

Maisons-Alfort, le 15 juillet 2008

Avis

de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments : actualisation de l'exposition par voie alimentaire de la population française à l'aluminium

LA DIRECTRICE GÉNÉRALE

Contexte général

Un rapport sur l'évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de la population française à l'aluminium a été réalisé en 2003 par l'Afssa, l'Afssaps et l'InVS. En juin 2006, le JECFA (Comité mixte d'experts FAO/OMS) a proposé une nouvelle dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP) pour l'aluminium de 1 mg/kg de poids corporel/semaine soit une dose 7 fois inférieure à l'ancienne DHTP proposée en 1989. L'Afssa a donc souhaité procéder à une nouvelle estimation de l'exposition alimentaire de la population française, affinée par la prise en compte des données complémentaires collectées depuis 2003. L'Afssa a parallèlement examiné les études toxicologiques sur lesquelles se fonde cette nouvelle DHTP¹.

Le comité d'experts spécialisé « Résidus et contaminants chimiques et physiques » a été consulté le 5 décembre 2007 et le 2 juillet 2008.

Rappels sur les origines et principaux usages de l'aluminium

L'aluminium est un des constituants majeurs de l'écorce terrestre (8,6% de l'ensemble des constituants). Cet élément, très abondant dans les sols, est très réactif et n'est jamais rencontré sous forme libre dans la nature.

L'étude de la spéciation de l'aluminium, c'est à dire de ses différentes formes chimiques, est complexe. Dans le milieu naturel, l'aluminium n'est jamais retrouvé sous forme de métal mais il est toujours combiné à d'autres éléments (particulièrement l'oxygène, la silice et le fluor), majoritairement sous forme oxydée du fait de sa forte affinité pour l'oxygène (alumine Al_2O_3 , insoluble dans l'eau). L'abondance des diverses formes physiques et chimiques de l'aluminium, ainsi que sa solubilité dans les milieux, dépendent d'un très grand nombre de paramètres physico-chimiques, dont le pH, la température, la teneur en carbone organique dissous et de nombreux ligands. Dans les sols qui, pour la plupart présentent des pH compris entre 4 et 10, l'aluminium est complexé à des hydroxydes, peu ou pas transférables vers les eaux souterraines, mais les nappes superficielles voire les nappes profondes en zone fissurée peuvent être contaminées par l'aluminium transporté par les eaux de ruissellement (transport d'argiles).

Seule la spéciation de l'aluminium dans l'eau peut être actuellement appréhendée. La spéciation de l'aluminium dans les aliments est difficile à apprécier d'autant plus qu'elle est probablement très largement modifiée au cours du transit dans le tube digestif.

Quelles que soient les techniques utilisées et les matrices étudiées, le dosage de l'aluminium reste actuellement délicat en raison de l'ubiquité de cet élément et des risques de contamination inter échantillons qui en résultent.

Les nombreuses propriétés physico-chimiques de l'aluminium (basse densité, malléabilité, résistance à la corrosion ...) en font un métal très utilisé dans de nombreux domaines :

- industries agro-alimentaires (colorants, additifs, emballages...)
- traitement des eaux d'alimentation

¹ L'Autorité européenne de sécurité des aliments (AES) a confirmé cette DHTP dans son avis de juillet 2008 sur « Safety of aluminium from dietary intake » .

- industrie pharmaceutique, cosmétique, applications médicales, chirurgie ...
- industries du bâtiment

Rappels toxicologiques et actualisation des Valeurs Toxicologiques de Références

La toxicité de l'aluminium a été établie sur la base des données expérimentales chez l'animal et des données épidémiologiques. Les conclusions des principaux rapports d'évaluation des risques parus depuis 2003² sont convergentes et soulignent les faiblesses méthodologiques des études expérimentales en rapport notamment avec :

- i) l'imprécision sur les teneurs en aluminium du régime alimentaire de base des animaux,
- ii) l'absence de détermination cinétique chez les animaux ne permettant pas de connaître leur exposition réelle à l'aluminium selon les voies d'administration, souvent différentes de la voie orale
- ii) la variabilité de la biodisponibilité de l'aluminium qui est conditionnée par de nombreux facteurs (pH, spéciation, effet matrice, facteurs physiologiques et pathologiques) et peut donc varier de 0,1 à 1% selon que l'aluminium provient de l'eau ou des aliments.
- iii) le fait que la plupart des études réalisées sont anciennes et donc réalisées selon des protocoles ne respectent pas les lignes directrices de l'OCDE, contribuant à une grande variabilité dans la définition des NOAELs³ ou LOAELs⁴ établis pour une même espèce.
- iv) l'absence de données sur la réversibilité ou non de certains effets rapportés (neuro-comportementaux)

Chez l'animal, l'aluminium se répartit largement dans tout l'organisme avec cependant un tropisme pour l'os et il franchit les barrières placentaire et hémato-encéphalique. Chez l'homme en population générale, la charge naturelle en aluminium est majoritairement distribuée entre le système osseux, les poumons, le foie et minoritairement dans le système nerveux central. Les connaissances sur la cinétique et la distribution de l'aluminium dans l'organisme demeurent néanmoins insuffisantes pour interpréter les dosages d'aluminium dans les liquides et tissus biologiques en tant que marqueurs d'exposition ou de la charge corporelle.

La toxicité aiguë de l'aluminium apparaît faible chez l'animal comme chez l'homme. Les effets observés en administration chronique portent essentiellement sur le système nerveux et l'os. Chez l'homme, les effets sur le système nerveux central (encéphalopathies, troubles psychomoteurs) et sur le tissu osseux sont essentiellement observés chez des sujets à risque exposés par d'autres voies que la consommation alimentaire, qui conduisent à l'accumulation de fortes quantités d'aluminium (patients insuffisants rénaux dialysés, alimentation parentérale, personnes professionnellement exposées...). Il n'existe en revanche pas de données épidémiologiques permettant d'argumenter ces effets potentiels dans la population générale à travers l'alimentation courante.

