

Etude sur la Cuisson des Aliments dans des Ustensiles de Cuisine en Aluminium

Par A. R. DESCHREIDER, Ingénieur-Chimiste

Laboratoire Central du Ministère des Affaires Economiques, Bruxelles

Introduction

Nous abordons ici un problème qui a déjà fait couler beaucoup d'encre si l'on considère les nombreuses publications relatives à la toxicité et à la non-toxicité de l'aluminium.

A nouveau, on note un regain des attaques contre l'emploi d'ustensiles en aluminium, notamment au Canada et en Angleterre.

Nous avons eu la bonne fortune d'entrer en possession de deux brochures^{1, 2} s'élevant contre l'emploi actuellement si répandu de cette vaisselle. Devant les conclusions auxquelles arrivent les auteurs, il nous est apparu

¹ H. J. FORCE, *Des poisons formés par les ustensiles de cuisine en aluminium*, Bulletin No. 1, distribué par le Club Anti-Cancer de Montréal (Canada).

² M. CLEMENT, *Aluminium a Menace to Health*. Publié par True Health Publishing Company, London 1949.

nécessaire de procéder à une étude approfondie du problème de la cuisson des aliments en ustensiles d'aluminium et apporter ainsi notre contribution aux études similaires effectuées dans d'autres pays.

Notre but est de savoir si oui ou non des quantités notables d'aluminium se retrouvent dans des aliments préparés *normalement* dans la vaisselle d'aluminium.

Nous exposerons successivement dans cette étude:

- La méthode utilisée pour nos dosages.
- L'ébullition de l'eau dans diverses circonstances.
- La préparation de divers aliments.

Nous réservons un chapitre spécial au lait et au nettoyage des récipients.

Enfin nous formulons les conclusions qui découlent de l'ensemble du travail.

I. Le dosage de l'aluminium

Le dosage de cet élément dans les eaux de distribution bouillies ne pose pas de problème de destruction de la matière. En effet, après ébullition, l'eau ayant servi aux essais est transvasée dans un ballon jaugé, acidifiée légèrement à l'acide chlorhydrique en vue de redissoudre les sels formés. Après refroidissement on porte au volume de départ afin d'exprimer les résultats en mg par litre de liquide mis en œuvre.

Il en est autrement pour les aliments qui doivent d'abord subir une oxydation humide sulfonitrique.

On a opéré sur un poids connu d'aliment cuit dont l'humidité fut déterminée de façon à exprimer les résultats sur produit sec si nécessaire. Sauf stipulation contraire, nous avons donné la teneur en aluminium des *aliments cuits* sur produit tel quel, de façon à connaître la quantité d'aluminium y contenue telle qu'elle se présente pour l'aliment au moment de son ingestion.

Après minéralisation et mise en solution de l'aliment, le fer a été éliminé suivant la méthode de LAMPITT et SYLVESTRE³, puis l'aluminium dosé suivant les méthodes connues, par gravimétrie sous forme d'hydroxyquinolate d'aluminium lorsqu'il y a 50 mg d'aluminium ou moins, ou par volumétrie (bromuration) lorsqu'il y a 25 mg d'aluminium ou moins.

II. Attaque des récipients en aluminium par l'eau

Il est indéniable que l'eau de distribution présente une certaine agressivité vis-à-vis de l'aluminium.

C'est ainsi que nous avons relevé les valeurs suivantes obtenues toutes après une ébullition d'une demi-heure.

Récipients neufs

A 20,5 p.p.m.

B 8,2 p.p.m.

Récipients en cours d'utilisation

A 6,3 p.p.m.

B 8,4 p.p.m.

C traces

D 10,0 p.p.m.

Ces chiffres confirment les essais de MASSATSCH⁴ selon lesquels l'eau de distribution bouillie de 5 minutes à 2 heures contient de 0,7 à 17 mg d'aluminium par litre.

Il semble que dans certains cas l'ébullition qui s'effectue lorsque l'ustensile est neuf à une tendance à entraîner plus de métal.

Contrairement à certaines affirmations, même l'eau bidistillée peut être très légèrement agressive et nos essais ont révélé la présence de 2 p.p.m. d'aluminium après une demi-heure d'ébullition.

Quoi qu'il en soit l'eau pure ne se charge que de très petites quantités d'aluminium.

Cependant en pratique culinaire on utilise la plupart du temps une eau acidulée, salée ou les deux ensemble, ou bien une eau carbonatée comme c'est le cas dans la cuisson de certains légumes.

