

EVALUATION DES QUANTITES D'ALUMINIUM LIBEREES A PARTIR DE MARMITES DE FABRICATION ARTISANALE

L A D. DIOUF¹, G MBAYE¹, A NDIAYE¹, P M SY¹, A R. DJIBOUNE¹, M. SOUMBOUNDOU¹, B NDONG², O DIOP², E A L BATHILY², M MBODJ², GASSAMA S S², B BADIANE², M DIARRA¹

RESUME

Au Sénégal les marmites utilisées dans la majorité des foyers sont de fabrication artisanale. Nous avons ainsi procédé au dosage de l'aluminium libéré à partir de ces marmites lors de leur utilisation.

Notre étude a été réalisée sur trois (3) échantillons de marmites (M1) (M2) (M3). Les réactifs utilisés sont essentiellement constitués de liquides utilisés lors de la cuisson des aliments. La méthode de dosage utilisée est une méthode colorimétrique à l'ériocyanine qui, en présence d'aluminium dans une solution tampon de pH = 6, donne un complexe rouge violacé dont l'absorbance est mesurée à 560 nm.

Les résultats obtenus montrent que les quantités d'aluminium libérées à partir des marmites augmentent sous l'influence de facteurs tels que la température, la présence ou non de sel. Ils montrent également la migration de l'aluminium dans les liquides simulant les aliments après chauffage à ébullition dans ces marmites.

Mots-clés : dosage – aluminium – libération – marmites artisanales

ABSTRACT

EVALUATION OF ALUMINIUM'S QUANTITIES RELEASED FROM HOMEMADE POTS

Noting that in Senegal pots used in most homes are handcrafted, it seemed important to determine the released aluminum dosage from these pots in use.

Our study was conducted in three (3) samples pots (pot M1) (pot M2) (pot M3). The reagents used are essentially made of liquid food simulant. The assay used was a colorimetric method using ériocyanine which gives a complex that turns in purplish red in the presence of aluminum in a dilute buffer at pH = 6. The absorbance of the colored solution is measured at 560 nm.

The results obtained show that the amounts of aluminum released from the pots increase under the influence of factors such as temperature, the presence or absence of salt. They also show the migration of aluminum in liquid simulating food after heating to boiling in these pots.

Keywords: Determination - aluminum – released - craft pots

1-laboratoire de Biophysique et de Physique Pharmaceutique, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontologie UCAD, Dakar.

2-laboratoire de Biophysique et de Médecine Nucléaire, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontologie UCAD, Dakar

Auteur correspondant : L A D. DIOUF, laboratoire de Biophysique et de Physique Pharmaceutique, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontologie UCAD, Dakar, louyoguiste@yahoo.fr

Mounibé DIARRA, laboratoire de Biophysique et de Physique Pharmaceutique, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontologie UCAD, Dakar, mounbeni@yahoo.fr

INTRODUCTION

Longtemps considéré comme inoffensif, l'aluminium est aujourd'hui reconnu comme étant un métal toxique, notamment pour le système nerveux central et les os [1-3]. L'intoxication aluminique s'observe principalement chez le nouveau-né sous nutrition artificielle et chez les personnes atteintes d'insuffisance rénale chronique sous dialyse [4]. Des études ont montré que la présence d'aluminium dans l'organisme lors de la calcification peut être à l'origine de troubles de l'ossification associés à des douleurs osseuses [5]. Des études menées chez le rat ont donné des résultats similaires [3]. L'intoxication aluminique pourrait également jouer un rôle dans la physiopathologie de nombreuses maladies : encéphalopathie du dialysé, maladie d'Alzheimer, sclérose latérale amyotrophique, maladie de Parkinson etc. [1,2]. L'aluminium est également considéré comme un agent pro-oxydant. Diverses études ont montré que l'exposition à de fortes concentrations en aluminium peut induire un stress oxydatif et stimuler les espèces réactives oxygénées (ROS) dans les cellules [2,6].