Il a été pris connaissance de publications récentes abordant la toxicité de l'aluminium notamment sous des aspects mécanistiques très ciblés *in vitro* et *in vivo* (par exemple recherche de modification du stress oxydatif, de plaques amyloïdes ...).

Aucun élément nouveau ne permet d'étayer l'implication de l'aluminium dans l'origine de la maladie d'Alzheimer.

² 2003 : date de parution du Rapport Afssa/Afssaps/InVS sur aluminium

Ont été examinées les conclusions du rapport « Committee On Toxicity (COT) of chemicals in food consumer products and environment. Sub-group report on the Lowermoor water pollution incident » (Jan. 2005) et les conclusions du « Draft Toxicological Profile for Aluminium » ATSDR (sept. 2006).

Il a par ailleurs été pris connaissance de l'avis de l'AESA 2008 sur « Safety of aluminium from dietary intake »

³ NOAEL : No Observed Adverse Effect Level, en français « dose maximale sans effet nocif observable »

⁴ LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level, en français « dose minimale pour un effet nocif observable »

Certaines publications récentes suggèrent un effet clastogène de l'aluminium en lien avec la formation d'espèces réactives de l'oxygène souvent considérée comme une forme de génotoxicité indirecte (Banasik 2004, Lankoff 2006, Lima 2007). Les études portant sur le potentiel cancérigène de l'aluminium ne sont pas très pertinentes en raison de méthodologies discutables mais les résultats disponibles ne montrent pas de causalité entre une exposition par voie orale et la survenue de cancer. L'aluminium ne fait pas l'objet de classement par le CIRC.

➤ Valeurs Toxicologiques de Référence

L'analyse des expérimentations animales par voie orale montre une grande dispersion des valeurs des NOAELs et des LOAELs pour un même sel d'aluminium et une même espèce animale ; les valeurs des NOAELs sont en général proches de celles des LOAEL, ce qui entâche leur pertinence pour fixer une (ou des) VTR.

L'ATSDR a toutefois proposé en 1999 un **MRL** (minimum risk level) sur la base des effets neurologiques et neurocomportementaux observés chez la souris (Golub, 1999) ; initialement évalué à **2 mg/kg pc/j**, ce MRL a été abaissée à **1 mg/kg pc/j** en 2006 sur la base d'une nouvelle étude de neurotoxicité (Golub, 2001) réalisée chez des souris exposées à du lactate d'aluminium via le régime alimentaire pendant toute la durée de la gestation jusqu'au sevrage des petits, les nouveaux nés étant exposés jusqu'à 2 semaines après le sevrage (de J21 à J35 post natal). Dans cette étude, le NOAEL de 26 mg/kg pc/j a été défini sur la base d'une baisse du poids corporel des nouveau-nés et le LOAEL de 130 mg/kg pc/j a été fixé au regard d'une légère altération du développement moteur et des fonctions cognitives des petits. Le **MRL de 1 mg/kg pc /j (Al)** a été calculé en appliquant un facteur de sécurité de 100 et un facteur de correction de 0,3 (facteur d'incertitude lié à la qualité des données) au NOAEL de 26 mg/kg/j

L'OMS a fixé en 1987 une DJA temporaire de 0,6 mg/kg pc/j pour tous les additifs alimentaires à base d'aluminium. En 1989, une dose hebdomadaire tolérable provisoire (**DHTP**) de **7 mg/kg pc** correspondant à un apport tolérable de 420 mg/semaine pour un adulte de 60 kg a été définie sur la base d'une étude de toxicité subchronique (6 mois) chez le chien (Pettersen 1990). Si la méthodologie adoptée pour définir cette DHTP est acceptable, l'étude sur laquelle elle se fonde comporte des limitations telles que le très faible nombre d'organes ou tissus examinés au plan histologique, le choix du sel d'Al (phosphate) jugé peu biodisponible et l'absence de données sur l'exposition des animaux.

Au cours de son 67^{ème} meeting tenu en 2006, le comité mixte d'experts FAO/OMS (JECFA) a réévalué cette DHTP sur la base des études citées notamment par l'IPCS (1997) et le COT⁵ (2005). Bien qu'aucune donnée vraiment nouvelle ne se dégage par rapport à la DHTP de 1989, il a toutefois été confirmé que :

- la solubilité des sels d'Al utilisés influence de manière importante la biodisponibilité de l'aluminium notamment chez l'homme,
- les données de toxicité chez l'animal sont de qualité insuffisante et les résultats sont discutables en raison de la mise en œuvre de protocoles non réglementaires et de l'absence d'études de toxicité à long terme pertinentes,
- les effets sur le système reproducteur et le développement du système nerveux, bien que discutables et pour lesquels aucune relation dose-effet ne peut être définie, sont décelés à des doses inférieures à celles utilisées lors de l'établissement de la DHTP précédente.

Le JECFA, constatant à juste titre que l'absence d'études pertinentes ne permettait pas de disposer de doses sans effets fiables pour la fixation de VTR, a retenu en 2006 l'option de se référer à la gamme des valeurs (50-75 mg/kg pc/j) représentative des données de la littérature et non plus aux résultats d'une étude particulière. Sur la base de la valeur la plus

⁵ COT : Committee on Toxicity of Chemicals in Food. Comité Scientifique indépendant rendant des avis pour la « Food Standard Agency » anglaise.

basse de 50 mg/kg pc /j (Al) considérée d'une part comme un LOAEL et d'autre part comme ne pouvant rendre compte des effets potentiels d'une administration à long terme, un facteur de sécurité de 100 assorti d'un facteur d'incertitude de 3 (potentiel bio-accumulatif) a conduit à définir une nouvelle **DHTP de 1 mg/kg pc/semaine** (Al). Cette DHTP s'applique à tous les composés d'aluminium présents dans l'aliment en incluant les additifs alimentaires L'AESA a confirmé cette DHTP dans son Opinion de juillet 2008.

