

## Fiche 8 : Evaluation des risques sanitaires liés au dépassement de la référence de qualité de l'aluminium dans les eaux destinées à la consommation humaine

### 1 - Origine et sources de contamination

Au niveau de la ressource : l'aluminium est principalement d'origine géologique (altération naturelle des roches, ruissellement sur les sols) et peut se rencontrer dans l'eau sous les trois formes : insoluble, colloïdale et soluble, correspondant notamment à des silico-aluminates, des hydroxydes, des formes libres ou complexes minérales ou organiques (mesurés indirectement dans l'eau par la turbidité).

Au niveau de la production des eaux d'alimentation :

Les sels d'aluminium (sulfate d'aluminium, sels d'aluminium prépolymérisés) sont utilisés lors du traitement des eaux comme réactifs chimiques dans l'étape de coagulation.

### 2 - Méthode de traitement des eaux destinées à la consommation humaine

Conformément à l'article R.\* 1321-48 du code de la santé publique, l'utilisation de produits et procédés de traitement est soumise à autorisation du ministre chargé de la santé. La circulaire du 28 mars 2000<sup>59</sup>, donne la liste des produits et des procédés autorisés à cette date.

Les informations collectées permettent d'identifier les traitements suivants pour diminuer les teneurs en aluminium, sans préjudice des dispositions autorisant ces traitements :

Etape de clarification :

- coagulation – floculation – séparation – filtration,
- filtration ou filtration lente.

La turbidité de l'eau filtrée doit être  $\leq 0,5$  NFU.

Les trihydroxydes d'aluminium étant amphotères, le pH de l'eau lors de la décantation ou de la flottation est un paramètre qui règle l'équilibre entre les formes ionisées (cationiques ou anioniques) et l'hydroxyde. En dehors de la zone de pH comprise entre 6 et 7,2 ; les fractions ionisées entraînent un dépassement de la limite de qualité de 200  $\mu\text{g/L}$ , d'autant plus important que l'on s'éloigne de cette zone.

L'aluminium peut également traverser les filtres sous la forme de micro-floc<sup>60</sup>. L'optimisation de la coagulation et l'ajout d'adjuvant de coagulation (poly-électrolytes cationiques ou anioniques) contribuent à la réduction de ce micro-floc.

Ainsi les fuites en aluminium dans une eau traitée par un sel de ce métal peut traduire une conception défectueuse des installations ou, le plus souvent, de mauvaises conditions de traitement. D'une manière générale, la teneur en aluminium d'une eau filtrée est toujours plus élevée pendant la phase de maturation du filtre (20 premières minutes après la remise en fonctionnement).

### 3 - Méthodes d'analyse

L'arrêté du 17 septembre 2003<sup>61</sup> relatif aux méthodes d'analyse des échantillons d'eau et à leurs caractéristiques de performances précise que, dans le cas de l'aluminium total, la justesse, la fidélité et la limite de détection ne doivent pas dépasser 10 % de la valeur paramétrique (soit 20  $\mu\text{g/L}$ ) et que la limite de quantification ne doit pas être supérieure à 30  $\mu\text{g/L}$ .

Il est spécifié en outre que l'analyse doit être effectuée sur un échantillon non filtré acidifié à  $\text{pH} \leq 2$ .

<sup>59</sup> Circulaire DGS/VS 4 n° 2000-166 du 28 mars relative aux produits de procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine, NOR : *MESP0030113C*

<sup>60</sup> assemblage de particules fines entre elles et/ou d'éléments de taille plus importante pour constituer des particules plus grosses.

<sup>61</sup> Arrêté du 17 septembre 2003 relatif aux méthodes d'analyse des échantillons d'eau et à leurs caractéristiques de performance, NOR : *SANP0323688A*, JORF du 7 novembre 2003, p. 19027 à 19033

Les laboratoires disposent de plusieurs méthodes normalisées pour déterminer la teneur en aluminium total de l'eau :

- NF EN ISO 12020:2000 – Qualité de l'eau – Dosage de l'aluminium – Méthode par spectrométrie d'absorption atomique (SAAF et SAAET).
- ISO 10566:1994 - Qualité de l'eau – Dosage de l'aluminium – Méthode par spectrométrie à l'aide du violet de pyrocatechol.
- NF EN ISO 11885:1998 – Qualité de l'eau – Dosage de 33 éléments par spectroscopie d'émission atomique avec plasma couplé par induction (ICP-AES).
- PR NF EN ISO 15586:2001 (Projet) - Qualité de l'eau – Dosage des éléments-traces par spectrométrie d'absorption atomique en four graphite.
- FD T90-119 (Fascicule de documentation) - Qualité de l'eau – Dosage d'éléments minéraux (Al, Sb, Ag, As, ...Ti,V) (SAA).
- ISO 17294-2:2003 – Qualité de l'eau - Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) – Dosage de 62 éléments.

