

# Riz et arsenic

Erik Gustafsson, [www.sciencepourparents.fr](http://www.sciencepourparents.fr)

Dernière mise à jour 27 mars 2019



## Riz et arsenic, D'où vient le problème ?

On va s'intéresser dans cet article à l'arsenic dit « inorganique » qui est un produit cancérigène. Une exposition régulière a été associée à une augmentation des risques de cancers, notamment de la peau, de la vessie, des poumons, des reins, du foie et de la prostate<sup>1</sup>. Une exposition prolongée a aussi été associée à des problèmes gastro-intestinaux, cardiovasculaire, hématologiques, pulmonaires, neurologiques, immunologiques, et des fonctions reproductives<sup>2-5</sup>. On sait aussi qu'une exposition précoce à l'arsenic peut avoir des effets négatifs sur le développement cérébral<sup>6</sup> et peut augmenter les risques de cancers, de maladies cardio-vasculaires et pulmonaires<sup>7-9</sup>.

### Bref, l'arsenic c'est toxique.

Des traces d'arsenic peuvent se trouver dans l'eau et dans de nombreux aliments. Le plus problématique aujourd'hui est le riz. En effet, même si les mécanismes permettant à l'arsenic d'être assimilé par la plante et transféré dans le grain de riz restent encore mal compris<sup>10</sup>, on a pu constater que le riz, parce qu'il pousse dans l'eau, peut accumuler une quantité d'arsenic 10 fois supérieure à celle trouvée dans d'autres céréales comme le blé ou l'orge<sup>11</sup>. **Les causes principales de la présence d'arsenic dans les sols sont l'érosion des roches contenant de l'arsenic, notamment au Bengale et en Asie du Sud-Est<sup>12-17</sup>, les activités minières<sup>18-23</sup> et l'application de pesticides à base d'arsenic, notamment en Amérique du Nord<sup>24-27</sup>.**

La concentration d'arsenic dans le riz ou dans les produits à base de riz peut donc varier selon l'endroit où le riz est cultivé, le type de riz, mais aussi selon le produit alimentaire concerné ou encore l'endroit où le produit a été manufacturé<sup>27</sup>. En effet, plusieurs études ont montré des corrélations positives très fortes entre le pourcentage de riz utilisé comme ingrédient et la concentration d'arsenic contenue dans le produit final<sup>28-30</sup>. On sait aussi que **le riz complet contient généralement de plus forte concentration que le riz blanchi<sup>31-34</sup>**. En fait, l'arsenic se concentre davantage dans le son du riz ; avec des concentrations 10 à 20 fois plus élevées que dans le reste du grain<sup>35-37</sup>. Cela signifie que des produits contenant du son de riz peuvent aussi contenir de l'arsenic, notamment les boissons à base de riz, mais aussi les divers types de galettes de céréales ou encore certains suppléments alimentaires<sup>34,36,38,39</sup>.

### Alors sommes nous en surexposition ?

#### Situation avant la réglementation de 2016

Pendant le sevrage et pour nourrir les jeunes enfants, les produits à base de riz sont largement utilisés, notamment parce qu'ils sont facilement disponibles, ont un goût neutre, une bonne valeur nutritionnelle et un faible potentiel allergène<sup>38,40,41</sup>. Des études de plus en plus nombreuses ont donc aussi cherché à évaluer la quantité d'arsenic contenue dans ces produits<sup>27,29,36,38,42-48</sup>. **La limite recommandée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et**

***l'Organisation Mondiale pour la Santé*** au moment de ces études était de **200 µg/kg en Europe et aux Etats-Unis et de 150 µg/kg en Chine et ne concernait uniquement que les produits pour adultes<sup>2</sup>**. Or ces études qui se sont mises à échantillonner des centaines d'échantillons de riz pour bébés provenant de plusieurs pays du monde ont rapporté des concentrations pouvant aller 394 µg/kg en Europe, 353 µg/kg en Chine, et 496 µg/kg aux Etats-Unis<sup>29,43,45,47</sup>. **Bon à savoir, la plupart des produits se trouvant au-dessus de 150 µg/kg provenait de l'agriculture biologique qui utilise souvent du riz complet dont on a vu qu'il stocke davantage d'arsenic.** Ce point a soulevé des inquiétudes car les produits biologiques sont généralement considérés comme plus sains et plus nutritifs ; ce qui a abouti à une augmentation de la demande et de la production de produits bio pour les bébés et les jeunes enfants augmentant ainsi encore plus leur exposition à l'arsenic<sup>28,29,40</sup>.

