

## Fiche 5 : Evaluation des risques sanitaires liés au dépassement de la limite de qualité de l'arsenic dans les eaux destinées à la consommation humaine

Dans l'eau la forme inorganique de l'arsenic est majoritaire (90%)

- dans les eaux bien oxygénées, la forme arseniate ( $\text{As V} - \text{H}_2\text{AsO}_4^-$  et  $\text{HAsO}_3$ ) prédomine.
- en milieu réducteur, la forme arsenite ( $\text{As III} - \text{H}_3\text{AsO}_4$ ) prédomine.

Une augmentation du pH peut augmenter la teneur en arsenic dissout dans l'eau.

Des espèces méthylées MMAA (acide méthyl arsonique) et DMAA (acide diméthylarsinique) peuvent aussi être présentes dans l'eau.

### 1 Origine et sources de contamination :

#### Origines naturelles :

L'arsenic est présent dans plus de 200 minéraux, le mispickel ( $\text{FeAsS}$ ), forme minérale la plus abondante, étant associé principalement aux filons de minéraux sulfurés. Présent dans les roches éruptives et métamorphiques, il est redistribué par les processus d'altération dans les terrains sédimentaires et peut être concentré dans les roches argileuses. Il serait piégé dans les alluvions par adsorption sur les oxydes et hydroxydes de fer et les micas mais aussi sous forme de carbonate. Dans les eaux souterraines, les teneurs sont faibles en dehors des terrains riches en sulfures ou dans certaines formations alluviales. Les conditions d'oxydo-réduction qui prévalent dans les aquifères influent de manière prépondérante sur sa disponibilité.

#### Sources anthropiques :

L'arsenic et ses composés trouvent de très nombreuses applications industrielles (fabrication d'alliages, fonderies de métaux non ferreux, microélectronique, textile) ou agricoles.

### 2 Traitements réduisant la teneur en arsenic dans les eaux

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>38</sup> liste les produits et procédés autorisés à cette date.

Les informations collectées permettent d'identifier les traitements suivants pour diminuer les teneurs en arsenic, sans préjudice des dispositions régulant l'autorisation de ces traitements :

#### Coagulation – floculation – séparation

L'arsenic réagit avec le fer ferrique pour donner un arseniate de fer co-précipitable par l'hydroxyde ferrique.

Les ions  $\text{OH}^-$  interfèrent. Le pH joue un rôle important, il doit être inférieur à 7,5. Seul l'arsenic V est éliminé. Il faut une oxydation préalable pour l'arsenic III.

#### Décarbonatation

La décarbonatation à la chaux ou à la soude s'effectue à un pH de 9 ou supérieur à 9. En présence de magnésium, ce traitement est très efficace.

#### Adsorption sélective

Sur alumine activée : les fluorures interfèrent. Le pH doit être inférieur à 7,5. Seul l'arsenic V est éliminé.

Sur le dioxyde manganèse ( $\text{MnO}_2$ ) : le pH doit être inférieur à 8. Les deux valences de l'arsenic sont éliminées.

Sur oxyhydroxyde de fer, le pH doit être inférieur à 8. Les deux valences de l'arsenic sont éliminées. L'arsenic III est cependant un peu moins retenu : deux fois moins que l'arsenic V.

#### Rétention membranaire

La nanofiltration doit avoir un point de coupure inférieur à 200 Daltons.

L'osmose inverse retient l'arsenic III et V mais ce n'est pas un traitement spécifique.

<sup>38</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*

### 3 Méthodes d'analyses :

L'arrêté du 17 septembre 2003<sup>39</sup> relatif aux méthodes d'analyse des échantillons d'eau et à leurs caractéristiques de performances précise que, dans le cas de l'arsenic, la justesse, la fidélité et la limite de détection ne doivent pas dépasser 10 % de la valeur paramétrique (soit 1 µg/L) et que la limite de quantification ne doit pas être supérieure à 10 µg/L.