## Incertitude analytique

L'incertitude de mesure peut être estimée à partir d'essais interlaboratoires en déterminant le coefficient de variation de la reproductibilité (CVR%).

**Tableau 8.1 : Evolution de l'incertitude pour différentes gammes de concentration en aluminium dans l'eau à partir du CVR% estimé par AGLAE, à partir d'essais interlaboratoires, toutes méthodes analytiques confondues – Source : AGLAE, 2003**

Niveau de concentration dans l'eau (µg/L)	50	100	150	200
CVR %	17,2%	15,5%	14,9%	14,7%
Estimation de l'incertitude* (µg/L)	± 17	± 31	± 45	± 59

\* Intervalle de confiance à 95 % pour une mesure réalisée par un laboratoire quelconque sous contrôle qualité

## 4 - Exposition

### 4.1 Les eaux distribuées

#### 4.1.1 Données antérieures à 2004 issues de la base SISE-Eaux

Le programme réglementaire de contrôle sanitaire défini par le décret 89-3 du 3 janvier 1989 modifié prévoyait, pour les installations produisant plus de 100 m<sup>3</sup>/j de 1 analyse tous les deux ans à 20 analyses par an, selon que l'eau était d'origine souterraine ou superficielle et en fonction de l'importance du captage ou de la production. Pour les installations produisant moins de 100 m<sup>3</sup>/j le décret ne prévoyait pas de contrôle. Les prélèvements devaient être faits aux captages et en sortie de production.

**Tableau 8.2 : Répartition des volumes distribués en pourcentage en fonction des teneurs en aluminium total et des origines des eaux produites 1999 – 2001**

Source de données : SISE-EAUX /DGS/DRASS/DDASS – Afssa

Teneurs en aluminium total en mg/L	Valeurs moyennes				Valeurs maximales			
	Eaux souterraine	d'origine	Eaux superficielle	d'origine	Eaux souterraine	d'origine	Eaux superficielle	d'origine
≤ 0,2		99,3 %		99,2 %		97,5 %		85,3 %
> 0,2 et ≤ 0,5	0,51 %		0,73 %		2,02 %		10,65 %	
> 0,5 et ≤ 1	0,02 %	0,7 %	0,02 %	0,8 %	0,26 %	2,5 %	2,46 %	14,7 %
> 1	0,14 %		0,02 %		0,22 %		1,56 %	

L'étude porte sur environ 25 % des installations de production d'eau (soit 7 018 installations) mais qui représentent en volume 85% des eaux distribuées (78 % pour celles d'origine souterraine et 95 % pour celles d'origine superficielle). Environ 99% des volumes produits quelle que soit l'origine de l'eau respectent la référence de 0,2 mg/L en valeur moyenne.

Par ailleurs, l'analyse des données disponibles sur une période de 4 ans (janvier 1999 à décembre 2002) montre que la valeur du 95<sup>ème</sup> percentile des résultats des 2730 analyses<sup>62</sup> dépassant la référence de qualité est de 2,41 mg/L (le 50<sup>ème</sup> percentile de 0,32 mg/L).

#### 4.1.2 Données issues d'une enquête réalisée en 2001

L'enquête préconisée par la circulaire DGS n°2001/190 du 12 avril 2001 avait pour objectif principal d'établir un bilan de la situation des teneurs en aluminium dans les eaux destinées à la consommation humaine.

Le tableau 8.3 donne la répartition et la part de la population concernée par différentes teneurs maximales en aluminium relevées. Dans cette enquête, la population totale alimentée par des stations utilisant un traitement à base d'aluminium et dont la population desservie et/ou le volume produit sont renseignés, correspond à 15 920 950 personnes sur l'ensemble du territoire (630 installations).