En supposant l'ingestion d'une portion de 20 grammes de riz par jour, plusieurs études en Europe et aux Etats-Unis rapportaient des consommations comprises :

- **à 4 mois** entre 0.05 et 0.10 µg d'arsenic/kg/jour (0.26, pour les cœliaques)<sup>29,47</sup>;
- **à 6 mois** environ 0.16 µg/kg/jour (0.27, pour les cœliaques)<sup>29,45</sup> ;
- **à 8 mois** entre 0.25 et 0.33 µg/kg/jour (0.41, pour les cœliaques)<sup>29,45</sup>,
- **à 12 mois** entre 0.21 et 0.26 µg/kg/jour (0.40, pour les cœliaques)<sup>29,38</sup>.

Plusieurs chercheurs ont souligné dans ces articles que d'après les réglementations américaines et européennes, après de longs débats, la limite maximale d'arsenic dans l'eau a été déterminé à 10 µg/L<sup>49</sup>. Si on suppose une consommation d'un litre pour un adulte de 60 kg, cela équivaut donc à une consommation maximale de 0.17 µg d'arsenic/kg/jour. Or comme on l'a vu les bébés et les jeunes enfants semblaient pouvoir largement dépasser ce seuil, surtout qu'il n'est pas rare qu'ils consomment plus d'une portion de 20 grammes de riz par jour.

D'autres travaux ont ainsi estimé que les bébés et les jeunes enfants seraient environ 3 fois plus exposés que les adultes à l'arsenic compte-tenu de la quantité de riz qu'ils consomment par rapport à leur faible masse corporelle<sup>38,39,50,51</sup>. **Les enfants cœliaques (1 enfant sur 100 !) sont encore plus à risques car le riz, ne contenant pas de gluten, est particulièrement présent dans leur régime alimentaire<sup>28,40</sup>.** De même, la consommation de lait artificiel à base de riz est fréquente chez les bébés et les enfants allergiques au lactose. D'autres populations à risque sont les végétaliens et les végétariens qui remplacent le lait de vache par du lait de riz, et certains groupes ethniques qui consomment traditionnellement beaucoup de riz<sup>30</sup>.

Des études échantillonnant des laits maternels n'arrivaient pas à détecter d'arsenic inorganique dans 80 % des cas, et la concentration maximale détectée dans les 20 % restant n'était que de 2.8 µg/L<sup>52,53</sup>. Cette exposition à l'arsenic serait trois fois plus importante avec du lait artificiel à base de lait de vache<sup>39</sup> et, dépendamment des études, de 1.2 à 7 fois plus importante avec du lait artificiel à base de riz<sup>42,43,54</sup> (voir aussi notre article lait maternel vs lait artificiel).

**En résumé, les enfants et les parents peuvent être exposés à des doses supérieures aux recommandations.**

**Mais de quel niveau de risque parle-t-on ?**

Chez l'adulte, le seuil limite à partir duquel on observe une augmentation de 0.5% des risques de cancer du poumon est de 0.30 µg/kg/jour<sup>2</sup>. Entre 0.3 et 8 µg/kg/jour, on observe une augmentation de 1% des risques de cancer des poumons, de la peau et de la vessie<sup>39</sup>. Il est toutefois important de préciser que ces chiffres concernent les adultes, et les effets précis de ce type d'exposition chez les

bébés restent encore inconnus. C'est pourquoi, **toutes les études citées jusqu'ici soulignaient que les risques sanitaires pour les bébés et les jeunes enfants n'étaient pas exclus.**

Ainsi, compte-tenu des recherches disponibles, la société européenne de gastro-entérologie, hépatologie et nutrition pédiatrique, en 2015<sup>55</sup>, concluait entre autre que la consommation d'arsenic inorganique pendant l'enfance aura probablement des effets sur la santé à long-terme.