Les méthodes exposées ci-dessous sont celles qui sont normalisées et qui ont une limite de quantification inférieure à 10 µg/L. (Thomas, 2002)

- Spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique avec modificateur de matrice Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. La limite de détection est de 1 µg/L.
- Spectrométrie d'absorption atomique avec génération d'hydrure. La limite de détection est de 0,05 µg/L
- Spectrométrie de fluorescence atomique après génération d'hydrure. Cette méthode diffère de la précédente par le système de détection finale qui utilise un spectromètre de fluorescence atomique ; elle est moins sensible aux interférences. Limite de détection 0,05 µg/L. Elle est en cours de normalisation (inscrite au programme du groupe de travail CEN/TC 230/WGI).
- Spectrométrie d'émission atomique par plasma d'argon (ICP-AES). Cette méthode ne possède pas une bonne limite de détection (35 µg/L (EPA cité dans ATSDR 2000)) mais peut être améliorée en utilisant un générateur d'hydrure ; dans ce cas la limite de détection est abaissée à 0,2 µg/L.
- Spectrométrie de masse couplée à un plasma d'argon (ICP-MS). Limite de détection 0,4 µg/L (EPA cité dans ATSDR 2000)

#### Incertitude analytique

L'incertitude de mesure peut être estimée à partir d'essais inter-laboratoire en déterminant le coefficient de variation de la reproductibilité (CVR%). (AGLAE, 2003)

**Tableau 5.1 : Evolution de l'incertitude pour différentes gammes de concentration en arsenic dans l'eau à partir du CVR% estimé par AGLAE, à partir d'essais inter laboratoires, toutes méthodes analytiques confondues**  
– Source : AGLAE, 2003

Niveau de concentration dans l'eau (µg/L)	5µg/L	10 µg/L	15 µg/L	20 µg/L	25 µg/L	30 µg/L
CVR %	19,5%	15,7%	14,4%	13,8%	13,4%	13,1%
Estimation de l'incertitude* (µg/L)	± 2	± 3,2	± 4,4	± 5,6	± 6,6	± 7,8

\* Intervalle de confiance à 95 % ( $2 \times CVR$ )

### 4 Données d'exposition :

#### 4.1 Voie d'exposition :

Pour la population générale, la principale voie d'exposition à l'arsenic est la voie orale via l'eau et les aliments.

L'exposition par l'air est généralement inférieure à 1 µg/j (OMS 2003)

#### 4.2 Contamination des eaux distribuées

Le programme réglementaire du contrôle sanitaire défini par le décret n° 89-3 du 3 janvier 1989 prévoyait la réalisation d'analyses de ce paramètre au point de puisage avant traitement pour les eaux superficielles (de 2 à 12 fois par an) et après traitement pour les eaux d'origine superficielle et souterraine (de 1 fois par an à 1 fois tous les 5 ans). Pour les ressources et les installations de production dont le débit journalier était inférieur à 100m<sup>3</sup>/jour, aucune fréquence annuelle d'analyse n'était fixée.

<sup>39</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

Une étude des données disponibles à partir de la base SISE-EAUX (Ministère de la santé – SISE-Eaux) pour une période de 4 ans (janvier 1999 à décembre 2002) montre que :

- des analyses<sup>40</sup> sont disponibles pour 37% des UDI (soit 11 030 UDI desservant 46 710 000 personnes),
- au moins un résultat<sup>40</sup> non-conforme a été observé sur 3,9% de ces unités de distribution d'eau, l'ensemble desservant au maximum 960 000 personnes.
- le 95<sup>ème</sup> percentile des résultats des 2069 analyses<sup>40</sup> (supérieures à la limite de qualité) enregistrées est égale à 69 µg/L (le 50<sup>ème</sup> percentile est égale à 20µg/L)

### 4.3 Part des sources d'exposition

Pour la population générale, l'exposition totale à l'arsenic varie considérablement en fonction du régime alimentaire. La majorité des données disponibles le sont pour l'arsenic total et ne reflètent pas les possibles variations des doses d'exposition aux formes les plus toxiques d'arsenic qui sont principalement les formes inorganiques. Le tableau 5.2 présente les estimations des apports en arsenic par l'alimentation pour différents pays.