Actualisation de l'estimation des apports alimentaire en aluminium dans la population française

L'ingestion d'aliments constitue 95% des apports quotidiens d'aluminium. La teneur en aluminium des produits frais d'origine végétale ou animale (fruits, légumes, viandes, poissons frais, épices, cacao, thé) est le reflet de la présence naturelle de cet élément dans l'environnement. Cette présence naturelle se situe le plus souvent dans une gamme de 1 à 10 mg/kg de matière humide brute. Pour d'autres denrées, comme les produits en conserve ou transformés, l'aluminium mesuré peut provenir d'un ajout d'additifs alimentaires ou de la migration à partir des emballages.

L'apport d'aluminium par les eaux de distribution peut être lié à la présence naturelle d'aluminium dans la ressource ou au traitement des eaux par des agents flocculants à base de sels d'aluminium⁶. En cas de dépassement de la référence de qualité de l'aluminium dans l'eau distribuée (200 µg/L), des mesures de gestion sont proposées dans la circulaire N°DGS/SD7A/2006/110 du 8 mars 2006.

L'Afssa a réalisé en juin 2008 une actualisation de l'estimation de l'exposition effectuée en 2003 pour la population française (adultes et enfants) ainsi qu'une évaluation de l'exposition des nourrissons (enfants de moins de 3ans) sur la base des données suivantes :

- i) enquête individuelle de consommation alimentaire sur les nourrissons de 1 à 36 mois réalisée par la TNS-SOFRES en 2005 pour le compte du Syndicat Français des Aliments de l'Enfance membre de l'Alliance 7,
- ii) enquête individuelle et nationale de consommation alimentaire (INCA2) sur la population générale (3 ans et plus) réalisée par l'Afssa de 2005 à 2007,
- iii) teneurs moyennes en aluminium des aliments émanant de données publiées par la Food Standard Agency (FSA, 2006) pour ce qui concerne les préparations infantiles et les aliments spécifiques pour nourrissons, et données issues de l'étude de l'alimentation totale française (Leblanc et al., 2005) comprenant 337 aliments tels que consommés⁷ dans l'enquête INCA 1999 (correspondant à une couverture de 90% du régime alimentaire) (Annexe 1).

Les principaux vecteurs alimentaires sont :

- pour les nourrissons : les groupes des légumes, du lait et des compotes de fruits
- pour les enfants, les adolescents et les adultes : les groupes des légumes hors pommes de terre, du pain et des produits de panification sèche.

L'estimation des apports en aluminium par les additifs alimentaires apparaît très hétérogène selon les pays, mais est considérée en France comme faible (quasi nulle pour les produits laitiers et mineure pour les autres applications ; cf. rapport Afssa 2003).

Cette nouvelle évaluation a permis d'estimer que l'apport moyen en aluminium lié aux denrées alimentaires est de 0.43 mg/kg pc/semaine chez les nourrissons et de 0.26 mg/kg pc/semaine en moyenne chez les enfants de 3 à 17 ans. Chez l'adulte (18 ans et plus) l'apport moyen en aluminium a été estimé à 0.16 mg/kg pc/semaine.

⁶ En cas de dépassement de la référence de qualité de l'aluminium dans l'eau distribuée (200 µg/L), des mesures de gestion sont proposées dans la circulaire N°DGS/SD7A/2006/110 du 8 mars 2006 Une limite de qualité de 200 µg/L est par ailleurs fixée pour les eaux minérales et les eaux de sources convenant à l'alimentation des nourrissons.

⁷ L'étude de l'alimentation totale basée sur l'analyse des aliments tels que consommés permet d'évaluer l'exposition à toutes les sources d'aluminium (sources naturelles, eau de boisson, additifs alimentaires, matériaux au contact des aliments et source d'aluminium potentiellement libérée au cours de la cuisson des aliments)

Chez les individus forts consommateurs (P97,5), ces apports s'élèvent à 0.93 mg/kg pc/chez les nourrissons, 0.68 mg/kg pc/semaine chez les enfants de 3 à 17 ans et 0,38 mg/kg pc/semaine chez l'adulte (Annexe 2).

Sur la base de ces données l'estimation totale de l'exposition alimentaire française serait donc comprise entre 0,16 et 0,93 mg/ kg pc/semaine selon l'âge et le niveau de consommation considéré. Ces valeurs restent inférieures à la nouvelle DHTP de 1 mg/kg pc/semaine (AI).

Dans ces estimations l'eau est apparue comme un contributeur minoritaire à l'exposition globale (inférieur à 1% en moyenne quels que soient les sous groupes de la population considérés).

Ces estimations sont cohérentes avec celles du rapport Afssa 2003 et avec les données d'exposition de la TDS 1 de 2005⁸. Elles ont en outre permis d'apporter des éléments d'information concernant l'exposition des nourrissons. Compte tenu toutefois de l'utilisation de données anglaises pour le calcul d'exposition des nourrissons, il pourrait être utile de conforter ces premières estimations sur la base de données française de contamination en des aliments infantiles en aluminium.

Ces résultats d'exposition complètent, pour la population française, les estimations réalisées au niveau européen par l'AESA.

Conclusion

L'examen des données d'exposition française à l'aluminium par l'alimentation au regard de la nouvelle DHTP du JECFA fixée à 1 mg/kg p.c./sem (soit environ 8,5 mg/jour pour un adulte), montre que les risques de surexposition possibles sont faibles. En effet, l'apport total estimé, toutes catégories d'aliment confondues, reste inférieur à la nouvelle DHTP de 1 mg/kg pc/semaine, aussi bien en moyenne qu'au 97.5^e percentile quel que soit les catégories de la population concernée y compris les nourrissons.