**Tableau 8.3 : Répartition de la population alimentée par des stations de traitement d'eau utilisant un traitement à base d'aluminium en fonction des teneurs maximales en aluminium relevées**

Teneur aluminium en	≤ 0,2 (RQ)	entre 0,2 et 0,5 mg/L	entre 0,5 et 1 mg/L	entre 1 et 2 mg/L	entre 2 et 3 mg/L	> 3 mg/L	Total
Nombre de stations de traitement	412 (65%)	133 (20,6%)	57 (8,8%)	18 (2,8%)	3 (0,5%)	7 (1,1%)	630
Population potentiellement concernée	12 055 231 (75,7%)	3 060 558 (19,22%)	478 175 (3%)	291 752 (1,83%)	6 725 (0,04%)	28 509 (0,18%)	15 920 950

<sup>62</sup> Analyses réalisées sur des prélèvements effectués soit en production, soit en distribution.

Ainsi, 3 865 719 personnes (soit près du quart de la population concernée) sont potentiellement exposées à des teneurs en aluminium dans l'eau distribuée supérieures à la référence de qualité et 5 % (environ 805 000 personnes) à des teneurs en aluminium dans l'eau qui peuvent dépasser 0,5 mg/L.

Il s'agit de valeurs maximales enregistrées au niveau des installations, les dépassements de la référence de qualité pouvant être de courte durée.

Des données plus complètes sont disponibles dans la partie 6 du rapport (Afssa – Afssaps – Invs, 2003).

#### 4.2 Aluminium dans les aliments

La présence d'aluminium dans les aliments ou dans l'eau de boisson résulte soit d'un phénomène naturel, soit d'un ajout d'additifs alimentaires, soit enfin d'une migration du contenant vers le contenu (emballages ou ustensiles de cuisine).

Le tableau 8.4 donne l'estimation de l'exposition alimentaire en aluminium tirée des données de la littérature scientifique.

**Tableau 8.4 : Récapitulatif de l'exposition alimentaire en aluminium pour différents pays**

Pays	Type d'étude	Apports estimés			Référence
		population	Apport moyen d'aluminium (mg/j)	Apport maximal ou percentile élevé (mg/j)	
France	Analyse du régime total (avec eau)	Adultes (> 15 ans)	1,62	3,21 (97,5 <sup>ème</sup> percentile)	Leblanc <i>et al.</i> , 2004
		Enfants (3 à 14 ans)	1,26	2,53 (97,5 <sup>ème</sup> percentile)	
France	Consommation × contamination	Adultes (> 15 ans)	2,78	5,57 (97,5 <sup>ème</sup> percentile)	(Afssa – Afssaps – Invs, 2003) à partir de Biego <i>et al.</i> , 1998
		Enfants (3 à 14 ans)	1,8	4,07 (97,5 <sup>ème</sup> percentile)	
France	Repas dupliqué – restauration collective*		2,03	5,96 (97,5 <sup>ème</sup> percentile)	Noël et Guerin, 2003
France	Repas dupliqué		2,8	5,7 (97,5 <sup>ème</sup> percentile)	Biego <i>et al.</i> , 1998
UK	Analyse du régime total	(adultes)	3,4	5,7 (97,5 <sup>ème</sup> percentile)	1997 UK Total Diet Study - Ysart <i>et al.</i> , 2000
UK	Analyse du régime total	(population générale) (adultes)	11 12	29 (limite supérieure)	1994 UK Total Diet Study Ysart <i>et al.</i> , 1999
Italie	Analyse du régime total		2,5 – 6,3		Gramiccioni <i>et al.</i> , 1996
USA	Analyse du régime total		14,3		Iyengar <i>et al.</i> , 1987

\* Si l'on considère que les aliments qui ont été préparés par ces collectivités ont très certainement été au contact de matériaux en aluminium (ustensiles, barquettes ...)

#### Estimation des apports par migration à partir des emballages et des ustensiles.

La migration est conditionnée par la qualité du matériau, par l'existence d'un revêtement, par la durée du contact et par la nature de l'aliment. L'analyse des données bibliographiques permet d'estimer la quantité d'aluminium apporté par les emballages. Ces apports sont récapitulés dans le tableau 8.5.