**Tableau 5.2 : Estimation de la dose d'exposition à l'arsenic pour différents pays**

Pays	Type d'étude	Apport estimé	Source d'apport	Référence
France	Analyse du régime total	Adultes (> 15 ans) 62,1 µg/j apport moyen journalier 163 µg/j : exposition au 95 <sup>ème</sup> percentile Enfants (3 à 14 ans) 42,7 µg/j : apport moyen journalier 103 µg/j : exposition au 95 <sup>ème</sup> percentile	Aliments et eau	Leblanc et al., 2004
France	Repas dupliqué – restauration collective	147 µg/j As total 15 µg/j As inorg	Aliments	Noël et al., 2003
France	Repas dupliqué – restauration collective	109 µg/j As total	Aliments	Leblanc et al., 2000
Canada, Pologne, USA, Royaume Uni		16,7 à 129 µg/j (adulte) 1,26 à 15,5 µg/j (enfant)	Aliments	Santé Canada 1989
UK Total Diet Study	Analyse du régime total	Ensemble de la population : 65 µg/j apport moyen journalier Population adulte : 120 µg/j apport moyen journalier 420 µg/j : exposition au 97,5 <sup>ème</sup> percentile	Aliments	Ysart et al., 1999

Les **produits de la mer** (coquillages et poissons) et la **viande** sont les principales sources d'exposition à l'arsenic via l'alimentation. Il est difficile de comparer l'apport d'arsenic provenant de la nourriture à celui provenant de l'eau de boisson car la forme et la disponibilité biologique de l'arsenic ne sont pas les mêmes dans ces matrices.

Par exemple, une proportion importante de l'arsenic organique chez le poisson se trouve sous des formes qui sont très peu toxiques comme l'arsénobétaïne et la triméthylarsine, et rapidement excrétées (ATSDR 2000, Santé Canada, 1992).

L'OMS indique qu'il existe des données limitées spécifiant que 25% de l'arsenic total serait sous forme inorganique dans les aliments. Les données de l'étude française (Noël et al. 2000) suggéreraient une valeur de 10% pour les produits de la pêche. Toutefois, la valeur de 15 µg/j d'arsenic inorganique proposée par l'étude précitée est équivalente à la concentration proposée (12-14 µg/j) dans une étude nord américaine citée par l'OMS (Yost et al. 1998 in OMS 2003).

#### Evaluation des apports par les aliments solides :

Au vu des données de la littérature, une valeur maximale des apports par les aliments solides de 15 µg/j en arsenic inorganique a été retenue.

<sup>40</sup> Analyses réalisées sur des prélèvements effectués soit en production, soit en distribution.

## 5 Effets sur la santé

Les formes minérales de l'arsenic sont plus toxiques que les formes organiques. L'arsine ( $\text{AsH}_3$ ) est considéré comme la forme la plus toxique, suivie par les arsenites ( $\text{As III}$ ), les arsénates ( $\text{As V}$ ) puis les composés organiques. L'arsenic inorganique est métabolisé dans l'organisme, principalement dans le foie. Les formes métabolisées sont l'acide monométhylarsonique (MMA) et diméthylarsinique (DMA). Ces formes sont excrétées dans les urines. Toutefois, des intermédiaires réactifs peuvent être formés. L'As (V) absorbé est rapidement réduit dans le sang sous forme As(III), ce qui implique une augmentation de la toxicité. Il existe une différence nette dans la métabolisation de l'arsenic entre différentes espèces mammifères (*Wang et al. 2002*), groupes de populations ou entre individus (*Loffredo et al. 2003*). Les formes méthylés de l'As(III) (surtout MMA<sup>III</sup>) induites par l'ingestion d'arsenic inorganique pourraient contribuer à la toxicité observée ; ce point reste à élucider (*Vahter, 2002*).

De plus il est possible que l'antimoine majore les effets toxiques de l'arsenic (*Gebel, 1999*)

### Toxicité chronique et cancérogénicité :

Les effets critiques les plus documentés sont certaines formes de cancers. Le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) a classé l'arsenic inorganique dans le groupe 1, sur la base d'indications de cancérogénicité suffisantes avec un risque accru de cancer de la vessie, du poumon et de la peau chez l'Homme (*CIRC 2002*).