La nouvelle étude de l'alimentation totale actuellement engagée par l'Afssa permettra, grâce à la même méthode que l'enquête EAT 2004, d'évaluer d'éventuelles évolutions des apports en aluminium par l'alimentation de la population française.

Références bibliographiques

67th report of the joint FAO/WHO expert Committee on food additive. Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Technical Report Series 940 (Rome 2006)

Afssa/Afssaps/InVS (novembre 2003) Rapport sur l'Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de la population française à l'aluminium : eaux, aliments, produits de santé

ATSDR (septembre 2006) Draft Toxicological Profile for Aluminium US Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry

Banasik A, Lankoff A, Piskulak A, Adamowska K 2005 Al induced micronuclei and apoptosis in human peripheral blood lymphocytes treated during different phases of the cell cycle. *Envir Toxicol* 20:402-406

Becaria A, Lahiri DK, Bondy SC, Chen D, Hamadeh A, Li H, Taylor R, Campbell A 2006 Aluminium and copper in drinking water enhance inflammatory or oxidative events specifically in the brain *J of Neuroimmunology* 176 16-23

Colomina MT, Roig JL, Torrente M et al 2005.

⁸ Les données d'exposition de la TDS française 2005 ont été reportées dans le cadre de l'Opinion de l'AESA de juillet 2008.

Concurrent exposure to aluminium and stress during pregnancy in rats : effects on postnatal development and behavior of the offspring. *Neurotoxicol. Teratol* 27:565-574

Committee on toxicity (COT) of chemicals in food consumer products and the environment. Sub-group report on the Lowermoor water pollution incident (Jan 2005)

EFSA (2008), Safety of aluminium from dietary intake.

Exley C 2006

Aluminium and iron, but neither copper nor zinc, are key to the precipitation of β -sheets of $A\beta_{42}$ in senile plaque cores in Alzheimer's disease *J of Alzheimer's Disease* 10 173-177

Farina M, RottaLN, Soares FA et al 2005.

Hematological changes in rats chronically exposed to oral aluminium. *Toxicology* 209(1):29-37

Golub MS, Germann SL, Han B et al 2000 . Lifelong feeding of a high aluminium diet to mice. *Toxicology* 150:107-117

Golub MS, Germann SL 2001. Long term consequences of developmental exposure to aluminium in a suboptimal diet for growth and behaviour in Swiss Webster mice. *Neuro toxicol. Teratol* 23:365-372

Gupta BV, Anitha S, Hedge MI, Zecca L, Garruto RM, Ravid R, Shankar SK, Stein R, Shanmugavelu P, Rao SJ 2005

Aluminium in Alzheimer's disease: are we still at a crossroad ? *CMLS Cell Mol Life Sci* 62 143-158

Kawahara M 2005

Effects of aluminium on the nervous system and its possible link with neurodegenerative diseases *J of Alzheimer's disease* 8 171-182

Lankoff A, Banasik A, et al 2006. A comet assay study reveals that Al induces DNA damage and inhibits the repair of radiation-induced lesions in human peripheral blood lymphocytes. *Toxicology Letters* 161 27-36

Lima PD, Leite DS, Vasconcellos MC, Cavalcanti BC, Santos RA, Costa-Lotufo LV, Pessoa C, Moras MO, Burbano RR 2007

Genotoxic effects of aluminium chloride in cultured human lymphocytes treated in different phases of cell cycle *Food Chem Toxicol* Jul 45(7):1154-9

Nehru B, Anand P 2005. Oxidative damage following chronic aluminium exposure in adult and pup rat brains. *J Trace Elem Med Biol* 19(2-3):203-208

Orihuela O, Meichtry V, Pizarro M 2005

Aluminium-induced impairment of transcellular calcium absorption in the small intestine: calcium uptake and glutathione influence *J of inorganic Biochem* 99 1879-1886

Perl DP, Moalem S 2006

Aluminium and Alzheimer's disease, a personal perspective after 25 years *J of Alzheimer's disease* 9 291-300

Pettersen JC, Hackett DS, Zwicker GM, Sprague GL 1990

Twenty-six week toxicity study with KASAL (basic sodium aluminium phosphate) in beagle dogs *Envir Geochem. Health* 12(1-é):121-123

Platt B 2006

Experimental approaches to assess metallotoxicity and ageing in models of Alzheimer's disease *J of Alzheimer's disease* 10 203-213

Priest ND 2004. The biological behaviour and bioavailability of aluminium in man with special reference to studies employing aluminium-26 as a tracer. Review and supply data. *J Environ Monit* 6(5):375-403

Rapport Lowermoor (janvier 2005)

Committee on Toxicity of Chemicals in food, consumer Products and the Environment. Subgroup report on the Lowermoor Waterpollution Incident

Roig JL, Fuentes S, Teresa CM, et al 2006. Aluminium restraint stress and aging: Behavioral effects in rats after 1 and 2 years of aluminium exposure. *Toxicology* 218(2-3):112-124

Rondeau V, Iron A, Letenneur L, Commenges D, Duchene F, Arveiler B 2006

Analysis of the effect of aluminium in drinking water and transferrin C2 allele on Alzheimer's disease *Europ J of Neurology* 13 1022-1025

Santibanez M, Bolumar F, Garcia AM 2007

Occupational risk factors in Alzheimer's disease: a review assessing the quality of published epidemiological studies *Occup Environ Med* Nov; 64(11):723-32

Yumoto S, Nagai H, Kobayashi K et al 2003. ²⁶Al incorporation into the brain of suckling rats through maternal milk. *J Inorg Biochem* 97:155-160