**Tableau 8.5 : Estimation de l'apport alimentaire d'aluminium incluant les emballages (denrées et boissons autres que les eaux non-embouteillées) pour un adulte – Source : Afssa – Afssaps – Invs, 2003**

Source	Minimum	Maximum
Apports alimentaires France (mg/j) (Leblanc <i>et al.</i> , 2004)	1,62	3,21
Apports par les emballages et les ustensiles (mg/j)*	4	12
Apports par les boissons conditionnées dans des contenants en aluminium (mg/j)**	0,01	1,04
<b>Total (mg/j)</b>	<b>5,63</b>	<b>16,25</b>

\* postulat : consommation journalière de 1 kg d'aliment emballé dans de l'aluminium ou cuisiné dans des ustensiles en aluminium

\*\* postulat : consommation journalière de 1 L de boissons emballées dans de l'aluminium

Cependant, on peut considérer que la présente estimation de l'exposition à partir des emballages est fortement surévaluée puisque les études de type "Analyse du régime total" telles que celles de Noël et Guérin (2002) qui donnent une estimation de l'exposition globale à l'aluminium (aluminium présent dans les aliments et provenant des conditionnements et des ustensiles) montrent que l'apport serait de l'ordre de 3 mg/j en moyenne et proche de 6 mg/j pour les forts consommateurs. (Afssa – Afssaps – Invs, 2003)

#### 4.3 Part des sources d'expositions

Chez l'homme, la principale voie d'exposition reconnue, hors exposition professionnelle, est l'ingestion d'aliments, qui constitue 95% des apports quotidiens. Dans le cas d'une thérapeutique par pansements gastriques à base d'aluminium, cette source d'exposition devient prépondérante par rapport à l'alimentation. L'inhalation demeure une voie d'exposition mineure, sauf en milieu professionnel où les poussières des ateliers peuvent contenir des teneurs élevées en aluminium.

La quantité d'aluminium apportée par l'eau de distribution représente moins d'un dixième des apports et celle de l'air moins d'un centième (estimation d'apport par l'air de 0,02 mg/j en milieu urbain).

Toutefois, l'apport quotidien alimentaire en aluminium reste très inférieur aux quantités utilisées lors d'un traitement par anti-acides (500 à 5000 mg/j). Par ailleurs, une part de l'exposition peut être due à l'utilisation de produits cosmétiques et notamment d'antiperspirants (100 mg/j) (Afssa – Afssaps – Invs, 2003).

#### *Conclusion : exposition globale de la population*

Au vu des résultats, l'apport journalier d'aluminium par l'alimentation (aliments, ustensiles et emballages) peut être estimé proche de 6 mg/j pour les adultes fort consommateurs hors contexte professionnel particulier, les apports liés à un traitement par des anti-acides à base d'aluminium, n'étant pas pris en compte.

### 5 - Effets sur la santé liés à l'aluminium

Les effets observés chez l'homme relèvent dans leur quasi-totalité du domaine de la toxicité chronique. Les premiers signes de toxicité liés à une exposition chronique à l'aluminium ont été révélés en milieu professionnel et chez les patients insuffisants rénaux et hémodialysés. Par la suite, des études portant sur la population générale et principalement axées sur le risque neurologique ont été mises en œuvre.

Si certains effets observés chez des sujets exposés professionnellement et chez des hémodialysés, liés à une exposition chronique à l'aluminium peuvent être actuellement considérés comme avérés (encéphalopathie, troubles psychomoteurs, atteinte du tissu osseux sous forme d'ostéomalacie et atteinte du système hématopoïétique sous la forme d'une anémie hypochrome), dans d'autres cas et en l'état actuel des connaissances, il apparaît que pour d'autres effets initialement suspectés (c'est le cas de la maladie d'Alzheimer), une relation causale ne peut être raisonnablement envisagée. (Afssa – Afssaps – Invs, 2003)

Des données complémentaires sur la toxicité de l'aluminium sont disponibles dans le rapport "Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de la population française à l'aluminium - Eaux, aliments, produits de santé - novembre 2003".

## 6 - Valeurs de référence

### 6.1 Valeurs toxicologiques de référence

**Tableau 8.6 : Récapitulatif des études prises en compte pour la construction des VTR par voie orale**

Source	Valeur de référence	Valeur	Etude	Espèce	Effet critique
OMS (1994)	DHTP dose hebdomadaire tolérable provisoire	7 mg/ kg p.c./sem		Chien	Absence d'effets
EPA (1991)	RfD référence dose	0,4 µg/kg p.c./j	Hackenburg et al.	Rats	Absence d'effets
ATSDR (1999)	MRL maximum risk level Chronique	non définie <sup>1</sup>	-	-	-
OEHHA	Public Health Goal (valeur de référence de qualité dans l'eau)	0,6 mg/L	Golub et al., 1993	Souris	Altération production cytokines (rates)
			Greger and Braier, 1983 ; Bishop et al., 1997 in OEHHA, 2001	humain adulte enfants prématurés	Absence d'effet effets neurologique

<sup>1</sup> L'ATSDR n'a pas souhaité dériver une VTR chronique à partir des études ayant servi à déterminer la VTR subchronique (ATSDR, 1999).