Après une exposition prolongée à l'arsenic, par ingestion d'eau contaminée, les symptômes les plus courants sont des lésions dermiques (période minimale d'exposition de 5 ans). Le cancer de la peau survient plus tardivement et met généralement plus de 10 ans à apparaître. Des effets sur le système cardiovasculaire ont été constatés chez des enfants qui avaient consommé de l'eau contaminée par l'arsenic (concentration moyenne de 0,6 mg/L, durée moyenne 7 ans).

Les études d'exposition à l'arsenic ont fait état d'hypertension, de maladies cardio-vasculaires, de diabète sucré et de malformations fœtales. La symptomatologie provoquée par l'arsenic semble être différente selon les individus, les groupes de population et les zones géographiques. Ainsi la "maladie du pied noir" a été largement étudiée à Taïwan mais n'a pas été observée dans d'autres pays (*IPCS, 2002*). Des études faites dans plusieurs pays ont toutefois montré que l'arsenic provoquait d'autres formes moins graves de troubles vasculaires périphériques. Chez l'homme, l'arsenic inorganique ne semble pas traverser la barrière hémato-encéphalique ; par contre, on a signalé une migration placentaire (*Gibson, Gage, 1982 dans OMS 2003*).

## 6 Valeurs de référence

### 6.1 Valeurs toxicologiques de référence

Les organismes internationaux proposent différentes valeurs toxicologiques de références (*INERIS, 2003*) :

#### ▪ Pour les effets cutanés non cancérogènes

L'US-EPA propose une Rfd de 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./j}$  (1993). Cette VTR tient compte des deux sources principales d'exposition à l'arsenic inorganique pour la population générale : l'eau (boisson et préparation des aliments) et les aliments. Cette valeur a été établie à partir de deux études épidémiologiques prenant en compte la «maladie du pied noir» ainsi qu'une hyperpigmentation ou une kératose. De ces études a été déterminée un DSMENO de 9  $\mu\text{g}/\text{L}$ , convertie en 0,8  $\mu\text{g}/\text{kg p.c./j}$  (*Tseng, 1977, Tseng et al., 1968 in ATSDR 2000*). Le facteur d'incertitude de 3 prend en compte à la fois l'absence de données concernant la toxicologie de la reproduction et la variation intra-espèce.

L'ATSDR propose pour une exposition chronique par voie orale un MRL de 0,3  $\mu\text{g}/\text{kg/j}$  (2000). Cette valeur est établie à partir des mêmes études que la Rfd de l'US EPA (IRIS) (*Tseng, 1977, Tseng et al., 1968 in ATSDR 2000*) en appliquant un facteur d'incertitude de 3 qui tient compte de la variabilité intra-espèce.

- **Pour les effets cancérogènes cutanés**

L'US-EPA a établi une VTR pour les cancers cutanés de type carcinomes (carcinomes basocellulaires, carcinomes spino-cellulaires, maladie de Bowen). La VTR s'exprime en ERU (Excès de risque unitaire) et est égale à  $1,5 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{j})^{-1}$ . Soit, pour une consommation d'eau de 2L/j, une unité de risque égale à  $5 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{L})^{-1}$ . Cette valeur a été établie à partir du rapport de synthèse réalisé par l'US EPA en 1988. Les études ayant fourni les valeurs pour l'établissement d'une relation dose-effet sont celles de Tseng *et al.* (1968 in ATSDR 2000) et Tseng (1977 in ATSDR 2000). Un modèle multi-étapes linéarisé basé sur la prédiction de l'apparition des cancers cutanés en fonction de la dose et de l'âge a été utilisé.

L'OMS propose une dose hebdomadaire provisoire (DHTP) par voie orale de 15  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (OMS, 1996).

- **Pour les autres effets cancérogènes**

L'OMS dans ses nouvelles recommandations (OMS, 2003), précise qu'actuellement, d'importantes incertitudes subsistent sur les risques à de faibles concentrations. Selon le National Research Council (NRC, 2001) les données disponibles ne permettent pas de fournir une base biologique pour utiliser soit un modèle linéaire, soit un modèle non linéaire.