Ils recommandaient donc de :

1. Limiter autant que possible la consommation d'arsenic inorganique
2. De réguler la quantité d'arsenic contenue dans les produits alimentaires
3. Bien que les laits artificiels à base de riz restent une option pour les bébés allergiques au lait de vache, la quantité d'arsenic contenue dans ces laits doit être déclarée ainsi que les risques potentiels. Ce qui n'est toujours pas le cas.
4. Les boissons à base de riz ne doivent pas être données aux bébés et aux jeunes enfants
5. L'exposition peut être réduite en consommant d'autres céréales tels que l'avoine, l'orge, le blé et le maïs
6. Les autorités doivent déclarer quelles sont les variétés de riz les moins riches en arsenic

Compte-tenu de toutes ces informations, de nombreuses autorités, notamment aux Royaume-Unis, en Suède et au Danemark se sont mises à déconseiller la consommation de boissons ou de biscuits à base de riz chez les bébés et les jeunes enfants<sup>55</sup>. **Plusieurs études en 2015 appelaient urgemment à la mise en place de réglementations plus strictes**<sup>50,55</sup>.

### **Situation après la réglementation de 2016**

Les inquiétudes concernant l'arsenic dans les produits pour bébés ont abouti à une nouvelle réglementation en faveur d'un seuil maximal de 100 µg/kg d'arsenic inorganique dans le riz utilisé pour les produits pour les bébés (au lieu des 200 µg/kg pour les adultes). Cette réglementation a été mise en place dès 2016 en Europe<sup>56</sup>, puis en Suisse<sup>57</sup> et aux Etats-Unis<sup>58</sup>.

Une première étude en 2017<sup>48</sup>, ayant échantillonné 42 produits pour bébés dans des boutiques irlandaises alertait que 73% d'entre eux dépassaient encore la nouvelle limite de 100 µg/kg, se trouvant plutôt entre 55 µg/kg et 177 µg/kg. Une nouvelle étude anglaise de 2018 rapportait, quant à elle, que **tous les produits pour bébés tombaient à présent sous la barre des 100 µg/kg** (médiane à environ 66 µg/kg). **L'étude rapportait cependant que les gâteaux, les céréales et les porridges à base de riz, destinés à la population générale (et donc non labellisés pour bébés) avaient des concentrations d'environ 120 µg/kg, donc au-dessus de la limite des produits pour bébés.** Par ailleurs, une autre étude en 2018 mesurait des concentrations moyennes de 2.2 µg/L dans les laits artificiels à base de riz en France, Belgique et Italie; ce qui équivaldrait à une consommation encore problématique d'environ 0.16 à 0.23 µg/kg/jour<sup>59</sup>.

Pour diminuer la quantité d'arsenic dans leurs produits, les producteurs auraient adopté deux principales approches (1) utiliser du riz provenant de régions moins riches en arsenic, (2) Ajouter d'autres céréales sans gluten dans les produits à base de riz pour diluer la quantité totale d'arsenic<sup>30</sup>.

### **Recommandations pour les parents**

Malgré ces améliorations, un point très important a été mis en avant dans un article récent<sup>30</sup> : La loi imposant un seuil maximal de 100 µg/kg pour les produits pour bébés à base de riz n'a pas été mis en place à la suite d'une étude de risque. Cette remarque vaut aussi pour le seuil de 200 µg/kg pour les autres produits<sup>56</sup>.

**Définir le seuil limite d'exposition pour les bébés comme étant la moitié du seuil adulte semble donc avoir été totalement arbitraire.** D'autant plus, que comme on l'a vu précédemment, les bébés

seraient environ 3 fois plus exposés à l'arsenic que les adultes lorsqu'on tient compte de la quantité de riz qu'ils consomment par rapport à leur masse corporelle<sup>47,48</sup>. De plus, les bébés étant encore en plein développement, ils seraient encore plus sensibles aux effets de l'arsenic que les adultes<sup>7,9,42,60,61</sup>. Enfin la loi ignore les parents qui cuisinent avec des ingrédients frais ou nourrissent leurs enfants avec des produits non labellisés explicitement pour bébés comme des gâteaux de riz ou des céréales à base de riz. Ainsi, même une évaluation des risques très grossière suggère fortement que le seuil de concentration maximale pour le riz pour les bébés aurait dû être divisé au moins par trois et non pas par deux.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) n'a pas encore proposé de seuil limite pour les produits pour bébés mais propose encore le seuil de 200 µg/kg d'arsenic inorganique pour le riz standard. Ce seuil est donc le même que celui proposé par l'Union européenne<sup>62</sup>, et n'a pas non plus été choisi en fonction d'une étude de risque. **En fait, le rapport de l'OMS déclare très explicitement que ce seuil a été choisi de manière à ne pas gêner la libre circulation du riz dans la chaîne alimentaire mondiale<sup>62</sup>.** Ainsi ce choix s'est basé surtout sur des considérations économiques en suivant le principe du « niveau de risque le plus bas qu'il est raisonnablement faisable » (aussi connu sous le nom de principe ALARP). Les données anglaises montrent toutefois que des lois plus strictes peuvent aboutir à des adaptations rapides par les fabricants en très peu de temps. Après avoir rappelé le fait que l'arsenic inorganique est un cancérigène sans valeur seuil<sup>63</sup>, c'est-à-dire que n'importe quelle dose augmente les risques, l'article soulignait l'importance de continuer à diminuer l'exposition chez les bébés et les adultes<sup>30</sup>.