#### Critères de choix de l'étude par l'OMS (Organisation mondiale de la santé) en 1994 :

L'OMS a défini en 1989, à partir d'une étude chez le chien (une dose testée équivalente à 110 mg/kg p.c. apportée par la ration alimentaire sous forme d'hydrogène-phosphate d'aluminium et de sodium), une dose hebdomadaire tolérable à titre provisoire (DHTP) (Provisionally Tolerable Weekly Intake) de 7 mg/kg de poids corporel (WHO, 1989). Dans sa monographie n° 194, publiée en 1997, l'IPCS<sup>63</sup>-WHO indique que les preuves d'une relation entre une exposition à l'aluminium et des effets sur la santé sont insuffisantes pour justifier une révision des valeurs guides fixées antérieurement concernant l'exposition des personnes en bonne santé non exposées professionnellement. Cette valeur de DHTP correspond à un apport tolérable total de 420 mg par semaine pour un adulte de 60 kg. Ceci équivaut en pratique à une dose journalière tolérable (DJT) de 1 mg/kg de poids corporel ou 60 mg/j pour un adulte.

Critères de choix de l'étude par l'US-EPA (Environmental protection agency) en 1988 : l'étude critique est de Hackenburg et al. en 1972 portait sur des rats mâles et femelles exposés pendant 2 ans à du phosphore d'aluminium présent dans leur alimentation. Une seule dose expérimentale a été utilisée. Aucun effet significatif n'ayant été observé, la dose administrée de 0,043 mg/kg p.c./j de phosphore d'aluminium au cours de l'étude est retenue comme étant une DMSENO. L'utilisation d'un facteur d'incertitude de 100 a conduit l'US-EPA à établir une Rfd de 0,4 µg/kg p.c./j.

Selon le groupe de réflexion inter-agence sur l'aluminium, "de nombreuses interrogations sur l'étude sélectionnée réduisent la pertinence de cette valeur toxicologique de référence :

- elle n'a été conduite qu'avec une seule dose administrée. Il n'est ainsi pas possible de préciser s'il existe une relation dose-effet ;
- cette seule dose est retenue comme étant un NOAEL bien qu'aucun autre repère ne permette de situer cette valeur ;
- la forme chimique de l'aluminium semble être très éloignée de celles classiquement rencontrées dans les milieux environnementaux ;
- aucune information sur sa biodisponibilité n'est disponible, empêchant toute comparaison et toute compréhension de son importance ;
- aucune donnée cinétique sur l'exposition des animaux n'est disponible ;

<sup>63</sup> IPCS : International Programme on Chemical Safety

- *il ne semble pas y avoir de rapport écrit détaillant l'évaluation réalisée au sein de l'agence américaine."*

Critères de choix de l'étude par l'ATSDR (Agency for toxic substances and disease registry) : l'étude critique de Golub et al. en 1989 portait sur des souris adultes exposées pendant 6 semaines à du lactate d'aluminium mélangé à leur alimentation. L'effet observé est la diminution de 20% de l'activité motrice spontanée dans le groupe exposé par rapport au groupe témoin. Une dose sans effet a été déterminée à 62 mg/kg p.c./j et l'utilisation d'un facteur d'incertitude de 30 a conduit l'ATSDR à établir une MRL de 2 mg/kg p.c./j.

L'ATSDR n'a pas souhaité dériver un VTR chronique à partir des études ayant servi à déterminer la VTR subchronique (ATSDR, 1999).