Le National Research Council et l'US EPA (OEHHA, 2004) ont considéré que l'évaluation des risques de cancers du poumon et de la vessie devaient être la base de l'élaboration des normes pour l'arsenic dans les eaux de boisson. L'analyse de différentes études effectuées au Chili, à Taiwan et en Argentine montre que les effets critiques en terme de cancer, associés à l'ingestion d'arsenic, à prendre en compte sont les cancers du poumon et de la vessie. La modélisation des données de ces études a permis d'estimer, pour la population américaine exposées à une eau avec une concentration de 10  $\mu\text{g}/\text{L}$  d'arsenic, que les excès de risque de survenue des cancers de la vessie et du poumon sont, respectivement 12 et 18 pour 10 000 dans la population féminine et 23 et 14 pour 10 000 dans la population masculine (InVS, 2002 ; OMS, 2003 ; NRC, 2001).

Il est important de noter que plusieurs niveaux d'incertitudes existent au niveau de ces évaluations. L'évaluation de l'exposition est principalement issue d'études effectuées sur une population de Taïwan où l'eau potable peut contenir d'autres substances ayant des effets synergiques avec l'arsenic (IRIS, 1998). L'extrapolation aux faibles doses de courbes dose-réponse à partir de modèles linéaires n'est probablement pas adaptée au cas de l'arsenic (IRIS, 1998). Une étude récente (Bates *et al.* 2004) montre l'absence de lien entre la consommation d'eau potable (pendant 40 ans) contenant de l'arsenic et l'apparition de cancer de la vessie en Argentine. Toutefois, malgré ces limites, l'US-EPA a maintenu sa position en établissant sa VTR pour les cancers cutanés.

Le tableau 5.3 récapitule les valeurs toxicologiques de référence proposées par divers organismes.

**Tableau 5.3 : Récapitulatif des VTR proposées par les organismes internationaux**

Source	Date de l'étude	Voie d'expo	Valeur de référence	Effet critique
US EPA	1993	Orale	RfD=0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ FI = 3	"maladie du pied noir"
ATSDR	2000	Orale	MRL=0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ FI=3	"maladie du pied noir"
JECFA	1988	Orale	DHTP* = 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Cancer cutané
US EPA	1998	Orale	Oral Slope Factor 1,5 (mg/kg/j) <sup>-1</sup> Drinking Water Unit 5.10 <sup>-5</sup> ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) <sup>-1</sup>	Cancer cutané

\* Valeur provisoire

## 6.2 Valeur de référence dans l'eau

Concernant l'eau de distribution, la limite de qualité est fixée à 10 µg/L par le code de la santé publique. Plusieurs recommandations et valeurs paramétriques, présentées dans le tableau 5.4, sont retrouvées dans la littérature.

L'OMS justifie la valeur guide de 10µg/L comme étant proche de la limite pratique de dosage et les moyens à mettre en œuvre pour diminuer la concentration dans l'eau en dessous de cette valeur sont complexes. Dans le cadre de la révision des directives de qualité pour l'eau de boisson, l'OMS ne propose pas une nouvelle valeur guide pour cette substance.

**Tableau 5.4 : Valeurs de référence proposées par différents organismes**

Valeur directive 98/83/CE Annexe IB	Valeur guide OMS 1994	Valeur guide proposée par l'OMS 2003	Santé Canada (1989 révisé 1992)	US EPA (2001)
10 µg/l	10 µg/l	10 µg/l (Limite dosage)	25 µg/l (provisoire)	10 µg/l MCL

## 7 Evaluation du niveau de risque associé à un dépassement de la limite de qualité

En se basant sur l'unité de risque égale à  $1,5 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{kg p.c./j})^{-1}$ , proposée par l'US-EPA et reprise par l'OMS, pour les cancers cutanés, le niveau de risque associé à la consommation d'une eau de boisson dont la concentration en arsenic est de 10 µg/L, serait de l'ordre de  $6 \cdot 10^{-4}$  pour une exposition vie entière (2L, 70kg, 70 ans).