Information intéressante, des souches de riz très prometteuses qui n'accumuleraient que très peu d'arsenic sont en train d'être développées par génie génétique<sup>64</sup>.

Mais en attendant, **plusieurs recommandations ont été suggérées pour les parents :**

- **Eviter le riz complet**, ou les produits à base de riz complet (souvent les produits bio)<sup>28,29,40</sup>.
- **Rincer le riz, puis le faire cuire dans un excédent d'eau**, semble pouvoir réduire le contenu en arsenic de pratiquement 50-60%<sup>65,66</sup>. Une étude en 2015 rapportait même une diminution de plus de 80% d'arsenic en cuisant le riz dans un filtre à café pour percolateur<sup>67</sup> !
- **Mélanger le riz avec d'autres céréales comme le maïs** permet de diluer la concentration d'arsenic<sup>30</sup>,
- **Utiliser des produits explicitement labellisés pour bébés<sup>30</sup>**
- Enfin, on peut aussi **choisir du riz provenant de régions pauvres en arsenic<sup>27,68</sup>**, mais ce n'est pas toujours simple. En effet, une revue de littérature récente rapportait des gammes de concentrations qui pouvaient être assez larges au sein de chaque pays<sup>27</sup>. Les voici quand même pour information :

Pakistan : 83 µg/kg

Thaïlande : 66-114 µg/kg

Etats-Unis : 20-173 µg/kg

Espagne : 27-253 µg/kg

Italie : 1-271 µg/kg

Australie : 165-276 µg/kg

Portugal : 100-300 µg/kg

Chine : 44-379 µg/kg

Bangladesh : 10-502 µg/kg

Taiwan : 70-510 µg/kg

Inde : 20-576 µg/kg

En ce qui concerne la France, des études rapportent des taux compris entre 160 et 281  $\mu\text{g}/\text{kg}$  pour du riz blanc et 471  $\mu\text{g}/\text{kg}$  pour des échantillons de riz semi-complet provenant de Camargues, et 237  $\mu\text{g}/\text{kg}$  pour du riz blanc du Languedoc<sup>65,68</sup>. Le riz français est donc encore assez riche en arsenic<sup>69</sup>.