Critères de choix des études par l'OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment) en 2001 :

Les études sur lesquelles se fondent l'OEHHA pour justifier la valeur de référence pour l'eau de boisson sont décrites dans le document Afssa- Afssaps-Invs (2003). Les points faibles suivants ont été identifiés par le groupe de travail :

- *"les critères de sélection des trois études retenues pour servir de support au calcul final ne sont pas détaillés ;*
- *les effets décrits dans chacune de ces études sont différents, ce qui interroge sur la finalité des concentrations calculées et de celle qui a été retenue ;*
- *les hypothèses permettant de comprendre les valeurs numériques fixées pour certains termes de calcul, tels que la contribution relative de la source ou l'absorption intestinale, n'est pas toujours claire.*

*Au final, ce manque de précision laisse une impression mitigée d'autant plus que les 3 concentrations calculées sont très proches les unes des autres. La valeur retenue est la moyenne des trois sans qu'une seule justification ne vienne appuyer ce choix. La transparence n'est pas complète."*

## 6.2 Valeurs de référence dans l'eau de boisson

Concernant l'eau de distribution, la référence de qualité est fixée à 200 µg/L par le code de la santé publique ; cette valeur est considérée comme une référence de qualité correspondant à un indicateur d'efficacité de traitement.

Cette position reprend les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé établies en 1994, 1998 et 2004 dans ses directives pour les eaux de boisson : l'OMS précise que compte tenu de *"l'utilité limitée des données provenant de modèles animaux et de l'incertitude entourant les données recueillies chez l'Homme, il n'est pas possible actuellement d'établir une valeur guide fondée sur des critères de santé"*. En 2004, considérant d'une part les effets bénéfiques liés à l'utilisation des sels d'aluminium comme réactif chimique lors de l'étape de coagulation et, d'autre part, les effets potentiels de l'aluminium sur la santé, l'OMS fixe une limite pratique fondée sur l'optimisation du procédé de coagulation à l'aide de dérivés de l'aluminium de façon à réduire au minimum la concentration dans l'eau traitée (OMS, 2004).

Plusieurs recommandations et valeurs de références dans l'eau, présentées dans le tableau 8.7 sont retrouvées dans la littérature.

**Tableau 8.7 : les valeurs de référence proposées par différents organismes**

Valeur directive 98/83/CE Annexe IB	OMS (1994)	OMS (2004)	OEHHA (2001)	Health Canada (1998) Valeur opérationnelle recommandée	US EPA (1988)
0,2 mg/L	0,1 ou 0,2 mg/L suivant la taille de l'installation	0,1 ou 0,2 mg/L suivant la taille de l'installation	0,6 mg/L <sup>1</sup>	0,1 ou 0,2 mg/L suivant le type d'installation <sup>2</sup>	0,05 à 0,2 mg/L <sup>3</sup>

<sup>1</sup> L'OEHHA propose une valeur de 0,6 mg/L comme valeur de référence de qualité dans l'eau : Public Health Goal (PHG). Cette agence se base sur différentes études pour justifier cette valeur. Le raisonnement utilisé pour construire cette valeur est décrit dans le document Afssa- Afssaps-Invs.

<sup>2</sup> Pour l'utilisation des coagulants à base d'aluminium, des valeurs cibles opérationnelles de moins de 0,1 mg/L (100 µg/L) d'aluminium total sont recommandées pour les stations de traitement conventionnelles et de moins de 0,2 mg/L (200 µg/L) d'aluminium total pour les autres types de systèmes de traitement (par ex. : stations de filtration directe, de filtration en ligne et d'adoucissement à la chaux). Ces valeurs sont basées sur une moyenne mobile annuelle d'échantillons mensuels.

<sup>3</sup> Secondary Maximum Contaminant Level

### 6.3 Conclusion

Le groupe de travail inter-agence (Afssa – Afssaps – Invs, 2003) précise que :

*" l'analyse des valeurs expérimentales animales, après exposition à l'aluminium par voie orale, montre une grande dispersion des DMSENO (NOAEL) et DMENO (LOAEL), pour un même sel d'aluminium et une même espèce animale. Il faut également noter que, dans la majorité des cas, il existe peu ou pas d'écart entre les valeurs des DMSENO et celles des DMENO. Il est donc difficile de se prononcer sur la précision de ces valeurs, parfois retenues par les agences qualifiées. Ne disposant pas dans ces études de données toxicocinétiques, il est impossible d'apprécier l'exposition réelle des animaux, ce qui peut expliquer la dispersion des valeurs obtenues. Il faut également souligner que la biodisponibilité variable des différentes formes d'aluminium (cf. cinétique et métabolisme de l'aluminium) constitue un facteur qui complique l'exploitation de ces valeurs. Ces constatations renforcent les réserves émises par les groupes d'experts sur la difficulté de déterminer avec pertinence ces valeurs et de les utiliser dans le but d'élaborer une ou des VTR.*