Quelle sera la corrosion des récipients dans ces conditions? *Envisageons en premier lieu le cas de l'ébullition d'eau salée.*

Dans son étude sur l'aluminium utilisé pour le transport du lait, KOHN-ABREST⁵ a fait des essais avec de l'eau salée à 4 % en utilisant des plaquettes métalliques de 800 cm² de surface (deux faces) et d'un poids de 100 g.

Dans ces conditions, pour un métal à 97,32 % de pureté, il observe au cours d'une immersion du métal pendant 28 jours dans la solution salée froide, une formation d'alumine totale quotidienne de 0,18 g pour 100 g de métal. L'attaque à chaud au bain-marie en 24 heures a été de 0,14 g d'alumine formée sur la lame. Enfin de l'aluminium à 99,77 % forme environ 0,1 g d'alumine par jour pour 100 g de métal.

Nous avons bouilli des disques d'aluminium à 99,5 % de pureté (l'impureté étant constituée de silicium et de fer dans le rapport 1/2) dans de l'eau salée à 4 % et nous n'avons obtenu que des traces d'aluminium.

Dans d'autres cas au cours de l'utilisation de récipients dont la pureté du métal ne nous était pas connue, nous avons obtenu pour l'un 8,3 et 7,3 mg d'aluminium par litre d'eau et pour l'autre 47,0 - 0,7 - 37,4 - 14,6 et 24,1 mg de métal.

Si nous considérons le cas le plus défavorable nous observons que l'alumine formée est environ de 0,135 g pour une surface métallique sensiblement égale à celle utilisée par KOHN-ABREST.

Notons que l'agressivité dépend du hasard et que même le métal de haute pureté n'échappe pas à la corrosion.

Nous avons effectué des essais systématiques en faisant bouillir toujours le même temps, c.-à-d. une demi-heure, des solutions salées de concentrations croissantes. Les résultats figurent dans le tableau 1 ci-dessous et sont exprimés en mg par litre.

⁴ C. MASSATSCH, A. G. I, 75 (1929), cité d'après H. HADORN, Mitt. Lebensm. Hyg. XXXVIII, 314-53 (1947).

⁵ E. KOHN-ABREST, Ann. Fals. Fraudes 1949, 161.

³ L. H. LAMPITT et N. D. SYLVESTRE, Analyst 57, 418 (1932).

Tableau 1
Corrosion de l'aluminium par l'eau salée

% NaCl	Récipient 1	Récipient 2	Métal à 99,5 %	
			3	4
0	6,3	8,4	traces	10,0
½	7,9	12,0	36,1	25,3
1	20,2	9,7	traces	31,1
1½	14,2	6,1	traces	38,5
2	10,4	10,0	traces	traces
2½	9,4	4,3	traces	5,0
3	4,3	8,0	traces	traces
3½	7,8	5,6	traces	traces
4	3,6	4,5	traces	traces
4½	3,4	5,2	0	0
5	3,7	3,3	0	0

Les résultats obtenus sont déroutants, la quantité d'aluminium passant dans l'eau salée, incohérente au début, semble se stabiliser de 0 à quelques milligrammes par litre.

Comme nous l'affirmons, un métal très pur n'est pas à l'abri d'une corrosion passagère. Bien mieux, il ne se comportera pas toujours de façon identique. C'est ainsi que deux disques (3 et 4) de haute pureté, provenant du même lot de fabrication se corrodent différemment, l'un d'eux subissant une corrosion plus intense que l'autre.

Il semble que par ébullition répétée dans l'eau salée, il y ait un certain «rodage» au cours duquel l'attaque est plus ou moins prononcée, puis apparaît une stabilisation de cette dernière à une valeur négligeable.

Notons cependant, que si l'on reprend la cuisson d'aliments après ces ébullitions successives et qu'ensuite on fait rebouillir de l'eau salée, les quantités d'aluminium passant dans celle-ci augmentent à nouveau et sont toujours incohérentes sans pour cela devenir excessives.

Nous verrons plus loin que l'on retrouve des quantités d'aluminium beaucoup plus faibles dans l'eau salée provenant de la cuisson d'aliments que dans l'eau salée pure.

Ebullition d'eau vinaigrée

TURAN⁶ relate qu'une solution acétique à 0,5 % ne dissout que des traces de métal lorsqu'elle a séjourné 40 heures dans un récipient en aluminium alors qu'après ébullition elle renferme 20 mg.