## Références

- 1 ATSDR (2007) *Toxicological Profile for Arsenic*, Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). [online] Available from: Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro/files/tp2.pdf>
- 2 JECFA (2011) *Safety evaluation of certain contaminants in food: prepared by the Seventy-second meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*,
- 3 Huang, Chuanshu, Ke, Qingdong, Costa, Max and Shi, Xianglin (2004) 'Molecular mechanisms of arsenic carcinogenesis'. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 255(1), pp. 57–66.
- 4 Kapaj, S., Peterson, H., Liber, K. and Bhattacharya, P. (2006) 'Human Health Effects From Chronic Arsenic Poisoning—A Review'. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 41(10), pp. 2399–2428.
- 5 Chávez-Capilla, Teresa, Beshai, Mona, Maher, William, Kelly, Tamsin and Foster, Simon (2016) 'Bioaccessibility and degradation of naturally occurring arsenic species from food in the human gastrointestinal tract'. *Food Chemistry*, 212, pp. 189–197.
- 6 Tolins, Molly, Ruchirawat, Mathuros and Landrigan, Philip (2014) 'The Developmental Neurotoxicity of Arsenic: Cognitive and Behavioral Consequences of Early Life Exposure'. *Annals of Global Health*, 80(4), pp. 303–314.
- 7 Farzan, Shohreh F., Karagas, Margaret R. and Chen, Yu (2013) 'In utero and early life arsenic exposure in relation to long-term health and disease'. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 272(2), pp. 384–390.
- 8 Naujokas Marisa F., Anderson Beth, Ahsan Habibul, Aposhian H. Vasken, et al. (2013) 'The Broad Scope of Health Effects from Chronic Arsenic Exposure: Update on a Worldwide Public Health Problem'. *Environmental Health Perspectives*, 121(3), pp. 295–302.
- 9 Sanchez, Tiffany R., Perzanowski, Matthew and Graziano, Joseph H. (2016) 'Inorganic arsenic and respiratory health, from early life exposure to sex-specific effects: A systematic review'. *Environmental Research*, 147, pp. 537–555.
- 10 Kumarathilaka, Prasanna, Seneweera, Saman, Meharg, Andrew and Bundschuh, Jochen (2018) 'Arsenic accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) is influenced by environment and genetic factors'. *Science of The Total Environment*, 642, pp. 485–496.
- 11 Williams, Paul N., Villada, Antia, Deacon, Claire, Raab, Andrea, et al. (2007) 'Greatly Enhanced Arsenic Shoot Assimilation in Rice Leads to Elevated Grain Levels Compared to Wheat and Barley'. *Environmental Science & Technology*, 41(19), pp. 6854–6859.
- 12 Ahmed, K. Matin, Bhattacharya, Prosun, Hasan, M. Aziz, Akhter, S. Humayun, et al. (2004) 'Arsenic enrichment in groundwater of the alluvial aquifers in Bangladesh: an overview'. *Applied Geochemistry*, 19(2), pp. 181–200.
- 13 Martin, Maria, Bonifacio, Eleonora, Hossain, K. M. Jakeer, Huq, S. M. Imamul and Barberis, Elisabetta (2014) 'Arsenic fixation and mobilization in the soils of the Ganges and Meghna floodplains. Impact of pedoenvironmental properties'. *Geoderma*, 228–229, pp. 132–141.

- 14 Winkel, Lenny, Berg, Michael, Amini, Manouchehr, Hug, Stephan J. and Annette Johnson, C. (2008) 'Predicting groundwater arsenic contamination in Southeast Asia from surface parameters'. *Nature Geoscience*, 1(8), pp. 536–542.
- 15 Sanz, E., Muñoz-Olivas, R., Cámara, C., Sengupta, M. Kumar and Ahamed, S. (2007) 'Arsenic speciation in rice, straw, soil, hair and nails samples from the arsenic-affected areas of Middle and Lower Ganga plain'. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 42(12), pp. 1695–1705.
- 16 Pigna, Massimo, Caporale, Antonio Giandonato, Cavalca, Lucia, Sommella, Alessia and Violante, A. (2015) 'Arsenic in the Soil Environment: Mobility and Phytoavailability'. *Environmental Engineering Science*, 32(7), pp. 551–563.
- 17 Yamaguchi, N., Nakamura, T., Dong, D., Takahashi, Y., et al. (2011) 'Arsenic release from flooded paddy soils is influenced by speciation, Eh, pH, and iron dissolution'. *Chemosphere*, 83(7), pp. 925–932.
- 18 Lee, Sanghoon (2006) 'Geochemistry and partitioning of trace metals in paddy soils affected by metal mine tailings in Korea'. *Geoderma*, 135, pp. 26–37.
- 19 Liao, Xiao-Yong, Chen, Tong-Bin, Xie, Hua and Liu, Ying-Ru (2005) 'Soil As contamination and its risk assessment in areas near the industrial districts of Chenzhou City, Southern China'. *Environment International*, 31(6), pp. 791–798.
- 20 Liu, Hongyu, Probst, Anne and Liao, Bohan (2005) 'Metal contamination of soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China)'. *Science of The Total Environment*, 339(1), pp. 153–166.
- 21 Williams, P. N., Raab, A., Feldmann, J. and Meharg, A. A. (2007) 'Market Basket Survey Shows Elevated Levels of As in South Central U.S. Processed Rice Compared to California: Consequences for Human Dietary Exposure'. *Environmental Science & Technology*, 41(7), pp. 2178–2183.
- 22 Zavala, Yamily J. and Duxbury, John M. (2008) 'Arsenic in Rice: I. Estimating Normal Levels of Total Arsenic in Rice Grain'. *Environmental Science & Technology*, 42(10), pp. 3856–3860.
- 23 Zavala, Yamily J., Gerads, Russell, Gürleyük, Hakan and Duxbury, John M. (2008) 'Arsenic in Rice: II. Arsenic Speciation in USA Grain and Implications for Human Health'. *Environmental Science & Technology*, 42(10), pp. 3861–3866.
- 24 Sarkar, Dibyendu, Datta, Rupali and Sharma, Saurabh (2005) 'Fate and bioavailability of arsenic in organo-arsenical pesticide-applied soils.: Part-I: incubation study'. *Chemosphere*, 60(2), pp. 188–195.
- 25 Bednar, A. J., Garbarino, J. R., Ranville, J. F. and Wildeman, T. R. (2002) 'Presence of Organoarsenicals Used in Cotton Production in Agricultural Water and Soil of the Southern United States'. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), pp. 7340–7344.
- 26 Feng, Min, Schrlau, Jill E., Snyder, Raymond, Snyder, George H., et al. (2005) 'Arsenic Transport and Transformation Associated with MSMA Application on a Golf Course Green'. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(9), pp. 3556–3562.