En se basant sur une autre démarche proposée par l'US-EPA (US-EPA, 2005) qui prend en compte la susceptibilité des enfants et des nouveaux nés :

- le niveau de risque associé à la consommation d'une eau de boisson dont la concentration en arsenic est de 10 µg/L, serait de l'ordre de  $2 \cdot 10^{-3}$  pour une exposition vie entière.
- le tableau 5.5 présente l'excès de risque unitaire associé à une exposition pendant une durée déterminée à une concentration supérieure à la limite de qualité (10 µg/L) et une exposition à une concentration égale à la limite de qualité pendant le reste de la vie.

**Tableau 5.5 : Estimation du risque lié à un dépassement de la limite de qualité de l'arsenic dans l'eau pendant une période donnée<sup>41</sup>.**

Temps Concentration	3 ans	6 ans	9 ans
15 µg/L	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$
20 µg/L	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$
30 µg/L	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$
40 µg/L	$4,4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$
50 µg/L	$5,1 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$6,8 \cdot 10^{-3}$

<sup>41</sup> Ces chiffres correspondent à une fourchette haute prenant en compte une susceptibilité éventuelle chez les nouveaux nés et les enfants

## 8 Avis

Après consultation du Comité d'experts spécialisé « Eaux » les 4 mai et 8 juin 2004, l'Afssa rend l'avis suivant :

Considérant la limite de qualité de l'annexe 13-1 I. B. du code de la santé publique de 10 microgrammes par litre pour l'arsenic ;

Considérant les éléments suivants :

- que les résultats des enquêtes disponibles dans la littérature permettent d'estimer pour la population générale les apports journaliers en arsenic liés à l'alimentation ;
- que la dose d'arsenic ingérée est significativement supérieure à la dose inhalée, hors contexte professionnel particulier ;
- que l'arsenic est une substance ne possédant pas de seuil d'effet toxique ;
- que le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) a classé l'arsenic inorganique dans le groupe 1, sur la base d'indications de cancérogénicité suffisantes avec un risque accru de cancer de la vessie, du poumon et de la peau chez l'homme ;
- que le niveau de risque associé à la limite de qualité de 10 microgrammes par litre est de l'ordre de  $6.10^{-4}$  en se basant sur la valeur toxicologique de référence proposée par l'US Environmental protection agency pour les cancers cutanés et reprise par l'Organisation mondiale de la santé ;
- que les formes inorganiques de l'arsenic majoritairement présentes dans l'eau de boisson sont plus toxiques que les formes organiques présentes dans les aliments ;
- que les résultats de la plupart des enquêtes disponibles dans la littérature permettent d'estimer que les apports journaliers en arsenic inorganique via l'alimentation sont inférieurs à 15 microgrammes ;
- que, pour la population générale, les autres voies d'exposition sont négligeables ;
- que des procédés de traitement autorisés par le ministère chargé de la santé peuvent être mis en œuvre pour diminuer les teneurs en arsenic dans l'eau,

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments :

Rappelle qu'il convient de mettre en œuvre les moyens permettant de ramener la concentration en arsenic au niveau le plus bas dans les meilleurs délais possibles,

Estime :

- que l'excès de risque de cancer associé à la limite de qualité de 10 microgrammes par litre est significatif, et qu'en conséquence, l'ingestion d'une eau présentant une concentration supérieure à cette dernière n'apparaît pas acceptable,
- qu'il appartient aux autorités sanitaires d'examiner les situations caractérisées par un faible dépassement de courte durée, en fonction du niveau de risque associé,

Attire l'attention sur les potentiels effets synergiques de l'antimoine avec l'arsenic.