Nous avons fait bouillir de l'eau acidulée à l'acide acétique pendant une demi-heure. Les résultats obtenus furent les suivants :

Récipients	1	2	3	4	5
mg/litre d'Al. . . .	8,4	18,5	5,1	3,8	2,5

⁶ G. TURAN, Aluminium 12, 3 (1930).

Une fois de plus on remarquera que la quantité d'aluminium passant dans l'eau est loin d'être excessive, du moins dans des conditions culinaires normales.

Ebullition d'eau bicarbonatée et carbonatée

C'est une pratique assez répandue que d'ajouter un peu de bicarbonate ou de carbonate de sodium à l'eau de cuisson de certains légumes.

On admet en général que l'eau alcaline augmente notablement l'attaque du métal. C'est ce qui ressort notamment des rapports de J. M. BRYAN⁷ et du Ministère de la Santé d'Angleterre⁸. Le premier ayant constaté que des choux cuits dans la crème contenaient 2,4 p. p. m. d'aluminium, teneur atteignant 90,5 p. p. m. après cuisson avec addition de carbonate, le second signalant que les récipients culinaires peuvent être endommagés s'ils sont nettoyés avec un alcali.

De l'eau de distribution contenant 0,5 % de bicarbonate ou 0,5 % de carbonate bouillie une demi-heure en récipient d'aluminium nous a donné les teneurs en aluminium (mg/litre) suivantes :

Tableau 2

Corrosion de l'aluminium par le carbonate et le bicarbonate de soude

Récipients	0,5 % NaHCO ₃	0,5 % Na ₂ CO ₃
1	13 (0,25 % de bicarbonate) 402	814
2		
3	48	
4	19	
5	10,7	544
	729,5	1349,5

Le comportement des récipients est tout aussi erratique que lors de l'ébullition d'eau salée; cependant on remarque que la corrosion peut devenir impressionnante et que le carbonate est beaucoup plus agressif que le bicarbonate.

Les teneurs élevées en aluminium que l'on trouve dans ces conditions fait proscrire formellement l'addition de ces produits à l'eau de cuisson des aliments préparés en récipients d'aluminium tel que cela se pratique parfois en vue de les rendre plus tendres ou de conserver leur couleur.

Cette pratique permet d'expliquer les valeurs élevées, que nous indiquons plus loin, trouvées par certains auteurs dans divers aliments préparés.

III. La cuisson de divers aliments

De nombreux auteurs se sont préoccupés de l'attaque des récipients en aluminium par les aliments. Nous com-

⁷ J. M. BRYAN, Food Investigation Special Report No. 50, His Majesty's Stationery Office, London 1948.

⁸ Ministry of Health Report: Aluminium in Food, by G. W. MONIER-WILLIAMS, London 1935.

parerons plus loin les valeurs qu'ils citent avec celles que nous avons obtenues.

Il nous faut préalablement signaler que les essais de cuisson que nous avons entrepris s'entendent pour les parties comestibles et nettoyées de l'aliment. Le processus de préparation est identique à celui que la ménagère réalise dans sa cuisine.

MONIER-WILLIAMS⁹ au chapitre qu'il consacre à l'aluminium, écrit: « Cet élément est quasi complètement absent dans les tissus animaux et végétaux... Les résultats relatant des quantités considérables d'aluminium dans les tiges et les feuilles des plantes sont généralement dus au fait que la poussière a été insuffisamment enlevée, et la teneur réelle en aluminium de tels tissus est rarement plus élevée que 5 à 10 p.p.m.!»

Cette affirmation n'est pas tout à fait exacte et nous verrons que plusieurs végétaux comestibles contiennent des quantités assez notables d'aluminium. D'ailleurs, dans un travail extrêmement bien documenté et effectué de façon systématique par H. HADORN¹⁰ on relève que des légumes comme le persil contiennent 42,8 à 44,8 p.p.m. d'aluminium, les pois jaunes écosés 42,6 à 44,8 p.p.m. pour ne citer que ceux-là. La présence de ce métal dans les végétaux a d'ailleurs été relatée par de nombreux auteurs ainsi que cela ressort d'un tableau comparatif établi par HADORN.

Selon O. HÖGL¹¹ qui s'appuie sur les travaux de VON FELLEBERG et HADORN il serait erroné de croire comme de nombreux savants l'ont laissé supposer que l'aluminium n'est pas indispensable aux fonctions vitales du corps.