Walton JR 2007 An aluminium-based rat model for Alzheimer's disease exhibits oxidative damage, inhibition of PP2A activity, hyperphosphorylated tau and granulovacuolar degeneration *J Inorg Biochem sep*; 101(9): 1275-84

La Directrice générale de l'Agence française
de sécurité sanitaire des aliments

Pascale BRIAND

**Annexe 1 :
Niveaux de contamination des aliments**

Tableau 1. Teneurs en aluminium de différents groupes d'aliments consommés par les nourrissons et les enfants de 1 à 36 mois (TDS 1, Leblanc et al., 2005 ; FSA, 2006)

Groupes de produits	Source de données utilisée	Nb Ech	Moyenne AI (en mg/kg PF)
Lait 1 ^{er} âge poudre	FSA	10	0.68
Lait 1 ^{er} âge liquide	FSA	4	0.06
Lait 1^{er} âge		14	0.50
Lait 2 ^{ème} âge poudre	FSA	15	0.95
Lait 2 ^{ème} âge liquide	FSA	9	0.08
lait 2^{ème} âge		24	0.62
Lait croissance poudre	FSA	1	0.56
Lait croissance liquide	FSA	3	0.11
Lait croissance		4	0.22
Lait chèvre	FSA	3	0.88
Boisson soja	FSA	2	2.03
Préparations infantiles		47	0.63
Lait courant	TDS	16	0.19
Total Lait		63	0.52
Pain	TDS	8	4.43
Biscottes	FSA	7	2.61
Pain et Biscottes		15	3.58
Céréales pour petit déjeuner	FSA	27	1.02
Barres de céréales	FSA	9	7.20
Autres céréales	TDS	4	0.84
Céréales		40	2.40
Compotes et fruits cuits	TDS	8	0.39
Petits pots compotes spécifiques bébés	FSA	7	1.53
Compotes		15	0.92
Entremets	TDS	14	1.42
Desserts spécifiques enfants	FSA	12	1.69
Desserts		26	1.55
Plats composés	TDS	63	1.18
Plats à base de pâtes/fromage	FSA	16	0.91
Total plats		79	1.13
Semoule	TDS	2	0.87
Riz	FSA	8	0.78
Riz et semoule		10	0.80
Petits pots, plats, soupes légumes spécifiques bébés	FSA	7	1.42
Légumes seuls	TDS	198	3.22
Légumes		205	3.15
Abats	TDS	18	0.52
Beurre	TDS	2	0.08
Biscuits	FSA	8	4.57

Groupes de produits	Source de données utilisée	Nb Ech	Moyenne AI (en mg/kg PF)
Boissons chaudes	TDS	4	1.03
BRSA	TDS	46	0.45
Charcuterie	TDS	32	2.23
Chocolat	TDS	4	3.69
Condiments et sauces	TDS	12	1.13
Crustacés et mollusques	TDS	18	17.12
Eaux	TDS	12	0.05
Entrées	TDS	4	4.93
Fromages	TDS	16	0.44
Fruits	TDS	79	0.41
Fruits secs et graines oléagineuses	TDS	22	4.10
Glaces	TDS	2	3.91
Huiles	TDS	2	0.05
Légumes secs	TDS	16	1.08
Margarine	TDS	2	0.05
Oeufs et dérivés	TDS	30	0.10
Pâtes	TDS	2	0.39
Pâtisserie	TDS	12	1.40
Pizzas, quiches et pâtisseries salées	TDS	6	2.24
Poissons seuls	TDS	62	0.51
Soupes	TDS	38	1.09
Sucres et dérivés	TDS	18	1.51
Ultra frais laitier	TDS	30	0.33
Viandes seules	TDS	44	0.21
Viennoiseries	TDS	12	2.89
Volailles et gibiers seuls	TDS	24	0.26
Petits pots poisson et légumes spécifiques bébés	FSA	7	0.47
Petits pots viande et légumes spécifiques bébés	FSA	45	1.07

Tableau 2. Teneurs moyennes en aluminium par groupes d'aliments issus de l'étude de l'alimentation totale (TDS 1, Leblanc et al., 2005)

Groupes de produits	Nb Ech	Moyenne Al (en mg/kg PF)
Pain, biscottes	12	4.06
Céréales pour petit déjeuner	10	3.00
Pâtes	2	0.39
Riz et semoule	6	0.42
Autres céréales	4	0.84
Viennoiseries	12	2.89
Biscuits	14	5.29
Pâtisserie	12	1.40
Lait	16	0.19
Ultra frais laitier	30	0.33
Fromages	16	0.44
Oeufs et dérivés	30	0.10
Beurre	2	0.08
Huiles	2	0.05
Margarine	2	0.05
Viandes	44	0.21
Volailles et gibiers	24	0.26
Abats	18	0.52
Charcuterie	32	2.23
Poissons	62	0.51
Crustacés et mollusques	18	17.12
Légumes (hors pommes de terre)	198	3.22
Pommes de terre et apparenté	26	0.59
Légumes secs	16	1.08
Fruits	79	0.41
Fruits secs et graines oléagineuses	22	4.10
Glaces	2	3.91
Chocolat	4	3.69
Sucres et dérivés	18	1.51
Eaux	12	0.05
BRSA	46	0.45
Boissons alcoolisées	22	0.52
Café	12	0.24
Boissons chaudes	4	1.03
Pizzas, quiches et pâtisseries salées	6	2.24
Sandwiches, casse-croûte	12	1.38
Soupes	38	1.09
Plats composés	75	1.28
Entrées	4	4.93
Entremets	12	1.65
Compotes et fruits cuits	8	0.39
Condiments et sauces	12	1.13
Boissons de l'effort et substitut de repas	2	1.41

**Annexe 2 :
Résultats de l'estimation de l'exposition à l'aluminium**

Tableau 3. Estimation des apports hebdomadaires en aluminium chez les nourrissons et enfants de 1 à 36 mois