- 27 Majumder, Supriya and Banik, Pabitra (2019) 'Geographical variation of arsenic distribution in paddy soil, rice and rice-based products: A meta-analytic approach and implications to human health'. *Journal of Environmental Management*, 233, pp. 184–199.
- 28 Munera-Picazo, Sandra, Ramírez-Gandolfo, Amanda, Burló, Francisco and Carbonell-Barrachina, Ángel Antonio (2014) 'Inorganic and Total Arsenic Contents in Rice-Based Foods for Children with Celiac Disease'. *Journal of Food Science*, 79(1), pp. T122–T128.
- 29 Carbonell-Barrachina, Ángel A., Wu, Xiangchun, Ramírez-Gandolfo, Amanda, Norton, Gareth J., et al. (2012) 'Inorganic arsenic contents in rice-based infant foods from Spain, UK, China and USA'. *Environmental Pollution*, 163, pp. 77–83.
- 30 Carey, Manus, Donaldson, Emily, Signes-Pastor, Antonio J. and Meharg, Andrew A. (2018) 'Dilution of rice with other gluten free grains to lower inorganic arsenic in foods for young children in response to European Union regulations provides impetus to setting stricter standards'. *PLOS ONE*, 13(3), p. e0194700.
- 31 Torres-Escribano, Silvia, Leal, Mariana, Vélez, Dinoraz and Montoro, Rosa (2008) 'Total and Inorganic Arsenic Concentrations in Rice Sold in Spain, Effect of Cooking, and Risk Assessments'. *Environmental Science & Technology*, 42(10), pp. 3867–3872.
- 32 Williams, P. N., Price, A. H., Raab, A., Hossain, S. A., et al. (2005) 'Variation in Arsenic Speciation and Concentration in Paddy Rice Related to Dietary Exposure'. *Environmental Science & Technology*, 39(15), pp. 5531–5540.
- 33 Norton, Gareth J., Pinson, Shannon R. M., Alexander, Jill, McKay, Susan, et al. (2012) 'Variation in grain arsenic assessed in a diverse panel of rice (*Oryza sativa*) grown in multiple sites'. *New Phytologist*, 193(3), pp. 650–664.
- 34 Meharg, Andrew A., Lombi, Enzo, Williams, Paul N., Scheckel, Kirk G., et al. (2008) 'Speciation and Localization of Arsenic in White and Brown Rice Grains'. *Environmental Science & Technology*, 42(4), pp. 1051–1057.
- 35 Sun, Guo-Xin, Williams, Paul N., Carey, Anne-Marie, Zhu, Yong-Guan, et al. (2008) 'Inorganic Arsenic in Rice Bran and Its Products Are an Order of Magnitude Higher than in Bulk Grain'. *Environmental Science & Technology*, 42(19), pp. 7542–7546.
- 36 A. Meharg, Andrew, Deacon, Claire, J. Campbell, Robert C., Carey, Anne-Marie, et al. (2008) 'Inorganic arsenic levels in rice milk exceed EU and US drinking water standards'. *Journal of Environmental Monitoring*, 10(4), pp. 428–431.
- 37 Choi, Sung Hwa, Kim, Jae Sung, Lee, Ji Yeon, Jeon, Ji Suk, et al. (2014) 'Analysis of arsenic in rice grains using ICP-MS and fs LA-ICP-MS'. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 29(7), pp. 1233–1237.
- 38 Meharg, Andrew A., Sun, Guoxin, Williams, Paul N., Adomako, Eureka, et al. (2008) 'Inorganic arsenic levels in baby rice are of concern'. *Environmental Pollution*, 152(3), pp. 746–749.
- 39 EFSA (2009) 'Scientific Opinion on Arsenic in Food'. *EFSA Journal*, 7(10), p. 1351.