L'évaluation de l'aluminium effectué par des méthodes exactes dans les différents tissus des aliments a donné lieu à de très nettes différenciations. Aussi HÖGL en déduit que l'on pourrait en conclure que l'aluminium sert de matière durcissante pour les peaux et pelures rugueuses. Toutefois cette supposition devrait encore être étayée par d'autres essais.

Dans le tableau 3 ci-dessous on trouvera les quantités d'aluminium cédées par les ustensiles aux aliments. Nous avons chaque fois procédé à une cuisson témoin en récipient de verre pyrex ou de fonte émaillée. Les temps de cuisson qui figurent dans ce tableau sont ceux qui sont nécessaires pour obtenir un produit cuit à point.

Tableau 3
Cuisson d'aliments en ustensiles d'aluminium

Nature de l'aliment	Temps de cuisson (en minutes)	Récipient en pyrex ou émaillé (Al en p.p.m.)	Récipient en aluminium (Al en p.p.m.)	Aluminium cédé par le récipient (en p.p.m.)
<i>Fruits</i>				
Rhubarbe avec sucre	15	5,6	62,6	57
Rhubarbe sans sucre	15	13,3	48,7 à 40,1	35,5 à 26,8
Pommes (compote)	20	—	3,5 à 1,6	—
<i>Légumes</i>				
Pommes de terre	60	0	0	0
Pommes de terre	20	0	0,6	0,6
eau de cuisson		0,6	4,2	3,6
Epluchures de pommes de terre crues		25,1		
Purée de tomates	60	0 à 0	6,6 à 4,6	6,6 à 4,6
Epinards		15,2	17,8	2,6
eau de cuisson		5,4	8,3	2,9
Epinards		39,5	49,6	10,1
eau de cuisson		3,7	7,2	3,5
Choux de Bruxelles	45	3,8	3,9	0,1
eau de cuisson		0,3	0,5	0,2
Choux rouges	90	0	0	0
Choux de Savoie	60	8,1	13,9	5,8
eau de cuisson		0,9	1,8	0,9
Choucroute	180	2,1	5,1	3,0
<i>Divers</i>				
Potage Julienne	180	0 à 0	0,4 à 2,75	0,4 à 2,75
Potage aux tomates		1 à 1	2,2 à 4,0	1,2 à 3,0
Macaroni	45	1,5	2,3 à 6,6	0,8 à 5,1
eau de cuisson		0,2	2,1	1,9
Riz	45	31,7	32,2 à 30,2	± 0,5

De ces nombreux essais on peut retenir:

a) Que la plupart des aliments contiennent une certaine quantité d'aluminium naturel et en ordre principal, la rhubarbe, les épinards, le riz et certains choux. Voici d'ailleurs les valeurs que nous avons obtenues par kilo d'aliment sec:

Epinard	242,5 mg à 604,9 mg
Choux de Bruxelles	28,8 mg et 31 mg
Choux rouges	traces
Pommes de terre	traces
Epluchures	146,7 mg
Choucroute	78 mg
Choux verts	8,1 mg
Macaroni	8,5 mg
Riz	151 mg
Rhubarbe	270,3 mg

⁹ G. W. MONIER-WILLIAMS, *Trace Elements in Food*, London 1950.

¹⁰ H. HADORN, *Mitt. Lebensm. Hyg. XXXVIII*, 314-53 (1947).

¹¹ O. HÖGL, *Chimia* 5, 239 (1951).

Tableau 4

Comparaison des résultats obtenus avec ceux de divers auteurs (valeurs données en p. p. m. sur produits tels quels)

Aliments	MELLON ¹²	BRYAN ¹³ 1948	LEHMANN ¹⁴ 1931	VON FELLENB- BERG ¹⁵ 1931	MASSATSCHE ¹⁶ 1929	EASTE ¹⁷ 1930	Nos analyses 1952
Rhubarbe	40,9	41,8				109,7	40,1 à 48,7
Pommes	112,7 (<i>apple butter</i>)			6—11	24—29		1,6 à 3,5 (<i>compote</i>)
Tomates	4,36 à 15,6		0 à 1,6				4,6 à 6,6
Choucroute				4,4			5,1
Eau distribution				1,8 à 9,8	0,7 à 17	34,9	4,5 à 20,5
Potage						4276	0,4 à 4,0
Choux dans la crème . .	90,8	2,4 90,5 + carbo- nate)					

b) Dans le cas de la pomme de terre, l'épluchure cependant bien lavée contient ce métal en quantité notable. Cependant nous ne trouvons pas une valeur aussi élevée que HADORN qui indique 1730, 1880 et 1450 par kilo de matière sèche alors que nous ne trouvons que 146,7 mg.