	Ensemble de la population				Seuls consommateurs			
	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem	Contribution à la DHTP %	Taux de consommateurs %	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem
Préparation 1è âge liquide	0.00	0.00	0.00	0.02	0.28	0.07	0.01	0.00
Préparation 1è âge poudre	0.02	0.04	0.13	1.82	19.01	0.10	0.03	0.13
Total Préparation 1è âge	0.02	0.04	0.13	1.84	19.29	0.10	0.03	0.13
Préparation 2è âge liquide	0.00	0.01	0.03	0.15	5.67	0.03	0.01	0.03
Boissons lactées à base de lait 2è âge	0.00	0.01	0.02	0.16	12.48	0.01	0.01	0.02
Préparation 2è âge poudre	0.02	0.04	0.13	2.40	34.33	0.07	0.03	0.13
Total préparation 2è âge	0.03	0.04	0.13	2.72	43.69	0.06	0.04	0.13
Lait de croissance liquide	0.00	0.01	0.03	0.32	13.76	0.02	0.01	0.03
Lait de croissance poudre	0.00	0.00	0.00	0.01	0.14	0.06		0.00
Total lait de croissance	0.00	0.01	0.03	0.33	13.90	0.02	0.01	0.03
Lait de chèvre	0.00	0.01	0.00	0.04	0.28	0.13	0.00	0.00
Boisson au soja	0.00	0.03	0.00	0.26	0.99	0.26	0.11	0.00
Préparations infantiles	0.05	0.05	0.15	5.18	72.20	0.07	0.05	0.15
Lait courant	0.01	0.03	0.09	1.41	36.03	0.04	0.04	0.09
Total laits	0.07	0.05	0.16	6.60	98.16	0.07	0.05	0.16
Plats composés sauf pâtes	0.00	0.01	0.03	0.20	9.08	0.02	0.02	0.03
Plats à base de pâtes	0.00	0.01	0.02	0.10	4.40	0.02	0.01	0.02
Total plats	0.00	0.01	0.04	0.30	12.20	0.02	0.02	0.04
Petits pots ou soupes pour enfants à base de légumes	0.07	0.09	0.28	7.17	71.21	0.10	0.09	0.28
Légumes frais	0.07	0.12	0.42	6.65	45.39	0.15	0.14	0.42
Total légumes	0.14	0.15	0.53	13.82	75.75	0.18	0.15	0.53
Entremets	0.01	0.02	0.08	0.83	16.17	0.05	0.04	0.08
Desserts enfants	0.03	0.07	0.22	3.07	25.82	0.12	0.08	0.22
Total desserts	0.04	0.07	0.23	3.90	40.43	0.10	0.08	0.23
Pain	0.01	0.02	0.09	0.93	22.70	0.04	0.03	0.09
Biscottes	0.00	0.00	0.01	0.03	4.40	0.01	0.01	0.01
Total pain et biscottes	0.01	0.02	0.09	0.96	24.68	0.04	0.03	0.09

	Ensemble de la population				Seuls consommateurs			
	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem	Contribution à la DHTP %	Taux de consommateurs %	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem
Semoule	0.00	0.00	0.01	0.07	5.67	0.01	0.01	0.01
Riz	0.00	0.01	0.02	0.18	14.47	0.01	0.01	0.02
Tota riz et semoule	0.00	0.01	0.02	0.25	18.72	0.01	0.01	0.02
Céréales pour petit déjeuner	0.01	0.01	0.04	0.72	53.76	0.01	0.01	0.04
Barres de céréales	0.00	0.00	0.00	0.01	0.28	0.04	0.00	0.00
Autres céréales	0.00	0.00	0.00	0.02	8.65	0.00	0.00	0.00
Total céréales	0.01	0.01	0.04	0.76	56.88	0.01	0.01	0.04
Petits pots fruits	0.05	0.07	0.24	4.84	44.11	0.11	0.07	0.24
Compotes et fruits cuits	0.00	0.01	0.03	0.33	22.13	0.01	0.01	0.03
Total compotes	0.05	0.07	0.24	5.17	62.27	0.08	0.08	0.24
Biscuits	0.02	0.04	0.12	1.74	31.92	0.05	0.07	0.12
Petits pots poisson+Légumes	0.02	0.05	0.16	2.49	25.25	0.10	0.05	0.16
Petits pots viande+légumes	0.00	0.01	0.03	0.29	11.92	0.02	0.01	0.03
Soupes	0.01	0.04	0.13	1.23	16.60	0.07	0.06	0.13
Légumes secs	0.00	0.00	0.01	0.05	3.26	0.02	0.01	0.01
Beurre	0.00	0.00	0.00	0.00	32.34	0.00	0.00	0.00
Margarine	0.00	0.00	0.00	0.00	5.25	0.00	0.00	0.00
Huiles	0.00	0.00	0.00	0.00	13.76	0.00	0.00	0.00
Ultra frais laitier	0.01	0.02	0.06	1.35	55.60	0.02	0.02	0.06
Viande	0.00	0.00	0.01	0.11	37.31	0.00	0.00	0.01
Volaille	0.00	0.00	0.00	0.02	8.09	0.00	0.00	0.00
Abats	0.00	0.00	0.00	0.01	1.28	0.01	0.01	0.00
Poisson	0.00	0.00	0.01	0.13	21.28	0.01	0.00	0.01
Crustacés et mollusques	0.00	0.03	0.00	0.22	1.70	0.13	0.15	0.00
Charcuterie	0.01	0.01	0.05	0.72	29.65	0.02	0.02	0.05
Œufs et dérivés	0.00	0.00	0.00	0.01	14.04	0.00	0.00	0.00
Sauces et condiments	0.00	0.00	0.01	0.09	36.74	0.00	0.00	0.01
Viennoiseries	0.00	0.01	0.05	0.41	11.49	0.04	0.03	0.05
Pâtisseries	0.00	0.01	0.02	0.11	6.24	0.02	0.02	0.02
Fruits frais	0.00	0.01	0.03	0.44	28.09	0.02	0.01	0.03
Chocolat	0.00	0.01	0.02	0.16	11.06	0.01	0.01	0.02
Fruits secs et graines oléagineuses	0.00	0.00	0.00	0.04	2.70	0.02	0.02	0.00
Boissons chaudes	0.00	0.00	0.01	0.11	19.01	0.01	0.01	0.01