- 40 Da Sacco, Letizia, Baldassarre, Antonella and Masotti, Andrea (2013) 'Diet's role in the toxicity of inorganic arsenic (iAs): A journey from soil to children's mouth'. *Journal of Geochemical Exploration*, 131, pp. 45–51.
- 41 Mennella, Julie A., Ziegler, Paula, Briefel, Ronette and Novak, Timothy (2006) 'Feeding Infants and Toddlers Study: The Types of Foods Fed to Hispanic Infants and Toddlers'. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(1, Supplement), pp. 96–106.
- 42 Jackson, Brian P., Taylor, Vivien F., Punshon, Tracy and Cottingham, Kathryn L. (2012) 'Arsenic concentration and speciation in infant formulas and first foods'. *Pure and Applied Chemistry*, 84(2), pp. 215–223.
- 43 Ljung, Karin, Palm, Brita, Grandér, Margaretha and Vahter, Marie (2011) 'High concentrations of essential and toxic elements in infant formula and infant foods – A matter of concern'. *Food Chemistry*, 127(3), pp. 943–951.
- 44 Yost, L. J., Tao, S.-H., Egan, S. K., Barraj, L. M., et al. (2004) 'Estimation of Dietary Intake of Inorganic Arsenic in U.S. Children'. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 10(3), pp. 473–483.
- 45 Burló, Francisco, Ramírez-Gandolfo, Amanda, Signes-Pastor, Antonio J., Haris, Parvez I. and Carbonell-Barrachina, Ángel A. (2012) 'Arsenic Contents in Spanish Infant Rice, Pureed Infant Foods, and Rice'. *Journal of Food Science*, 77(1), pp. T15–T19.
- 46 Davis, Matthew A., Signes-Pastor, Antonio J., Argos, Maria, Slaughter, Francis, et al. (2017) 'Assessment of human dietary exposure to arsenic through rice'. *Science of The Total Environment*, 586, pp. 1237–1244.
- 47 Signes-Pastor, Antonio J., Carey, Manus and Meharg, Andrew A. (2016) 'Inorganic arsenic in rice-based products for infants and young children'. *Food Chemistry*, 191, pp. 128–134.
- 48 Signes-Pastor, Antonio J., Woodside, Jayne V., McMullan, Paul, Mullan, Karen, et al. (2017) 'Levels of infants' urinary arsenic metabolites related to formula feeding and weaning with rice products exceeding the EU inorganic arsenic standard'. *PLOS ONE*, 12(5), p. e0176923.
- 49 Smith, Allan H., Lopipero, Peggy A., Bates, Michael N. and Steinmaus, Craig M. (2002) 'Arsenic Epidemiology and Drinking Water Standards'. *Science*, 296(5576), pp. 2145–2146.
- 50 Hite, Adele H. (2013) 'Arsenic and rice: A call for regulation'. *Nutrition*, 29(1), pp. 353–354.
- 51 Zhu, Yong-Guan, Williams, Paul N. and Meharg, Andrew A. (2008) 'Exposure to inorganic arsenic from rice: A global health issue?' *Environmental Pollution*, 154(2), pp. 169–171.
- 52 Sternowsky, Hans-J., Moser, Barbara and Szadkowsky, Dieter (2002) 'Arsenic in breast milk during the first 3 months of lactation'. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 205(5), pp. 405–409.
- 53 Björklund, Karin Ljung, Vahter, Marie, Palm, Brita, Grandér, Margaretha, et al. (2012) 'Metals and trace element concentrations in breast milk of first time healthy mothers: a biological monitoring study'. *Environmental Health*, 11(1), p. 92.