c) L'aluminium entraîné par corrosion des récipients est minime et parfois de loin inférieur à la teneur naturelle, sauf en ce qui concerne la rhubarbe qui montre une agressivité assez forte.

d) Les eaux de cuisson cependant salées contiennent en général beaucoup moins d'aluminium que les eaux salées bouillies sans aliments. Ce phénomène ressort très clairement si l'on rapproche les résultats du tableau 3 de ceux relatés dans les essais effectués avec de l'eau salée. Le rôle protecteur de l'aliment vis-à-vis de la corrosion de l'aluminium est ainsi établi.

HÖGL (*loc. cit.*) fait remarquer que certains produits plus particulièrement ceux qui contiennent des graisses ou des albumines en grande quantité absorbent des traces à peine perceptibles d'aluminium.

D'un autre côté, selon le même auteur, les aliments contenant des sels, n'agissent pas d'une manière agressive sur les ustensiles en aluminium. Et il affirme que même dans les cas les plus défavorables (produits fortement acides) l'augmentation de l'aluminium reste toutefois relativement très faible.

C'est à une conclusion similaire que nous arrivons lorsque nous examinons les résultats obtenus pour les divers aliments.

Il nous a paru intéressant d'établir une comparaison entre les valeurs trouvées par divers auteurs et nous pour des aliments semblables. Ces valeurs sont données au tableau 4.

Dans l'ensemble les valeurs trouvées sont assez semblables et démontrent nettement que la présence d'aluminium dans les aliments préparés est très faible. Sauf

s'il s'agit de certains aliments acides comme la rhubarbe, *apple butter*, ou bien dans le cas d'incorporation de carbonates comme pour les choux dans la crème.

Des aliments tels que la choucroute ou les tomates qui sont parfois signalés dans la littérature comme étant fortement agressifs vis-à-vis de l'aluminium, en réalité ne le sont pas. C'est ainsi que la choucroute dont la cuisson a duré trois heures n'a enlevé au récipient que 3 p. p. m.

Si l'on considère la quantité d'aluminium ingéré au cours d'un repas, même copieux, on constatera que l'accroissement de cette quantité par rapport à l'aluminium naturellement présent dans les aliments sera très minime, et ne saurait donner lieu à des phénomènes d'intoxication ou à l'apparition de maladies.

Il nous faut dire un mot de certains chiffres avancés par EASTE. Ce dernier a effectué en 1930 divers essais de cuisson d'aliments en récipients d'aluminium et ses résultats ont été repris dans la monographie de LE HUNTE COOPER intitulée *The Danger of Food Contamination by Aluminium* (3^e ed., London 1932).

Le moins que l'on puisse dire c'est que les valeurs avancées sont ahurissantes.

C'est ainsi qu'il trouve pour des groseilles vertes de 0,441 g à 2,211 g d'aluminium par litre et pour un potage 4,276 g par litre (300 grains par gallon)!

Imaginons cette quantité énorme d'aluminium sous forme d'un sel quelconque, nous croyons bien qu'un tel aliment dans ces conditions devient immangeable par suite de l'astringence communiquée par ce sel.

Nous avons essayé des cuissons similaires pour arriver à obtenir une quantité aussi extraordinaire d'aluminium dans les aliments, mais nous n'y sommes pas parvenus, loin de là.

Une seule explication est possible, c'est que EASTE ait cuit certains de ses aliments en présence de carbonate de soude. En effet, nous avons vu combien cette façon de procéder est agressive pour l'aluminium et encore faudrait-il supposer que l'eau carbonatée ait été bouillie avant d'y jeter l'aliment.

¹² est repris du travail de FORCE (*loc. cit.*).

¹³, ¹⁷ sont cités d'après M. CLEMENT (*loc. cit.*).

¹⁴, ¹⁵, ¹⁶ sont repris de HADORN (*loc. cit.*).

IV. La cuisson du lait et le nettoyage des récipients en aluminium

La cuisson du lait dans des poêlons d'aluminium mérite une attention plus spéciale pour deux raisons.