*Toutefois, certaines agences internationales ont proposé des VTR pour l'aluminium, telles que la « Reference Dose » (RfD) de l'US EPA, le « minimal risk level » de l'ATSDR, la DJT de l'OMS ou la concentration maximale tolérée dans l'eau de consommation humaine, proposée dans la démarche de l'état de Californie. Pour la RfD, celle-ci ne semble pas construite sur des bases scientifiques solides. Pour les autres VTR proposées, on remarque que les études ayant servi de support à leur élaboration n'ont pas cherché à établir des relations dose-réponse. La démarche de l'agence de protection de l'environnement de l'état de Californie est intéressante, car elle propose des VTR directement opérationnelles en rapport avec l'exposition potentielle d'une population générale. Les justifications des hypothèses et des choix ne sont cependant pas toujours bien étayées."*



## 7 – Signification d'un dépassement de la référence de qualité

La valeur de 200 microgrammes d'aluminium par litre d'eau correspond à une référence de qualité c'est-à-dire un indicateur du fonctionnement des installations de traitement notamment des étapes de coagulation – floculation – décantation – filtration.

La présence d'aluminium dans l'eau à une concentration supérieure à la référence de qualité de 200 µg/L reflète généralement un manque d'optimisation lors des étapes de coagulation – floculation – décantation – filtration (*Discroll et Letterman, 1995 ; Bérubé, 2004*). L'aluminium peut alors être présent dans l'eau sous forme de "microfloc" ou sous forme soluble.

- La présence d'aluminium sous forme de "micro floc" traduit une mauvaise filtration de l'eau d'où un risque microbiologique potentiel, le filtre n'ayant pas joué son rôle de barrière vis-à-vis des microorganismes et des matières organiques dont la présence favorise la formation de sous produits de désinfection,
- La présence d'aluminium à des concentrations résiduelles élevées peut conduire au dépôt dans le réseau de distribution de "substances gélatineuses" contenant de l'aluminium (*Santé Canada, 1998*), favorisant des éventuelles proliférations de microorganismes potentiellement pathogènes.

Ainsi, la présence d'aluminium à des concentrations supérieures à la référence de qualité dans l'eau peut traduire la présence de microorganismes pathogènes dans l'eau.

## 8 - Avis

Après consultation du Comité d'experts spécialisé « Eaux » le 4 janvier 2005, l' Afssa rend l'avis suivant :

Considérant la référence de qualité fixée à 200 microgrammes par litre en aluminium total dans l'annexe 13-1-II-A du code de la santé publique ;

Considérant :

- que les sels d'aluminium peuvent être utilisés en tant que réactif chimique pour l'étape de coagulation ;
- que l'Organisation mondiale de la santé précise que compte tenu de *"l'utilité limitée des données provenant de modèles animaux et de l'incertitude entourant les données recueillies chez l'Homme, il n'est pas possible actuellement d'établir une valeur guide fondée sur des critères de santé"* ;
- que la référence de qualité concernant l'aluminium constitue un indicateur du fonctionnement des installations de traitement, notamment des étapes de coagulation – floculation – décantation – filtration ;
- que la présence d'aluminium dans l'eau à une concentration supérieure à la référence de qualité de 200 microgrammes par litre reflète généralement une défaillance ou un manque d'optimisation de ces étapes de traitement qui peut avoir pour conséquence :
  - o une rétention insuffisante des microorganismes,
  - o une rétention insuffisante des matières organiques, dont la présence favorise la formation de sous-produits de désinfection,
  - o une précipitation et un dépôt de l'aluminium sous forme d'hydroxyde dans le réseau pouvant favoriser la prolifération de microorganismes ;
- qu'une bonne maîtrise de la filière de traitement des eaux permet de limiter les teneurs résiduelles en aluminium ajouté lors de l'étape de coagulation par optimisation du dosage du coagulant et de l'adjuvant de floculation et par ajustement du pH de l'eau lors de l'étape de coagulation,

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments :

Estime qu'il est nécessaire que les installations de traitement utilisant des sels d'aluminium soient conçues et exploitées de manière à garantir en permanence le respect de la référence de qualité de 200 microgrammes par litre.







