

Riz et arsenic

Erik Gustafsson, www.sciencepourparents.fr

Dernière mise à jour 27 mars 2019



Riz et arsenic, d'où vient le problème ?

Nous allons nous intéresser dans cet article à l'arsenic dit « inorganique » qui est un produit cancérigène par opposition à l'arsenic organique. Une exposition régulière à l'arsenic inorganique a été associée à une augmentation des risques de cancer, notamment de la peau, de la vessie, des poumons, des reins, du foie et de la prostate¹. Une exposition prolongée a aussi été associée à des problèmes gastro-intestinaux, cardiovasculaires, hématologiques, pulmonaires, neurologiques, immunologiques et des fonctions reproductives²⁻⁵. On sait aussi qu'une exposition précoce à l'arsenic peut avoir des effets négatifs sur le développement cérébral⁶ et peut augmenter les risques de cancer, de maladies cardio-vasculaires et pulmonaires⁷⁻⁹.

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, 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**¹⁰. 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-Est¹¹⁻¹⁶, les activités minières¹⁷⁻²² et l'application de pesticides à base d'arsenic, notamment en Amérique du Nord²³⁻²⁶.

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 manufacturé²⁶. 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 final²⁷⁻²⁹. On sait aussi que **le riz complet contient généralement une plus forte concentration d'arsenic que le riz blanchi**³⁰⁻³³. 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 grain³⁴⁻³⁶. Cela signifie que **des produits contenant du son de riz peuvent aussi contenir de l'arsenic, notamment les boissons à base de riz, divers types de galettes de céréales ou encore certains suppléments alimentaires**^{33,35,37,38}.

Pendant le sevrage et pour nourrir les jeunes enfants, les produits à base de riz sont largement utilisés, particulièrement parce qu'ils sont facilement disponibles, ont un goût neutre, une bonne valeur nutritionnelle et un faible potentiel allergène^{37,39,40}. Des études de plus en plus nombreuses ont donc aussi cherché à évaluer la quantité d'arsenic contenue dans ces produits^{26,28,35,37,41-47}.

La société européenne de gastro-entérologie, hépatologie et nutrition pédiatrique, en 2015⁴⁸, a conclu entre autres 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. 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 telles 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.

De nombreuses autorités, notamment au Royaume-Uni, 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 enfants⁴⁸. **Plusieurs études appelaient urgemment à la mise en place de réglementations plus strictes**^{48,49}.

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 dans les produits pour les bébés (au lieu des 200 µg/kg pour les adultes). Cette réglementation a été mise en place dès 2016 en Europe⁵⁰, puis aux États-Unis⁵¹.

Une première étude en 2017⁴⁷, ayant échantillonné 42 produits pour bébés dans des boutiques irlandaises, fait savoir que 73 % d'entre eux dépassent la nouvelle limite de 100 µg/kg, se trouvant plutôt entre 55 µg/kg et 177 µg/kg. Mais, une nouvelle étude anglaise de 2018 rapporte, quant à elle, que tous les produits pour bébés testés tombent à présent sous la barre des 100 µg/kg (médiane à environ 66 µg/kg). L'étude rapporte cependant que les gâteaux, les céréales et les porridges à base de riz, destinés à la population générale (et donc non labellisés pour bébés) ont des concentrations d'environ 120 µg/kg, donc au-dessus de la limite des produits pour bébés. Par ailleurs, une autre étude en 2018 a mesuré 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/jour⁵².

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'arsenic²⁹.

Recommandations pour les parents

Malgré ces améliorations, un point très important a été mis en avant dans un article récent²⁹ : la loi imposant un seuil maximal de 100 µg/kg pour les produits à base de riz pour bébés n'a pas été mise en place à la suite d'une étude de risques. Cette remarque vaut aussi pour le seuil de 200 µg/kg pour les autres produits⁵⁰.

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 de nombreux travaux soulignent que les bébés et les jeunes enfants seraient environ trois 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^{37,38,45-47,49,53}. Les enfants cœliaques (un enfant sur cent !) sont encore plus à risques, car le riz, ne contenant pas de gluten, il est particulièrement présent dans leur régime alimentaire^{27,39}. 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 risques 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 riz²⁹.

Ainsi, même une évaluation très grossière des risques suggère fortement que le seuil de concentration maximale aurait dû être divisé au moins par trois et non par deux. De plus, les bébés, étant encore en plein développement, seraient encore plus sensibles aux effets de l'arsenic que les adultes^{7,9,41,54,55}. 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.

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 initialement par l'Union européenne⁵⁶, et n'a pas non plus été choisi en fonction d'une étude de risques. **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**⁵⁶. Ainsi, ce choix s'est basé surtout sur des considérations économiques en suivant le principe du « niveau de risque le plus bas que raisonnablement possible » (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 seuil⁵⁷, c'est-à-dire que n'importe quelle dose augmente les risques, l'article souligne l'importance de continuer à diminuer l'exposition chez les bébés et les adultes²⁹.