La première raison c'est que cet aliment est consommé en grande quantité par les enfants et M. CLEMENT (*loc. cit.*) relate que les recherches d'ordre médical ont démontré que les bébés peuvent être particulièrement sensibles à l'empoisonnement par l'aluminium. En conséquence, dit l'auteur, les mères feraient bien de ne jamais bouillir le lait dans des poêlons en aluminium.

La seconde raison c'est que la presse a signalé l'intoxication, au cours de l'été 1952, de 175 enfants d'une colonie de vacances à Biccari, province de Foggia dans le sud de l'Italie, et attribuait ce malheur à des sels d'aluminium qui se seraient formés dans le lait contenu dans un récipient d'aluminium.

Or l'enquête menée par les services officiels compétents a montré que l'intoxication avait été due à de la négligence dans la préparation, à partir de lait en poudre, du lait destiné au petit déjeuner des enfants. Au lieu de le faire le matin même, le personnel de cuisine avait la veille déjà délayé la poudre de lait dans de l'eau contenue dans un récipient d'aluminium et abandonné pour la nuit le liquide dans la cuisine. Rien d'étonnant alors à ce que, sous l'action de la forte chaleur, une fermentation exagérée se soit déclanchée. Il est médicalement bien connu que certains agents de fermentation anormale du lait (Bactéries des genres *proteus*, *coli*, *perfringens*...) secrètent des produits toxiques auxquels les enfants sont particulièrement sensibles et réagissent, après ingestion de ce lait, par des troubles gastriques ou intestinaux. Les symptômes d'intoxication observés à Biccari étaient précisément de cette nature: les enfants souffraient de gastrites accompagnées de quelques manifestations d'entérite. On peut donc attribuer sans ambiguïté au lait avarié la cause de l'intoxication.

Il est cependant intéressant, et aussi afin de réfuter les arguments de M. CLEMENT, de vérifier si et dans quelle mesure l'aluminium pourrait être attaqué par le lait.

VON FELLEBERG (*loc. cit.*) signale que le lait ne se charge que de traces d'aluminium et KOHN-ABREST (*loc. cit.*), en conclusion de ses recherches, affirme que l'aluminium peut servir sans inconvénient pour l'hygiène, au transport et à la manipulation du lait. La quantité d'aluminium pouvant passer dans celui-ci du fait d'un contact pendant 24 heures consécutives ne dépassant pas, calculée d'après ses expériences, 1,5 mg par litre de lait.

De leur côté HENDRICKX et DE VLEESCHAUWER¹⁸ dans une étude sur la corrosion des métaux dans l'industrie laitière, indiquent en ce qui concerne l'aluminium poli, les attaques suivantes (pour un lait à 18° Dornic).

Essais poursuivis pendant vingt jours:

à 5°C la perte de poids du métal est de 3 mg par m²

à 20°C la perte de poids du métal est de 5 mg par m²

à 50°C la perte de poids du métal est de 8 mg par m²

à 80°C la perte de poids du métal est de 17 mg par m²

et ils concluent que l'aluminium est peu corrodé à basse température et basse acidité. Ils notent également qu'il est fort attaqué par les produits alcalins.

Remarquons que le cas le plus défavorable signalé par les auteurs, donne lieu à l'apparition d'environ 1,5 mg d'aluminium par litre de lait séjournant dans un récipient de grandeur normale.

Nous avons procédé à l'ébullition de lait dans divers récipients d'aluminium. L'aliment fut analysé immédiatement après ébullition, ainsi qu'après repos de 24 heures dans les récipients.

Notons que le lait bouilli en poêlon émaillé est exempt d'aluminium.

No. des récipients	1	2	3	4	5
mg/litre Aluminium après ébullition	<i>nihil</i> 2,3	traces 1,1	—	2,05	1,95
<i>idem</i> après repos de 24 heures	1,6 3,9	3,8 3,5	2,9	3,5	2,70

Ainsi donc immédiatement après la cuisson le lait peut contenir de quelques traces à 2,5 p.p.m. d'aluminium.

On constate que le séjour du lait durant 24 heures dans le poêlon provoque un léger accroissement, la teneur du lait atteignant 3 à 4 p.p.m. L'augmentation est donc minime.

Cette faible teneur ne peut être une cause d'intoxication. On s'est demandé si le nettoyage du poêlon pouvait être une cause. En effet, après ébullition de lait le fond du récipient est souvent recouvert d'une couche adhérente de particules de caséine que l'on ne peut détacher qu'en utilisant une éponge de laine de fer ainsi qu'un produit détergent actif.

