olgane® par rapport à celle relative à EAP a témoigné de l’absence de rétention hydrique. Plus le volume d’eau consommée était élevé plus le volume urinaire augmentait. La différence entre le volume d’eau consommée et le volume d’eau éliminée est conservée comparativement à l’EAP.

La consommation d’Olgane® de manière exclusive sur trois jours n’a modifié aucune constante biologique hydroélectrolytique

sanguine et urinaire de manière pathologique à l’instar d’autres travaux ayant porté sur la consommation d’eaux faiblement minéralisées [Matzkies 1975]. Toutefois, la consommation de cette eau a montré des singularités par rapport à EAP et EMT : en régime hydrique exclusif, Olgane® a favorisé une discrète augmentation, non pathologique, des électrolytes sanguins (sodium, potassium, chlore, magnésium et phosphore) et une acidification discrète mais significative des urines. Or, dans de précédents travaux, Matzkies a montré que la consommation par des hypertendus d’une eau faiblement minéralisée induisait une baisse des pressions artérielles systolique et diastolique [1975]. L’augmentation des électrolytes sanguins, bien que discrète et non pathologique, pourrait être le fait d’un effet “feed-back” négatif de la consommation de l’eau Olgane (oligo-minéralisée) sur le système de régulation hormonal “rénine - angiotensine - aldostérone”. L’augmentation discrète des constantes biologiques pourrait également être le fait d’un transfert d’eau du compartiment vasculaire vers le milieu interstitiel, d’où la baisse des pressions artérielles constatée par Matzkies chez les hypertendus. En de telles circonstances, la faible minéralisation conférerait à Olgane® des propriétés singulières pour une meilleure hydratation des tissus et ceci comparée à une eau plus riche en sel minéraux.

A ce jour, des travaux ont rapporté que pour une consommation courante de l’adulte, sans activité physique particulière, il serait préférable d’utiliser une eau minérale naturelle peu minéralisée [Queneau 2009 ; Duhamel 2010]. De même, pour les nouveau-nés, les nourrissons et les femmes enceintes ou allaitantes, le choix le plus adapté est celui d’une eau minérale naturelle faiblement minéralisée. Ce choix permet d’éviter les méthémoglobinémies dues aux excès de nitrate, les effets purgatifs des sulfates ou les fluoroses dentaires auxquelles sont particulièrement sensibles les enfants.

CONCLUSION

La consommation de l'eau minérale naturelle Olgane® n'a pas modifié les paramètres hydroélectrolytiques sanguins et urinaire chez l'adulte sain. L'eau Olgane® est correctement éliminée de l'organisme. Toutefois, des études complémentaires pourraient être effectuées pour confirmer la préférence organoleptique en dépit de sa très faible minéralisation et pour

apprécier l'effet de cette eau sur le système de régulation rénine - angiotensine - aldostérone, sur le système osseux et le métabolisme phosphocalcique. Ceci permettrait de mieux apprécier son impact sur les systèmes physiologique et métabolique et objectiverait ses indications médicales.

Remerciements : À la société Continental Beverage Company, au personnel du CeDReS

REFERENCES

- Adroge H.E. et Adroge H.J. (2001) Acid-base physiology. *Respir Care*, 46, 328-41.
- Akonguhi N.J. (2007) Contrôle de la qualité des eaux de forage en milieu rural : cas de 36 villages de la région des Lagunes. 145 p. Th Pharm, Abidjan, 645/2007
- Amin N.C., Lekadou K.S., Attia A.R., Claon J.S., Agbessi K. et Kouadio K.L. (2008) Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'adduction publique de huit communes en Côte d'Ivoire. *J Sci Pharm Biol*, 9, 22-31.
- Clancy J. et Mcvicar A. (2007) Intermediate and long-term regulation of acid-base homeostasis. *Br J Nurs*, 16, 1076-9.
- Codex Alimentarius Commission (Ed.) (2008) *Norme pour les eaux minérales naturelles*, Rome, World Health Organization / Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Cowley Jr. A.W. et Roman R.J. (1989) Control of blood and extracellular volume. *Baillieres Clin Endocrinol Metab*, 3, 331-69.
- Doria M.F. (2006) Bottled water versus tap water: understanding consumers' preferences. *J Water Health*, 4, 271-6.
- Duhamel J.-F. et Brouard J. (2010) Water and hydration: Essential for life [L'eau et l'hydratation : une nécessité pour la vie]. *Journal de pédiatrie et de puériculture*, 23, 9-12.
- Goldring R.M., Turino G.M. et Heinemann H.O. (1971) Respiratory-renal adjustments in chronic hypercapnia in man. Extracellular bicarbonate concentration and the regulation of ventilation. *Am J Med*, 51, 772-84.
- Hill L.L. (1990) Body composition, normal electrolyte concentrations, and the maintenance of normal volume, tonicity, and acid-base metabolism. *Pediatr Clin North Am*, 37, 241-56.
- Lou J.C., Lee W.L. et Han J.Y. (2007) Influence of alkalinity, hardness and dissolved solids on drinking water taste: A case study of consumer satisfaction. *J Environ Manage*, 82, 1-12.
- Lowance D.C., Garfinkel H.B., Mattern W.D. et Schwartz W.B. (1972) The effect of chronic hypotonic volume expansion on the renal regulation of acid-base equilibrium. *J Clin Invest*, 51, 2928-40.
- Matzkies F. (1975) [Effects of water with a low mineral content on serum electrolytes and blood pressure]. *Fortschr Med*, 93, 1784-6.
- Mshp (2006) Autorisation de mise en vente AUT N°040 / MIPSP / MSHP DU 08/05/06 GTIN: 6181100260022. Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique.
- Petraccia L., Liberati G., Giuseppe Masciullo S., Grassi M. et Fraioli A. (2006) Water, mineral waters and health. *Clin Nutr*, 25, 377-85.
- Queneau P. et Hubert J. (2009) Place des eaux minérales dans l'alimentation. *Presse thermale et climatique*, 146, 175-220.
- Struyvenberg A. (1972) Renal regulation of acid-base balance. *Folia Med Neerl*, 15, 94-8.
- Whelton A.J., Dietrich A.M., Burlingame G.A., Schechs M. et Duncan S.E. (2007) Minerals in drinking water: impacts on taste and importance to consumer health. *Water Sci Technol*, 55, 283-91.

- Wynn E., Raetz E. et Burckhardt P. (2009) The composition of mineral waters sourced from Europe and North America in respect to bone health: composition of mineral water optimal for bone. *Br J Nutr*, 101, 1195-9.
- Yapo A.E., Assayi M., Aka N.B. *et al.* (1990) Les valeurs de référence de 21 constituants biochimiques sanguins de l'ivoirien adulte présumé sain. *Publications Médicales Africaines*, 110, 49-57.