L'aluminium est un excellent conducteur thermique

d'où son utilisation pour la fabrication des ustensiles de cuisine. Divers procédés de fabrication ont été développés fournissant des ustensiles en aluminium de formes diverses et variées. Au Sénégal il existe un procédé de fabrication des ustensiles de cuisine utilisant une technique artisanale avec un polissage fait à la main. Cette technique permet la fabrication de marmites sur commande avec une capacité pouvant aller jusqu'à 50 litres. Dans ce contexte, il nous a paru utile de faire le dosage de l'aluminium dans des liquides simulant les aliments après chauffage dans ces marmites, et d'évaluer les quantités libérées par rapport à la dose admissible pour mesurer les risques pour la santé des populations.

I- MATERIEL ET METHODES

1- Matériel

Notre étude a été réalisée sur trois (3) échantillons de marmites (M1) (M2) et (M3). Ces échantillons ont été achetés en décembre 2010 au marché Tilène, situé dans le quartier de Médina à Dakar. Leurs dimensions moyennes sont les suivantes : 12 cm de hauteur, 15,5 cm de diamètre et 2,5 mm d'épaisseur (Figure 1).



Figure 1: Echantillon de marmite utilisée (M1).

Les réactifs utilisés sont une solution de noir eriochrome T qui joue le rôle de colorant et comme réducteur une solution d'acide ascorbique à 2%. La solution tampon utilisée est un Tampon acéto-acétique pH 6.

Le chauffage a été réalisé à l'aide d'un réchaud à gaz butane utilisé dans la plupart des ménages sénégalais pour la cuisine.

Les différentes solutions ont été agitées, après 20 minutes de repos leurs absorbances ont été lues à 560 nm avec le spectrophotomètre UV visible jenway modèle 6405.

2- Méthode de dosage

2-1- Principe

En présence d'aluminium dilué dans une solution tampon de pH = 6, le noir ériochrome T réagit avec l'aluminium et produit un complexe qui vire au rouge

violacé. L'intensité de la coloration ainsi obtenue est proportionnelle à la concentration en aluminium. La mesure se fait par colorimétrie à une longueur d'onde de 560 nm.

2-2- Etablissement de la courbe d'étalonnage

La courbe d'étalonnage a été obtenue en préparant une solution mère à 10 mg/l d'aluminium métal à partir de laquelle nous avons préparé des solutions filles qui seront utilisées pour l'élaboration de la gamme étalon. Nous avons utilisé 11 fioles jaugées de 50 ml dont 10 contiennent des quantités croissantes d'aluminium et une contient le blanc témoin comme indiqué dans le tableau I. Les absorbances ont été mesurées et ont permis de tracer une droite d'étalonnage dont l'équation a permis de calculer les valeurs de concentrations (figure 2). Nous avons introduit dans chaque marmite un volume de 500 ml de solution simulant la préparation alimentaire. La surface totale en contact avec la solution a été en moyenne de 188,9 cm².

2-3- Préparation des échantillons

Les échantillons de marmites M1, M2 et M3 ont d'abord été rincés avec de l'eau désionisée puis séchés.

- migration de l'aluminium : chaque marmite a été remplie avec 500 ml d'eau distillée (ED) et mise en contact pendant 24 heures à la température ambiante, puis avec 500 ml d'eau du robinet (ER) et mise en contact pendant 24 heures dans les mêmes conditions.

- influence de la température : chaque marmite a été remplie avec 500 ml de ED et portée à l'ébullition pendant 30 minutes. La même opération a été répétée avec le milieu ER. Pour compenser l'évaporation pendant la phase de chauffage, le volume final est réajusté à la fin de chaque opération avec de l'eau distillée.

- influence du sel, du vinaigre et du citron : chaque marmite a été remplie avec 500 ml de milieu ES constitué d'un mélange d'eau de robinet et de sel de cuisine (NaCl) titrés à 6g/l (teneur moyenne en sel de la plupart des plats cuisinés au Sénégal (Ecole hôtelière Patte d'oie builders Dakar Sénégal). L'ensemble a été porté à ébullition pendant 30 minutes et a été refroidi à la température ambiante.

Les mêmes opérations ont été réalisées avec le milieu EV (mélange d'eau de robinet et de vinaigre pH 2,85 (75 ml de vinaigre dans 1000 ml d'eau de robinet)) et le milieu EC (mélange jus de citron eau de robinet à 25 ml de jus de citron dans 500 ml d'eau du robinet).

- influence du temps de chauffage sur la quantité d'aluminium libérée : les prélèvements sont effectués après 15 minutes et 30 minutes de chauffage à ébullition dans le milieu ED (eau distillée).