- IPCS - INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY, *Safety evaluation of certain food additives and contaminants, WHO food additives series 44*, Prepared by the Fifty-third meeting of the Joint FAO/WHO, Expert Committee on Food Additives (JECFA), World Health Organization, Geneva, 2000, <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v44jec12.htm>
- IRIS EPA - Lead and compounds (inorganic) (CASRN 7439-92-1) (revision 1991, mise à jour octobre 2003), <http://www.epa.gov/iris/subst/0277.htm>
- Leblanc JC, Malmauret L, Guerin T, Bordet F, Boursier B, Verger P. Estimation of the dietary intake of pesticide residues, lead, cadmium, arsenic and radionuclides in France. *Food Addit Contam.* 17(11) : 925-32, 2000.
- Leblanc JC, Verger P, Guérin T, Volatier JL. Etude de l'alimentation totale française - Mycotoxine, minéraux et éléments traces. INRA – DGAL. Mai 2004
- Noel L, Leblanc JC, Guerin 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 Addit Contam.* 20(1) : 44-56, 2003.
- OMS : Lead in : *Guidelines for drinking-water quality*, 2<sup>nd</sup> ed Vol. 2. *Health criteria and other supporting information*. Geneva, World Health Organization, 1996.
- Santé Canada – Recommandations pour la qualité de l'eau potable : Le plomb (révision juillet 1992), <http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/eau/pdf/ep/plomb.pdf>
- RIVM - Rapport 711 701 025 Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels, 2001, <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.html>
- Rye JE, Ziegler EE, Nelson SE, Fomon SJ. Dietary intake of lead and blood lead concentration in early infancy. *Am. J. Dis. Child.*, 137 : 886-891, 1983.
- Ziegler EE, Edwards BB, Jensen RL, Mahaffey KR, Fomon SJ. Absorption and retention of lead by infants during infancy and early childhood: The need for a special approach. *Ped. Res.* 12 : 29-34, 1978.

## 2.5 Arsenic

- Association Générale des Laboratoires d'Analyse de l'Environnement (AGLAE). Estimation de l'incertitude de mesure grâce aux essais interlaboratoires – paramètres chimiques : métaux sur eau propre. Septembre 2003
- Association Générale des Laboratoires d'Analyse de l'Environnement (AGLAE). Estimation de l'incertitude de mesure grâce aux essais interlaboratoires – paramètres chimiques : métaux sur eau propre. Septembre 2003
- Agency for Toxic Substance and Disease Registry - Toxicological Profile Information Sheet, Arsenic (mise à jour de la fiche : septembre 2000) ; <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.html>
- Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) Monographies du CIRC sur l'évaluation des risques de cancérogénicité pour l'homme. Certains désinfectants et contaminants de l'eau de boisson incluant l'arsenic (Volume 84, 15–22 octobre 2002) <http://monographs.iarc.fr/htdocs/announcements/frvol84.htm>
- Gebel T (1999) Metalle/Antimon. In: *Umweltmedizinisches Handbuch*, Wichmann-Schlipköter-Fülgraff (eds.), 17. Ergänzungslieferung (11/99), ecomed, Landsberg
- Institut national de l'environnement et des risques industriels, Arsenic et ses dérivés inorganiques Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, dernière mise à jour : novembre 2003,
- Institut national de veille sanitaire. Exposition à l'arsenic hydrique et risque pour la santé : bilan des données épidémiologiques – évaluation quantitative des risques sanitaires en Auvergne, octobre 2002.
- Integrated Risk Information System IRIS – US Environmental protection agency : Arsenic, inorganic (dernière mise à jour : 1998), <http://www.epa.gov/iris/subst/0278.htm>
- International Programme on Chemical Safety IPCS (2002) Environmental Health Criteria Monographs (EHCs) N° 224. Arsenic and arsenic compounds. WHO, Geneva <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc224.htm>
- Leblanc JC, Verger P, Guérin T, Volatier JL. Etude de l'alimentation totale française - Mycotoxine, minéraux et éléments traces. INRA – DGAL. Mai 2004
- Leblanc JC, Malmauret L, Guerin T, Bordet F, Boursier B, Verger P. Estimation of the dietary intake of pesticide residues, lead, cadmium, arsenic and radionuclides in France. *Food Addit Contam.* 17(11) : 925-32, 2000.
- Loffredo C. *et al.* 2003 Variability in human metabolism of arsenic, *Environmental research*; 92; 85-91
- Michael N. Bates, Omar A. Rey, Mary L. Biggs, Claudia Hopenhayn, Lee E. Moore, David Kalman, Craig Steinmaus, and Allan H. Smith Case-Control Study of Bladder Cancer and Exposure to Arsenic in Argentina. *American Journal of Epidemiology* Vol. 159, No. 4, 2004
- National Research Council. Arsenic in drinking water : 2001 Update. The National Academy of Sciences : <http://books.nap.edu/books/0309076293/html/>