- 54 Reche, M., Pascual, C., Fiandor, A., Polanco, I., et al. (2010) 'The effect of a partially hydrolysed formula based on rice protein in the treatment of infants with cow's milk protein allergy'. *Pediatric Allergy and Immunology*, 21(4p1), pp. 577–585.
- 55 Hojsak, Iva, Braegger, Christian, Bronsky, Jiri, Campoy, Cristina, et al. (2015) 'Arsenic in Rice: A Cause for Concern'. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 60(1), p. 142.
- 56 EC (2015) *Commission Regulation 2015/1006 of 25 June 2015 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of inorganic arsenic in foodstuffs [Internet]*, [online] Available from: [eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=OJ:JOL\\_2015\\_161\\_R\\_0006](http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=OJ:JOL_2015_161_R_0006)
- 57 [DFI] Département Fédéral de l'Intérieur (n.d.) *Ordonnance du DFI sur les teneurs maximales en contaminants*, Suisse. [online] Available from: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20143406/201705010000/817.022.15.pdf>
- 58 FDA (2017) *Arsenic in Food and Dietary Supplements*, [online] Available from: <https://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/Metals/ucm280202.htm>
- 59 Meyer, Rosan, Carey, Manus P., Turner, Paul J. and Meharg, Andrew A. (2018) 'Low inorganic arsenic in hydrolysed rice formula used for cow's milk protein allergy'. *Pediatric Allergy and Immunology*, 29(5), pp. 561–563.
- 60 Vahter, Marie (2009) 'Effects of Arsenic on Maternal and Fetal Health'. *Annual Review of Nutrition*, 29(1), pp. 381–399.
- 61 Rodríguez-Barranco, Miguel, Gil, Fernando, Hernández, Antonio F., Alguacil, Juan, et al. (2016) 'Postnatal arsenic exposure and attention impairment in school children'. *Cortex*, 74, pp. 370–382.
- 62 WHO (2014) *Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Contaminants in Foods, Fifth Session, The Hague, The Netherlands, 31 March± 4 April 2014. Proposed Draft Maximum Levels for Arsenic in Rice (Raw and Polished)*,
- 63 IARC (2004) *International Agency for Research on Cancer Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some drinking-water disinfectants and Contaminants, including Arsenic*, [online] Available from: [monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol84/mono84.pdf](http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol84/mono84.pdf)
- 64 Deng, Fenglin, Yamaji, Naoki, Ma, Jian Feng, Lee, Sang-Kyu, et al. (2018) 'Engineering rice with lower grain arsenic'. *Plant Biotechnology Journal*, 16(10), pp. 1691–1699.
- 65 Jitaru, Petru, Millour, Sandrine, Roman, Marco, El Koulali, Kaoutar, et al. (2016) 'Exposure assessment of arsenic speciation in different rice types depending on the cooking mode'. *Journal of Food Composition and Analysis*, 54, pp. 37–47.
- 66 Cubadda, F., Raggi, A., Zanasi, F. and Carcea, M. (2003) 'From durum wheat to pasta: effect of technological processing on the levels of arsenic, cadmium, lead and nickel—a pilot study'. *Food Additives & Contaminants*, 20(4), pp. 353–360.
- 67 Carey, Manus, Jiujin, Xiao, Farias, Júlia Gomes and Meharg, Andrew A. (2015) 'Rethinking Rice Preparation for Highly Efficient Removal of Inorganic Arsenic Using Percolating Cooking Water'. *PLOS ONE*, 10(7), p. e0131608.

- 68 Meharg, Andrew A., Williams, Paul N., Adomako, Eureka, Lawgali, Youssef Y., et al. (2009) 'Geographical Variation in Total and Inorganic Arsenic Content of Polished (White) Rice'. *Environmental Science & Technology*, 43(5), pp. 1612–1617.
- 69 Munera-Picazo, Sandra, Cano-Lamadrid, Marina, Castaño-Iglesias, María Concepción, Burló, Francisco and Carbonell-Barrachina, Ángel A. (2015) 'Arsenic in your food: potential health hazards from arsenic found in rice'. *Nutrition and Dietary Supplements*. [online] Available from: <https://www.dovepress.com/arsenic-in-your-food-potential-health-hazards-from-arsenic-found-in-ri-peer-reviewed-article-NDS> (Accessed 30 April 2019)