Tableau I : Composition des solutions de la gamme étalon

	T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Volume solution à 10mg/l (ml)	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	4,0	5	7,5	10
Eau distillée (ml)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Noir Eriochrome T (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Tampon pH 6 (ml)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Acide ascorbique à 2% (ml)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eau distillée en qsp (ml)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Concentrations en Al (mg/l)	0	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32	0,64	0,8	1	1,5	2,0

2-4- Dosage de l'aluminium libéré à partir des marmites

La quantité d'aluminium libéré à partir des trois marmites a été déterminée par dosage colorimétrique à partir d'un échantillon de 5 ml.

Les échantillons prélevés (5 ml) ont été introduits dans des fioles jaugées de 50 ml. Nous avons ajouté respectivement :

- 10 ml d'eau distillée;
 - 5 ml de la solution Noir Eriochrome T;
 - 10 ml de tampon acéto-acétique pH 6;
 - 1 ml d'acide ascorbique 2%;
 - de l'eau distillée en quantité suffisante pour 50 ml.
- Après agitation et repos pendant 20 mn, nous avons procédé à la lecture au spectrocromimètre à 560 nm.

II- RESULTATS

1- Courbe d'étalonnage

La mesure des absorbances de la gamme d'étalonnage a donné les résultats figurés dans le tableau II. Ces données ont permis de tracer la courbe d'étalonnage sur la figure 2.

Tableau II : Absorbances de la gamme étalon.

Tubes	Concentration (mg/l)	Absorbance
B (blanc)	0	0
1	0,02	0,001
2	0,04	0,008
3	0,08	0,020
4	0,16	0,011
5	0,32	0,029
6	0,64	0,046
7	0,8	0,066
8	1	0,070
9	1,5	0,095
10	2	0,135

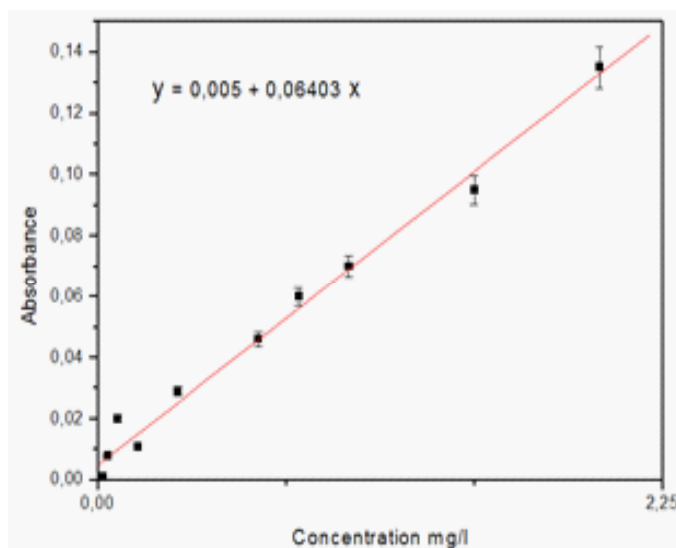


Figure 2: Courbe d'étalonnage

2- Etude de l'influence de la température

Les résultats obtenus avec le milieu ED ont été reportés dans les tableaux III.

Tableau III : Quantités d'aluminium ayant migrées à partir des marmites contenant de l'eau distillée après 24 heures de contact et après une durée de chauffage de 15 mn et 30mn

	Quantités d'aluminium relarguées (mg/l) après 24 h de contact	Quantités d'aluminium relarguées (mg/l) après 15 mn de chauffage	Quantités d'aluminium relarguées (mg/l) après 30 mn de chauffage
M1	1,09±0,151	16,56±0,16	19,50±0
M2	0,78±0	3,88±0,131	20,28±1,58
M3	2,33±0,155	23,42±0	91,33±3,61

3- Etude de l'influence des milieux eau de robinet, ES, EV et EC

La concentration en aluminium dans l'eau de robinet utilisée a été de 7,18 mg/l en moyenne. Les quantités d'aluminium relarguées après 30 minutes de chauffage du milieu eau de robinet, ES, EV et EC dans chaque marmite ont été reportées dans le tableau IV.

Tableau IV : Quantités d'aluminium obtenues à partir des marmites contenant les milieux ED, ER, ES, EV et EC après 30 minutes de chauffage.