Information intéressante, des souches de riz très prometteuses qui n'accumuleraient que très peu d'arsenic sont en train d'être développées par génie génétique⁵⁸.

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

- **éviter le riz complet** ou les produits à base de riz complet (souvent dans les produits bio)^{27,28,39} ;
- **rincer le riz, puis le faire cuire dans un excédent d'eau**. Cela semble pouvoir réduire le contenu en arsenic de pratiquement 50-60 %^{59,60}. Une étude en 2015 rapporte même une diminution de plus de 80 % d'arsenic en cuisant le riz dans un filtre à café pour percolateur⁶¹ !
- **mélanger le riz avec d'autres céréales comme le maïs**. Cela permet de diluer la concentration d'arsenic²⁹ ;
- **utiliser des produits explicitement labellisés pour bébés**²⁹ ;
- **choisir du riz provenant de régions pauvres en arsenic**^{26,62}, mais ce n'est pas toujours simple. En effet, une revue de littérature scientifique récente rapporte des gammes de concentration qui peuvent être assez larges au sein de chaque pays²⁶. Les voici quand même pour information :
 - Pakistan : 83 µg/kg
 - Thaïlande : 66-114 µg/kg
 - États-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
- France : En ce qui concerne le riz cultivé en France, des études rapportent des taux compris entre 160 et 281 µg/kg pour du riz blanc et 471 µg/kg pour des échantillons de riz semi-complet provenant de Camargue, et 237 µg/kg pour du riz blanc du Languedoc^{59,62}. Le riz français est donc encore assez riche en arsenic⁶³.

Situation avant la réglementation de 2016

La limite recommandée par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et l'Organisation mondiale de la santé, au moment des premières études, était de 200 µg/kg en Europe et aux États-Unis et de 150 µg/kg en Chine, et ne concernait que les produits pour adultes². Or les études qui se sont mises à comparer des centaines d'échantillons de riz pour bébés provenant de plusieurs pays du monde ont rapporté des concentrations pouvant aller jusqu'à 394 µg/kg en Europe, 353 µg/kg en Chine et 496 µg/kg aux États-Unis^{28,42,44,46}. **Bon à savoir, la plupart des produits se trouvant au-dessus de 150 µg/kg proviennent 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 davantage leur exposition à l'arsenic^{27,28,39}.

Un peu de maths ? Après de longs débats, la limite maximale d'arsenic dans l'eau aux États-Unis et en Europe a été déterminée à 10 µg/l⁶⁴. Si l'on suppose une consommation d'un litre par jour pour un adulte de 60 kg, cela équivaut à une consommation maximale de 0,17 µg d'arsenic/kg/jour ! Or les bébés semblent pouvoir largement dépasser ce seuil.

En supposant l'ingestion en moyenne d'une portion de 20 grammes de riz par jour (même s'il n'est pas rare que ce soit plus), plusieurs études en Europe et aux États-Unis rapportent des consommations comprises :

- à quatre mois entre 0,05 et 0,10 µg d'arsenic/kg/jour (0,26, pour les coéliqués qui mangent plus de riz)^{28,46} ;
- à six mois environ 0,16 µg/kg/jour (0,27, pour les coéliqués)^{28,44} ;
- à huit mois entre 0,25 et 0,33 µg/kg/jour (0,41, pour les coéliqués)^{28,44} ;
- à 12 mois entre 0,21 et 0,26 µg/kg/jour (0,40, pour les coéliqués)^{28,37}.

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

OK, mais de quel niveau de risque parle-t-on exactement ?

Chez l'adulte, le seuil limite à partir duquel on observe une augmentation de 0,5 % des risques de cancer du poumon est de 0,3 µg/kg/jour². Entre 0,3 et 8 µg/kg/jour, on observe une augmentation de 1 % des risques de cancer du poumon, de la peau et de la vessie³⁸. Donc, certains pourraient être tentés de dire que même si l'on dépasse un peu les recommandations, ça n'a pas l'air trop grave. Toutefois, il est 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 avant 2016 soulignaient les risques sanitaires pour les bébés et les jeunes enfants, ce qui a abouti à la nouvelle réglementation.**

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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1023/B:MCBI.0000007261.04684.78> (Accessed 21 March 2019)
- 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1080/10934520600873571> (Accessed 21 March 2019)
- 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616308524> (Accessed 22 March 2019)
- 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221499961400304X> (Accessed 22 March 2019)
- 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041008X13003037> (Accessed 22 March 2019)
- 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. [online] Available from: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.1205875> (Accessed 22 March 2019)
- 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935116300512> (Accessed 21 March 2019)
- 10 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/es070627i> (Accessed 21 March 2019)