United States Environmental Protection Agency EPA, 2005, Supplemental Guidance for Assessing Cancer Susceptibility from Early-Life Exposure to Carcinogens, EPA/630/R-03/003F <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=116283> (dernière consultation : février 2005)

United States Environmental Protection Agency EPA, 1997, EXPOSURE FACTORS HANDBOOK EPA/600/P-95/002Fa Update to Exposure Factors Handbook EPA/600/8-89/043 - May 1989, <http://www.epa.gov/ncea/pdfs/efh/front.pdf> (dernière consultation : février 2005)

## 2.8 Aluminium

Afssa, Afssaps et InVS- Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de la population française à l'aluminium – Eaux, aliments, produits de santé. Agence française de sécurité sanitaire des aliments, Novembre 2003. <http://www.afssa.fr/Object.asp?IdObj=16076&Pge=0&CCH=040923144148:26:4&cwSID=E9652BD3DF024B2199C60B174BC611C8&AID=0> (dernière consultation : février 2005)

ATSDR- Toxicological Profile Information Sheet, Aluminium (mise à jour de la fiche : juillet 1999) ; <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp22.html> (dernière consultation : février 2005)

Bérubé D.- Speciation analysis and the occurrence of aluminium turbidity. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 67 : 1655-1666, 2004.

Biego G. H., Joyeux M., Hartemann P. & Debry G. (1998).- Daily intake of essential minerals and metallic micropollutants from foods in France. *Sci Total Environ* 217, 27-36.

Driscoll C.T. and Letterman R.D.- Factors regulating residual aluminium concentrations in treated waters. *Environmetrics*, Vol. 6, 287-309 (1995).

Iyengar G.V., Tanner J.T., Wolf W.R., and Zeisler R. (1987).- Preparation of a mixed human diet material for the determination of nutrient elements, selected toxic elements and organic nutrients : a preliminary report. *The Science of the Total Environment*, 61 (1987) 235-252.

Invs- Aluminium, Quels risques pour la santé ? Synthèses des études épidémiologiques, Volet épidémiologique de l'expertise collective InVS-Afssa-Afssaps – Institut de Veille Sanitaire, novembre 2003.

International Programme on Chemical safety (IPCS) – United Nations environment programme, International Labour Organisation, World Health Organisation PCS. Environmental Health Criteria 194 : Aluminium <http://www.inchem.org/documents/iecf/iecfmono/v024je07.htm> (dernière consultation : février 2005)

Integrated Risk Information System IRIS – US Environmental protection agency : Aluminium phosphide (dernière mise à jour : 03 janvier 1988), <http://www.epa.gov/iris/subst/0005.htm> (dernière consultation : février 2005)

Gramiccioni L., Ingraio G., Milana M. R., Santaroni P. & Tomassi G. (1996). *Aluminium levels in Italian diets and in selected foods from aluminium utensils. Food Addit Contam* 13, 767-74.

Leblanc JC, Verger P, Guérin T, Volatier JL.- Etude de l'alimentation totale française - Mycotoxine, minéraux et éléments traces. INRA – DGAL. Mai 2004

Moulin JJ, Clavel T, Buclez B, Laffite-Rigaud G.- A mortality study among workers in a french aluminium reduction plant. *Int Arch Occup Environ Health* 2000;73:323-30.

Noël L, Leblanc JC, Guérin T.- Determination of several elements in duplicate meals from catering establishments using closed vessel microwave digestion with inductively coupled plasma mass spectrometry detection : estimation of daily dietary intake. *Food Additives and Contaminants* 20 (1) : 44-56, 2003.

OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment). California Environmental Protection Agency.- Public Health Goal for Aluminium in Drinking Water, April 2001. <http://www.oehha.ca.gov/water/phg/allphgs.html> (dernière consultation : février 2005)

Organisation Mondiale de la Santé - Aluminium in : *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Vol. 2. *Health criteria and other supporting information*. Geneva, World Health Organization, 1996.

OMS guidelines for Drinking-water Quality, Third edition, volume 1, recommendations, 2004 [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/guidelines3/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/guidelines3/en/) (dernière consultation : février 2005)

Santé Canada – Recommandations pour la qualité de l'eau potable; Aluminium (novembre 1998), <http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/eau/rqep.htm> (dernière consultation : février 2005)

Ysart G., Miller P., Croasdale M., Crews H., Robb P., Baxter M., de L'Argy C. & Harrison N. (2000).- 1997 UK Total Diet Study - dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. *Food Addit Contam* 17, 775-786

Ysart G., Miller P., Crews H., Robb P., Baxter M., De L'Argy C., Lofthouse S., Sargent C. and Harrison N. (1999)- Dietary exposure estimates of 30 elements from UK Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants*, 1999, Vol. 16, N°9, 391-403.