	Ensemble de la population				Seuls consommateurs			
	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem	Contribution à la DHTP %	Taux de consommateurs %	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem
Pates	0.00	0.00	0.02	0.21	25.11	0.01	0.01	0.02
Eaux	0.00	0.01	0.02	0.37	73.62	0.01	0.01	0.02
Fromages	0.00	0.00	0.01	0.12	28.51	0.00	0.00	0.01
BRSA et jus	0.01	0.02	0.05	0.68	36.60	0.02	0.02	0.05
Pizza et quiches	0.00	0.01	0.03	0.14	3.69	0.04	0.02	0.03
Sucres et dérivés	0.00	0.01	0.03	0.26	30.78	0.01	0.01	0.03
Glaces	0.00	0.00	0.00	0.05	1.56	0.03	0.02	0.00
Entrées	0.00	0.00	0.00	0.04	0.99	0.04	0.03	0.00
Apport total	0.43	0.23	0.93	43.39	100.00	0.43	0.23	0.93

Tableau 4. Apports hebdomadaires en aluminium chez les enfants et adolescents de 3 à 17 ans (classement par contributeur majoritaire) :

Libellé des groupes	Ensemble de la population				Contribution à la DHTP %	Seuls consommateurs			
	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem			Taux de consommateurs %	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem
légumes (hors pommes de terre)	0.048	0.115	0.389	4.8	95.9	0.050	0.117	0.429	
pain et panification sèche	0.033	0.028	0.096	3.3	95.0	0.034	0.028	0.096	
pâtisseries et gâteaux	0.018	0.023	0.078	1.8	83.6	0.022	0.024	0.080	
biscuits sucrés ou salés et barres	0.017	0.039	0.107	1.7	80.4	0.023	0.045	0.119	
plats composés	0.016	0.020	0.069	1.6	91.2	0.018	0.020	0.070	
chocolat	0.014	0.022	0.076	1.4	78.9	0.020	0.025	0.093	
viennoiserie	0.013	0.019	0.066	1.3	66.8	0.019	0.020	0.072	
entremets, crèmes desserts et laits gélifiés	0.011	0.021	0.068	1.1	64.7	0.019	0.024	0.095	
céréales pour petit déjeuner	0.010	0.016	0.049	1.0	60.1	0.017	0.019	0.065	
boissons fraîches sans alcool	0.010	0.018	0.070	1.0	91.3	0.011	0.018	0.073	
pommes de terre et apparentés	0.006	0.005	0.019	0.6	94.6	0.006	0.005	0.020	
glaces et desserts glacés	0.006	0.011	0.041	0.6	41.0	0.018	0.014	0.057	
eaux	0.006	0.004	0.015	0.6	97.5	0.006	0.004	0.015	
fruits	0.005	0.008	0.024	0.5	83.4	0.006	0.009	0.026	
soupes et bouillons	0.005	0.010	0.030	0.5	45.5	0.010	0.012	0.036	
ultra-frais laitier	0.004	0.008	0.034	0.4	90.7	0.005	0.009	0.035	
charcuterie	0.004	0.009	0.024	0.4	89.6	0.004	0.010	0.026	
crustacés et mollusques	0.004	0.012	0.046	0.4	18.0	0.027	0.021	0.076	
pizzas, quiches et pâtisseries salées	0.004	0.013	0.031	0.4	64.5	0.009	0.019	0.077	
pâtes	0.003	0.003	0.012	0.3	88.8	0.004	0.003	0.012	
lait	0.003	0.005	0.013	0.3	81.3	0.003	0.005	0.014	
autres boissons chaudes	0.003	0.008	0.021	0.3	58.5	0.005	0.011	0.035	
sucres et dérivés	0.002	0.005	0.016	0.2	81.7	0.003	0.005	0.019	
sandwichs, casse-croûte	0.002	0.004	0.015	0.2	42.9	0.007	0.005	0.019	
condiments et sauces	0.002	0.004	0.014	0.2	88.4	0.003	0.005	0.015	
poissons	0.002	0.003	0.010	0.2	78.7	0.003	0.003	0.011	
riz et blé dur ou concassé	0.002	0.003	0.009	0.2	71.4	0.003	0.003	0.010	
compotes et fruits cuits	0.002	0.004	0.013	0.2	46.2	0.004	0.006	0.019	
viande	0.002	0.002	0.007	0.2	91.2	0.002	0.002	0.007	
légumes secs	0.001	0.004	0.013	0.1	32.1	0.005	0.006	0.020	
fromages	0.001	0.001	0.005	0.1	85.4	0.001	0.001	0.005	