	Quantités d'aluminium dans le milieu ED (mg/l)	Quantités d'aluminium dans le milieu ER (mg/l)	Quantités d'aluminium dans le milieu ES (mg/l)	Quantités d'aluminium dans le milieu EV (mg/l)	Quantités d'aluminium dans le milieu EC (mg/l)
M1	19,50±0	51,38	92,77	4,993	-
M2	20,28±1,58	34,37	84,96	4,68	-
M3	91,33±3,61	42,79	180,23	9,67	-

La mesure des absorbances après chauffage d'une solution contenant de l'eau mélangée à du jus de citron a donné des résultats non exploitables (valeurs des absorbances négatives). Ce qui laisse croire que la méthode utilisée ne permet pas de doser l'aluminium qui pourrait être présent dans cette solution.

III- DISCUSSION

La migration de l'aluminium à partir des trois échantillons a été déterminée en utilisant une méthode spectrophotométrique. Au Sénégal, les ustensiles de cuisine en aluminium fabriqués de manière artisanale ne sont pas soumis à un contrôle de qualité. Des liquides simulant les aliments ont été utilisés lors de cette étude.

- Dans le cas de l'eau distillée laissée en contact avec les différents échantillons de marmites pendant 24h, les quantités d'aluminium relarguées ont été de 1,09 mg/l ; 0,78 mg/l et 2,33 mg/l, respectivement, pour la première, deuxième et troisième marmite soit une moyenne de 1,4 mg/l.

- les quantités d'aluminium libérées après un temps de chauffage de 15 mn pour les trois marmites M1, M2 et M3 sont respectivement 16,56 mg/l, 3,88 mg/l et 23,42 mg/l, soit une moyenne de 14,62 mg/l. Après 30 minutes de chauffage les quantités obtenues ont été respectivement 19,50 mg/l, 20,28 mg/l et 91,33 mg/l, soit une moyenne de 43,70 mg/l. Ces résultats montrent que les quantités d'aluminium dissoutes ont été plus de dix fois plus élevées après 15 mn de chauffage et plus de 30 fois plus élevées après 30 mn de chauffage par rapport aux quantités relarguées après 24h de contact à la température ambiante. Ceci montre que la quantité d'aluminium libérée augmente avec la durée de chauffage. Ces résultats sont en corrélation avec ceux trouvés par Duggan et al., et Couzy et al., qui ont montré la migration d'aluminium dans les aliments lors de l'utilisation de l'aluminium pour cuire longuement et à grand feu des aliments [7, 8].

Ayant observé que les quantités d'aluminium relarguées augmentaient avec la durée de chauffage, nous avons choisi de fixer le temps de chauffage à 30 mn pour l'étude des autres liquides. Ainsi, pour le milieu ER, les quantités obtenues ont été respecti-

vement pour les trois marmites de 51,38 mg/l, 34,37 mg/l et 42,79 mg/l, soit une moyenne de 42,84 mg/l. Ces taux sont comparables à ceux obtenus avec l'eau distillée dans les mêmes conditions. Les autres constituants de l'eau de robinet, notamment les minéraux, ont eu peu d'influence sur le relargage de l'aluminium à partir des marmites.

Pour le milieu ES, des quantités plus importantes d'aluminium ont été relarguées dans le milieu après 30 mn de chauffage à l'ébullition dans les marmites M1, M2 et M3 avec respectivement pour la première, deuxième et troisième marmites : 92,77 mg/l, 84,96 mg/l et 180,23 mg/l, soit en moyenne 119,32 mg/l. ces résultats sont en accord avec décrits par d'autres auteurs [9, 10].

Pour le milieu EV les quantités obtenues après 30 minutes de chauffage ont été respectivement pour M1, M2 et M3 de 4,993 mg/l, 4,68 mg/l et 9,67 mg/l, soit une moyenne de 6,44 mg/l. Ceci montre que les quantités d'aluminium libérées avec le milieu EV sont inférieures à celles libérées avec les autres solutions. Par ailleurs pour le milieu EC les méthodes de dosage utilisées n'ont pas permis de déterminer les teneurs en aluminium. Ceci pourrait être expliqué par le fait que le jus de citron et le vinaigre renferme des acides carboxyliques tels que : l'acide citrique, l'acide succinique, l'acide butyrique, l'acide acétique, l'acide oxalique et des acides aminés comme l'arginine, l'histidine capables de chélater les ions aluminium [11]. Des études ont montré que des quantités d'aluminium ont été relarguées dans le milieu contenant du citron pendant la cuisson [12]. La quantité d'aluminium libérée est fonction de la concentration du produit et de la durée de chauffage et peut atteindre plus de 900 mmol/l (24,3 mg/l) [12].