- Noel L, Leblanc JC, Guerin 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 Addit Contam.* 20(1) : 44-56, 2003.
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) California Environmental protection agency (EPA), 2004, Public Health Goal for Arsenic in Drinking Water.
- OMS : Arsenic 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/dwq/guidelines3/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines3/en/) (dernière consultation : février 2005)
- Santé Canada, 1989 (révisé 1992) – Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Paramètres chimiques/physiques : arsenic, <http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/eau/pdf/ep/arsenic.pdf>
- Thomas P, Institut Pasteur de Lille et groupe de travail "Micropolluants minéraux des eaux de distribution publique", TSM Numéro 5 – mai 2002
- 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>
- Vahter M., 2002, Mechanisms of arsenic biotransformation, *Toxicology*, 181-182; 211-217
- Wang J.P. *et al.* 2002, A review in animal models for the study of arsenic carcinogenesis, *Toxicology letters*, 133; 17-31
- 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.

## 2.6 Sélénium

- Agence française de sécurité sanitaire des aliments - Observatoire des consommations alimentaires, Note technique OCA/NB/2004-127 Evaluation de l'apport en sélénium chez les enfants de 1 à 2 ans et demi.
- Agency for toxic substances and disease registry (ATSDR) : Toxicological Profile for Selenium, mise à jour 2001, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp92.html>
- Apports nutritionnels conseillés pour la population française 3<sup>ème</sup> édition – Ambroise Martin, Technique et Documentation Edition, 605 p, 2001.
- Association Générale des Laboratoires d'Analyse de l'Environnement (AGLAE). Estimation de l'incertitude de mesure grâce aux essais interlaboratoires – paramètres chimiques : métaux sur eau propre. Septembre 2003
- Barceloux DG. Selenium ; *J Toxicol Clin Toxicol.* 1999;37(2):145-72.
- FSA : Food Safety Agency, COT : Committee on Toxicity, report TOX/2003/39 <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/TOX-2003-39.PDF>
- Golhaber S. B. Trace element risk assessment : essentiality vs. toxicity, *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 38 (2003) 232-242.
- Institute of Medicine, Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids (2000) <http://www.nap.edu/books/0309069351/html/>
- Leblanc JC, Verger P, Guérin T, Volatier JL. Etude de l'alimentation totale française - Mycotoxine, minéraux et éléments traces. INRA – DGAL. Mai 2004
- Longnecker M.P. *et al.* *AM. J of Clinical. Nutrition*, 53 1288-1294, 1991.
- Egan SK, Tao SS, Pennington JA, Bolger PM. US Food and Drug Administration's Total Diet Study: intake of nutritional and toxic elements, 1991-96. *Food Addit Contam.* 19(2):103-25, 2002.
- Longnecker MP, Taylor PR, Levander OA, Howe M, Veillon C, McAdam PA, Patterson KY, Holden JM, Stampfer MJ, Morris JS, *et al.* Selenium in diet, blood, and toenails in relation to human health in a seleniferous area. *Am J Clin Nutr.* 53(5):1288-94, 1991.
- Martin A. Sélénium in *Rapport sur les limites de sécurité dans les consommations alimentaires des vitamines et minéraux*, Edition DGCCRF, Paris, 172 p, 1996.
- Murphy J, Hannon EM, Kiely M, Flynn A, Cashman KD. Selenium intakes in 18-64-y-old Irish adults. *Eur J Clin Nutr.* 56(5):402-8, 2002.
- 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.
- OMS, guidelines for Drinking-water Quality, Third edition, volume 1, recommendations, 2004 [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines3/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines3/en/) (dernière consultation : février 2005)
- OMS : Selenium in : *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Vol. 2. *Health criteria and other supporting information*. Geneva, World Health Organization, 1996.
- OMS : WHO/FAO/IAEA. Report on trace elements in human nutrition and human health. Geneva *World Health Organisation*, pp. 163-167, 1996.
- Robberecht HJ, Hendrix P, Van Cauwenbergh R, Deelstra HA. Actual daily dietary intake of selenium in Belgium, using duplicate portion sampling. *Z Lebensm Unters Forsch.* 199(4):251-4, 1994.