Libellé des groupes	Ensemble de la population				Contribution à la DHTP %	Taux de consommateurs %	Seuls consommateurs		
	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem				Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem
volaille et gibier	0.001	0.001	0.004		0.1	75.8	0.001	0.001	0.004
fruits secs et graines oléagineuses	0.000	0.002	0.003		0.0	19.1	0.003	0.007	0.014
oeufs et dérivés	0.000	0.000	0.001		0.0	55.4	0.000	0.000	0.002
café	0.000	0.001	0.002		0.0	8.2	0.003	0.003	0.013
boissons alcoolisées	0.000	0.001	0.001		0.0	7.8	0.002	0.003	0.012
beurre	0.000	0.000	0.001		0.0	85.5	0.000	0.000	0.001
huile	0.000	0.000	0.000		0.0	76.7	0.000	0.000	0.000
abats	0.000	0.000	0.001		0.0	7.3	0.001	0.001	0.003
autres céréales	0.000	0.000	0.000		0.0	3.0	0.003	0.003	0.010
margarine	0.000	0.000	0.000		0.0	36.7	0.000	0.000	0.000
aliments destinés à une alimentation particulière	0.000	0.000	0.000		0.0	1.3	0.008	-	0.008
autres graisses	0.000	0.000	0.000		0.0	2.4	0.000	-	0.000
total	0.262	0.164	0.681		26.2	100.0	0.262	0.164	0.681

Tableau 5. Apports hebdomadaires en aluminium chez les adultes (18 ans et plus) (classement par contributeur majoritaire) :

Libellé des groupes	Ensemble de la population				Contribution à la DHTP %	Seuls consommateurs			
	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem	Taux de consommateurs %		Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem	
pain et panification sèche	0.032	0.028	0.104	3.2	97.0	0.033	0.028	0.104	
légumes (hors pommes de terre)	0.032	0.063	0.232	3.2	98.6	0.033	0.063	0.232	
autres boissons chaudes	0.015	0.031	0.108	1.5	55.7	0.029	0.038	0.136	
plats composés	0.009	0.011	0.038	0.9	85.1	0.010	0.011	0.039	
café	0.006	0.008	0.026	0.6	78.6	0.008	0.008	0.027	
pâtisseries et gâteaux	0.006	0.009	0.029	0.6	71.6	0.009	0.009	0.034	
boissons alcoolisées	0.006	0.009	0.032	0.6	67.5	0.009	0.010	0.035	
fruits	0.005	0.008	0.027	0.5	84.3	0.006	0.008	0.029	
crustacés et mollusques	0.004	0.011	0.037	0.4	31.5	0.018	0.016	0.058	
eaux	0.004	0.003	0.013	0.4	95.4	0.005	0.003	0.013	
soupes et bouillons	0.004	0.007	0.025	0.4	49.3	0.008	0.008	0.032	
viennoiserie	0.004	0.008	0.027	0.4	45.0	0.008	0.010	0.036	
entremets, crèmes desserts et laits gélifiés	0.003	0.007	0.023	0.3	50.2	0.007	0.009	0.030	
potatoes et apparentés	0.003	0.003	0.010	0.3	90.0	0.003	0.003	0.010	
biscuits sucrés ou salés et barres	0.003	0.012	0.023	0.3	51.9	0.007	0.019	0.054	
boissons fraîches sans alcool	0.003	0.006	0.018	0.3	70.0	0.004	0.007	0.026	
sucre et dérivés	0.002	0.004	0.013	0.2	83.2	0.003	0.004	0.014	
charcuterie	0.002	0.005	0.015	0.2	89.6	0.002	0.005	0.017	
glaces et desserts glacés	0.002	0.005	0.016	0.2	30.7	0.009	0.008	0.029	
chocolat	0.002	0.006	0.016	0.2	44.2	0.006	0.010	0.037	
pâtes	0.001	0.002	0.005	0.1	77.0	0.002	0.002	0.006	
pizzas, quiches et pâtisseries salées	0.001	0.005	0.012	0.1	53.3	0.005	0.008	0.026	
céréales pour petit déjeuner	0.001	0.005	0.014	0.1	16.5	0.008	0.009	0.033	
ultra-frais laitier	0.001	0.002	0.008	0.1	83.0	0.002	0.002	0.009	
condiments et sauces	0.001	0.002	0.007	0.1	91.4	0.001	0.003	0.008	
sandwichs, casse-croûte	0.001	0.003	0.009	0.1	37.6	0.005	0.004	0.014	
viande	0.001	0.001	0.003	0.1	91.0	0.001	0.001	0.003	
riz et blé dur ou concassé	0.001	0.002	0.005	0.1	63.1	0.001	0.002	0.006	
fromages	0.001	0.001	0.003	0.1	89.4	0.001	0.001	0.004	
poissons	0.001	0.001	0.004	0.1	77.6	0.001	0.002	0.005	
légumes secs	0.001	0.002	0.007	0.1	28.4	0.003	0.004	0.013	

Libellé des groupes	Ensemble de la population				Contribution à la DHTP %	Taux de consommateurs %	Seuls consommateurs		
	Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem				Moyenne mg/kg pc/sem	Ecart-type mg/kg pc/sem	97.5è percentile mg/kg pc/sem
volaille et gibier	0.001	0.001	0.003		0.1	74.1	0.001	0.001	0.003
compotes et fruits cuits	0.001	0.002	0.005		0.1	30.6	0.002	0.003	0.009
lait	0.000	0.001	0.003		0.0	48.9	0.001	0.001	0.003
fruits secs et graines oléagineuses	0.000	0.002	0.004		0.0	27.5	0.002	0.005	0.015
aliments destinés à une alimentation particulière	0.000	0.005	0.000		0.0	12.4	0.023	0.033	0.176
oeufs et dérivés	0.000	0.000	0.001		0.0	61.0	0.000	0.000	0.001
abats	0.000	0.000	0.001		0.0	15.2	0.001	0.001	0.003
beurre	0.000	0.000	0.000		0.0	80.6	0.000	0.000	0.000
huile	0.000	0.000	0.000		0.0	81.3	0.000	0.000	0.000
autres céréales	0.000	0.000	0.000		0.0	2.3	0.002	0.002	0.010
margarine	0.000	0.000	0.000		0.0	38.7	0.000	0.000	0.000
autres graisses	0.000	0.000	0.000		0.0	2.4	0.000	0.000	0.000
total	0.163	0.089	0.382		16.3	100.0	0.154	0.089	0.382