- 11 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292703001756> (Accessed 22 March 2019)
- 12 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 pedoenviromental properties'. *Geoderma*, 228–229, pp. 132–141. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706113003480> (Accessed 22 March 2019)
- 13 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. [online] Available from: <https://www.nature.com/articles/ngeo254> (Accessed 22 March 2019)
- 14 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1080/10934520701564178> (Accessed 22 March 2019)
- 15 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. [online] Available from: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/ees.2015.0018> (Accessed 22 March 2019)
- 16 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653511001901> (Accessed 22 March 2019)
- 17 Lee, Sanghoon (2006) 'Geochemistry and partitioning of trace metals in paddy soils affected by metal mine tailings in Korea'. *Geoderma*, 135, pp. 26–37. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706105002983> (Accessed 22 March 2019)
- 18 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412005001005> (Accessed 22 March 2019)
- 19 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969704005789> (Accessed 22 March 2019)

- 20 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/es061489k> (Accessed 22 March 2019)
- 21 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/es702747y> (Accessed 22 March 2019)
- 22 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/es702748q> (Accessed 22 March 2019)
- 23 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565350401135X> (Accessed 22 March 2019)
- 24 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/jf025672i> (Accessed 22 March 2019)
- 25 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/jf047908j> (Accessed 22 March 2019)
- 26 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718314439> (Accessed 22 March 2019)
- 27 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. [online] Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1750-3841.12310> (Accessed 22 March 2019)
- 28 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749111007068> (Accessed 22 March 2019)
- 29 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. [online] Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0194700> (Accessed 22 March 2019)
- 30 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/es071516m> (Accessed 22 March 2019)
 - 31 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/es0502324> (Accessed 22 March 2019)
 - 32 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. [online] Available from: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1469-8137.2011.03983.x> (Accessed 22 March 2019)
 - 33 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/es702212p> (Accessed 22 March 2019)
 - 34 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/es801238p> (Accessed 22 March 2019)
 - 35 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. [online] Available from: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2008/em/b800981c> (Accessed 22 March 2019)
 - 36 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. [online] Available from: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2014/ja/c4ja00069b> (Accessed 22 March 2019)
 - 37 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749108000778> (Accessed 22 March 2019)
 - 38 EFSA (2009) 'Scientific Opinion on Arsenic in Food'. *EFSA Journal*, 7(10), p. 1351. [online] Available from: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2009.1351> (Accessed 22 March 2019)

- 39 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375674212002531> (Accessed 24 March 2019)
- 40 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002822305017232> (Accessed 27 March 2019)
- 41 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. [online] Available from: <https://www.degruyter.com/view/j/pac.2012.84.issue-2/pac-con-11-09-17/pac-con-11-09-17.xml> (Accessed 22 March 2019)
- 42 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461100149X> (Accessed 22 March 2019)
- 43 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1080/10807030490452151> (Accessed 22 March 2019)
- 44 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. [online] Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1750-3841.2011.02502.x> (Accessed 22 March 2019)
- 45 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717303674> (Accessed 22 March 2019)
- 46 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461401807X> (Accessed 22 March 2019)
- 47 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. [online] Available from:

- <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0176923> (Accessed 22 March 2019)
- 48 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. [online] Available from: https://journals.lww.com/jpgn/Fulltext/2015/01000/Arsenic_in_Rice_A_Cause_for_Concern.28.aspx (Accessed 24 March 2019)
 - 49 Hite, Adele H. (2013) 'Arsenic and rice: A call for regulation'. *Nutrition*, 29(1), pp. 353–354. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0899900712003759> (Accessed 22 March 2019)
 - 50 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)
 - 51 FDA (2017) *Arsenic in Food and Dietary Supplements*, [online] Available from: <https://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/Metals/ucm280202.htm>
 - 52 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. [online] Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/pai.12913> (Accessed 25 March 2019)
 - 53 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749108001759> (Accessed 22 March 2019)
 - 54 Vahter, Marie (2009) 'Effects of Arsenic on Maternal and Fetal Health'. *Annual Review of Nutrition*, 29(1), pp. 381–399. [online] Available from: <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-080508-141102> (Accessed 27 March 2019)
 - 55 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010945215000271> (Accessed 27 March 2019)
 - 56 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)*,
 - 57 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
 - 58 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. [online] Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/pbi.12905> (Accessed 27 March 2019)

- 59 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. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157516301570> (Accessed 27 March 2019)
- 60 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1080/0265203031000121996> (Accessed 27 March 2019)
- 61 Carey, Manus, Jiujiu, 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. [online] Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0131608> (Accessed 27 March 2019)
- 62 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. [online] Available from: <https://doi.org/10.1021/es802612a> (Accessed 27 March 2019)
- 63 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-rice-peer-reviewed-article-NDS> (Accessed 30 April 2019)
- 64 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. [online] Available from: <http://science.sciencemag.org/content/296/5576/2145> (Accessed 27 March 2019)