Pour cette raison nous avons fait procéder à un nettoyage énergique des récipients utilisée dans les essais précités à l'aide d'un détersif alcalin.

Ensuite nous avons fait bouillir de l'eau dans les poêlons et dosé l'aluminium entraîné.

No. du récipient	1	2	3	4	5
Premier nettoyage	6,6	23,9	20,9	1,35	1,50
Second nettoyage	17,6	11,9	26,9	<i>nihil</i>	<i>nihil</i>

Un nettoyage brutal des ustensiles en aluminium peut donc provoquer le passage du métal dans les aliments qui y seront cuits ultérieurement. Toutefois la teneur n'est pas encore excessive et loin de celle indiquée par EASTE (*loc. cit.*) lequel au cours de ses essais signale qu'en chauffant du lait dans un poêlon d'aluminium une quantité considérable de métal passe dans le lait. Il a

¹⁸ H. HENDRICKX et A. DE VLEESCHAUWER, Med. Land. Hog. En Opz. van de Staat te Gent, Part XVII, No. 2, 293 (1952).

obtenu 1,995 g d'aluminium par litre! Or nous n'avons atteint des quantités de cet ordre de grandeur qu'en faisant bouillir de l'eau carbonatée.

On sait que pendant la période chaude, le lait s'altère avec rapidité, si l'on ne prend pas certaines précautions en temps opportun. Parfois des laits acceptables coagulent dès qu'on les chauffe. On remédie à cet inconvénient par addition, au lait, de phosphate de soude, citrate de soude ou bicarbonate de soude. Cette pratique n'est pas tolérée dans le cas des laits destinés à la consommation en nature. On l'utilise dans certains cas pour le lait destiné à la fabrication du beurre ou d'autres dérivés.

J. M. PERRIN et P. PERRIN¹⁰ signalent que les bicarbonates alcalins sont souvent ajoutés à la dose de 1-2 grammes par litre. Dans quelles proportions l'attaque de l'aluminium sera-t-elle accentuée par cette addition?

C'est ce que nous avons voulu voir en procédant à l'ébullition d'un lait contenant 1 g/litre de bicarbonate de soude. L'analyse de ce lait a été faite immédiatement après la cuisson et ensuite après repos de 24 heures. Un essai similaire a été effectué avec du carbonate de soude.

En vue de comparer les doses d'aluminium passant dans le lait, on a fait bouillir de l'eau, contenant les mêmes quantités d'alcalis, pendant 5 minutes. Les résultats sont reportés au tableau 5.

Tableau 5
Ebullition de lait en présence d'alcalis

Nature de l'essai	Récipient 1		Récipient 2	
	analyse immédiate	analyse après 24 h.	analyse immédiate	analyse après 24 h.
Eau + 1 % bicarbonate	traces	39,0	traces	27,3
Lait + 1 % bicarbonate	2,2	5,2	1,8	3,4
Eau + 1 % carbonate	57,75	125,4	46,0	102,4
Lait + 1 % carbonate	4,70	7,95	3,3	7,15

La présence de carbonate ou de bicarbonate dans le lait n'a pour effet que d'augmenter légèrement la teneur en aluminium. Bien mieux si nous comparons les résultats à ceux d'eau alcaline de même teneur en bicarbonate et bouillie dans les mêmes conditions, nous constatons que la corrosion due aux alcalis est enrayée dans une très large mesure.

Cette constatation confirme notre thèse et celle de HÖGL à savoir que certains aliments jouent un rôle protecteur dans la corrosion des récipients en aluminium.

Nous voyons donc que la cuisson du lait effectuée normalement ne donne pas lieu à l'apparition d'aluminium en quantités que l'on pourrait appeler toxiques. Les

¹⁰ J. M. PERRIN et P. PERRIN, *Guide Pratique pour l'analyse du lait*, Paris 1909.

résultats avancés par EASTE, ainsi que ceux provoquant les intoxications relatives ne peuvent s'expliquer. Ils doivent avoir une autre cause qu'une simple attaque par ébullition.

D'ailleurs la quantité d'aluminium relatée par EASTE aurait pour effet de modifier profondément les qualités organoleptiques du lait consommé.

V. Conclusions

Sur la base des nombreux essais que nous avons réalisés que doit-on conclure?

En premier lieu il s'agit de se préoccuper des quantités d'aluminium que l'on pourrait ingérer. Or à ce sujet on rencontre dans la littérature des valeurs quotidiennes très variables.