De telles quantités, même si elles ont été très supérieures aux apports moyens journaliers ont été en dessous de la dose maximum tolérable, définie par la FAO et l'OMS à 1 mg/kg/jour [12,13].

CONCLUSION

Les résultats obtenus ont montré que les quantités d'aluminium libérées à partir des marmites ont augmenté sous l'influence de facteurs tels que la température, le temps de chauffage, la présence ou non de sel. Les quantités d'aluminium libérées à partir du milieu ES après 30 minutes de chauffage sont supérieures à celles libérées dans les autres milieux d'étude. Les quantités d'aluminium élevées trouvées avec le milieu ES requièrent une attention particulière (59,66 mg dans les 500 ml) même si les teneurs sont inférieures à l'apport moyen journalier recommandé par la FAO et l'OMS (1 mg/kg/j).

Cela dit, la méthode colorimétrique utilisée n'a pas permis de détecter les quantités d'aluminium libérées en présence de citron, ce qui pourrait être fait en utilisant d'autres méthodes plus sophistiquées dont la

spectrophotométrie d'absorption atomique électrothermique à effet Zeeman (ZGFAAS).

13. World Health Organisation (WHO) : Evaluation of certain food additives and contaminants; thirty-third Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization, 1989, No. 776.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. JANSSON E.T. Aluminum exposure and Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's disease*. 2001; 3 : p. 541-549.
2. GUPTA V.B., ANITHA S., HEGDE M.L., ZECCA L., et al., Aluminium in Alzheimer's disease: are we still at a crossroad? *Cell Mol Life Sci*. 2005; 62: p. 143–158.
3. KONISHI Y, YAGYU K, KINEBUCHI H, SAITO N, YAMAGUCHI T et OHTSUKI Y. Chronic Effect of Aluminium Ingestion on Bone in Calcium-Deficient Rats. *Pharmacology & Toxicology*, 1996, 78, p 429–434.
4. SAVORY J., WILLIS M.R. Dialysis fluids as a source of aluminium accumulation. *Contrib Nephrol*. 1984, 38: p. 12-23.
5. BOYCE BF, FELL GS, ELDER HY, JUNOR BJ, ELLIOT HL, BEASTALL G, FOGELMAN I, BOYLE IT. Hypercalcaemic osteomalacia due to aluminium toxicity. *Lancet*.1982, (8306), p:1009-1013.
6. BECARIA A., LAHIRI D. K., BONDY S. C., CHEN D., HAMADEH A., LI H., TAYLOR R., CAMPBELL A. Aluminium and copper in drinking water enhance inflammatory or oxidative events specifically in the brain. *Journal of Neuroimmunology*, Volume 176, Issues 1–2, July 2006: p 16-23.
7. Duggan JM, Dickeson JE, Tynan PF, Houghton A and Flynn JE. Aluminium beverage cans as a dietary source of aluminium. *Med J Aust*. 1992; 156: p : 604-605.
8. Couzy F, Mareschi JP. Implications nutritionnelles des interactions entre les éléments minéraux. *Cahier Nutr. Diet*. 1988 ; XXII (2) : p 154-162.
9. MEI L., YAO T. "Aluminium contamination of food from using aluminium ware". *International Journal of Environment Analytical Chemistry* 1993 (50) p. 1-8.
10. MÜLLER J.P., STEINEGGER A., SCHLATTER C. Contribution of aluminium from packaging materials and cooking utensils to the daily aluminium intake. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 1993 197 (4): p. 332-341.
11. KARBOUJ R. Aluminium leaching using chelating agents as compositions of food. *Food Chem Toxicol*. 2007; 45: p.41, 65, 82.
12. Gramiccioni L, Ingraio G, Milana MR, Santaroni P and Tomassi G. Aluminium levels in Italian diets and in selected foods from aluminium utensils. *Food Addit Contam*. 1996;13: p 767-774.