C'est ainsi qu'en 1928 SMITH l'évalua à 500 mg, BETTS à la même époque estime que l'ingestion quotidienne d'aluminium est de 777 mg à 972 mg en comptant le pain qui en Amérique est préparé en utilisant un levain à base d'alun, enfin TURAN en 1930 l'évalua à 100 mg. Cette valeur s'entend uniquement pour l'aluminium apporté par la vaisselle.

Ces chiffres sont surfaits et nous pouvons nous rallier à l'opinion de H. HADORN (*loc. cit.*) selon laquelle une alimentation sans utilisation de récipients en aluminium apporte dans l'organisme 1,5 à 10 mg d'aluminium et l'apport supplémentaire dans le cas d'utilisation de tels récipients sera de 0,1 à 8 mg par jour.

Effectivement, nous pouvons conclure de nos essais que les aliments cuits dans la vaisselle en aluminium ne verront leur teneur augmenter que dans une faible mesure.

Est-ce à dire que dès lors on peut impunément utiliser ce métal dans la cuisine?

Nous sommes d'avis que malgré l'abondante littérature sur la non-toxicité de l'aluminium introduit dans l'organisme il faut toujours veiller à limiter son ingestion. Cette dernière pouvant être importante dans les cas suivants:

1. Lors de la préparation de produits de boulangerie à l'aide de levains à base d'alun. La législation belge défend expressément l'utilisation de tels levains. Nous ne pouvons que nous montrer d'accord à ce point de vue, car sur la base du rapport du Ministère de la Santé de Grande Bretagne (*loc. cit.*) les poudres fermentantes à base d'alun peuvent introduire dans le pain environ 0,05 % d'aluminium soit 500 p.p.m.

2. La cuisson de fruits acides augmente le taux d'aluminium.

3. La pratique de l'emploi de carbonates ou de bicarbonates alcalins peut être la cause d'une présence abondante d'aluminium dans les aliments, principalement lorsque les aliments sont jetés dans l'eau bouillante.

Nous estimons que rien ne s'oppose à l'emploi de récipients en aluminium dans le ménage, mais il y a certaines précautions indispensables à prendre et pour cela il faut

drait éduquer la ménagère. Ce rôle revient aux fabricants et aux vendeurs d'ustensiles en aluminium.

Nous recommanderons donc aux usagers des récipients en aluminium :

1. De ne pas cuire d'aliments dans un récipient neuf sans y avoir fait bouillir préalablement de l'eau, de façon à éliminer la petite quantité d'aluminium entraînée au cours de la mise en service.

2. De proscrire radicalement l'emploi de carbonates ou bicarbonates alcalins en vue de rendre les aliments plus tendres ou de conserver leur couleur naturelle.

3. De ne jamais nettoyer les récipients avec des mordants, principalement les alcalis qui ne contiennent pas d'inhibiteurs (Silicate de sodium...). Si l'emploi de la soude de ménage est donc à éviter, on peut par contre recourir à d'autres produits détergents spéciaux qui n'attaquent pas l'aluminium.

4. De maintenir les récipients en parfait état de propreté.

5. D'accorder la préférence à des ustensiles fabriquées avec de l'aluminium de haute pureté.

Si ces quelques précautions élémentaires sont prises, rien ne s'opposera à l'emploi de récipients en aluminium,

car nos expériences ont prouvé que dans ces conditions l'aluminium passant dans les aliments sera en minimales quantités, lesquelles ne présentent aucun caractère de toxicité.

Remarquons pour terminer que la Société des Experts Chimistes de France, fixant la teneur maximum en aluminium des aliments conservés, tolère des valeurs qui sont bien supérieures à celles que l'on pourrait rencontrer dans la pratique culinaire.

Ces chiffres admis, qui ont fait l'objet de recherches nombreuses, parlent en faveur de la non-toxicité du métal aux doses quotidiennes pouvant être ingérées par suite de la préparation des aliments dans des ustensiles en aluminium.

Signalons que l'on trouvera une documentation abondante au sujet de l'influence de l'aluminium sur l'organisme humain dans les articles de L. TRUFFERT²⁰ et H. HADORN (*loc. cit.*).

Monsieur R. VERDICKT, Chimiste en notre laboratoire, a collaboré aux nombreuses analyses nécessitées par le présent travail.

²⁰ L. TRUFFERT, Ann. Fals. Fraudes 1950, 346