



Plan d'action pour assurer la sécurité des produits alimentaires

RAPPORT

2010-2011 Études ciblées

Chimie



Spéciation de l'arsenic dans le riz, les produits du riz, les céréales pour petit déjeuner, les céréales pour nourrissons, les produits de fruits, l'eau embouteillé et les produits d'algues

TS-CHEM-10/11

Table des matières

Sommaire	2
1 Introduction	4
1.1 Plan d’action pour assurer la sécurité des produits alimentaires	4
1.2 Études ciblées.....	4
1.3 Lois et règlements	5
2 Détails de l’étude	6
2.1 Arsenic total et espèces chimiques d’arsenic dans les aliments	6
2.2 Justification	7
2.3 Répartition des échantillons	8
2.4 Détails de la méthode	8
2.5 Limites	10
3 Résultats et discussion	10
3.1 Aperçu des résultats sur l’arsenic	10
3.2 Quantité d’arsenic selon le type de produit.....	14
3.2.1 <i>Riz et produits du riz</i>	14
3.2.2 <i>Céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons</i>	18
3.2.3 <i>Produits de fruits</i>	22
3.2.4 <i>Eau embouteillée</i>	26
3.2.5 <i>Produits d’algues</i>	28
4 Conclusions	32
5 Annexe	33
6 Références	35

Sommaire

Le Plan d'action pour assurer la sécurité des produits alimentaires (PAASPA) vise à moderniser et à renforcer le système réglementaire canadien de salubrité des aliments. Dans le cadre de l'initiative de surveillance accrue du PAASPA, des études ciblées servent à déceler des dangers précis dans divers aliments.

Les principaux objectifs de la présente étude étaient les suivants :

- produire des données de surveillance de base sur les concentrations d'arsenic total dans le riz, les produits du riz, les céréales pour petit déjeuner, les céréales pour nourrissons, les produits de fruits, l'eau embouteillée et les produits d'algues;
- examiner les proportions d'arsenic inorganique dans le riz et les produits du riz, les céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons, les produits de fruits, l'eau embouteillée et les produits d'algues;
- comparer les résultats de la présente étude sur les résultats de spéciation de l'arsenic dans le riz et les produits de poire avec ceux de l'étude du PAASPA de 2009-2010 sur la spéciation de l'arsenic.

L'arsenic est un élément qui se trouve, à l'état naturel, en petites quantités dans le sol, la roche, l'eau et l'air. Les principales sources d'exposition humaine à l'arsenic sont l'eau potable et les aliments. La présence d'arsenic dans les aliments et l'eau est généralement considérée comme le résultat d'une accumulation normale attribuable à la présence d'arsenic dans l'environnement. Les concentrations d'arsenic dans les aliments sont généralement faibles; toutefois, elles sont habituellement plus élevées dans les organismes aquatiques (comme les algues, le poisson et les fruits de mer) que dans l'eau potable ou les légumes. L'arsenic peut être présent sous forme organique et non organique dans les aliments, la forme inorganique étant plus toxique. Le rapport entre les espèces d'arsenic organique et inorganique varie grandement selon la source de contamination et les produits dans lesquels elles se trouvent. L'arsenic inorganique est la forme prédominante dans l'eau potable, tandis que l'arsenic organique est la forme prédominante dans les organismes aquatiques, comme les algues, le poisson et les fruits de mer. La proportion d'arsenic inorganique et organique dans d'autres aliments peut varier de manière significative. L'exposition chronique à l'arsenic inorganique peut entraîner divers effets néfastes pour la santé humaine, plus particulièrement le cancer¹⁰.

Au total, 1 071 échantillons d'aliments de provenance canadienne et importés ont été prélevés dans des magasins de détail au Canada (280 échantillons de riz et de produits du riz, 355 échantillons de céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons, 251 échantillons de produits de fruits, 95 échantillons d'eau embouteillée et 90 produits d'algues). L'analyse des échantillons a permis de déterminer la teneur en arsenic total et les concentrations des diverses espèces organiques et inorganiques présentes.

La plupart des produits (1 034 sur 1 071 échantillons ou 96,5 %) contenaient des concentrations mesurables d'arsenic total. Les produits d'algues contenaient la plus forte concentration moyenne d'arsenic total (26,3 parties par million [ppm] ou 26 300 parties

par milliard [ppb]), ils sont suivis des céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons (100,54 ppb), du riz et des produits du riz (89,38 ppb), des produits de fruits (12,95 ppb) et de l'eau embouteillée (2,06 ppb). Comme prévu, la détermination des concentrations d'arsenic inorganique et organique dans chaque échantillon a révélé que le rapport entre l'arsenic inorganique et l'arsenic total (formes inorganique et organique) varie selon le type de produit. Bien que les produits d'algues ont les niveaux d'arsenic total les plus élevés, les produits d'algues présentent typiquement très peu d'arsenic inorganique. Le pourcentage moyen d'arsenic inorganique variait de 22 % à 99 %, selon le type de produit.

Le *Règlement sur les aliments et drogues* (RAD) prévoit, au tableau I du titre 15, un seuil de tolérance à l'égard des concentrations d'arsenic dans le jus de fruits, le nectar de fruits, les boissons prêtes à servir et l'eau dans des contenants scellés (autre que l'eau de source ou minérale). Santé Canada a informé l'industrie et l'ACIA que les seuils de tolérance se trouvant actuellement dans le tableau I du titre 15 du RAD sont en cours de révision⁵. La présente étude montre que le seuil de tolérance à l'égard de l'arsenic (qui est actuellement en cours de révision) n'a pas été dépassé dans aucun des jus de fruits ou des produits de nectar analysés. Trois échantillons d'eau embouteillée contenaient des concentrations d'arsenic total supérieures aux *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada*. Il n'existe aucun règlement au Canada concernant les concentrations d'arsenic total ou inorganique dans les autres types de produits analysés dans le cadre de la présente étude; il était donc impossible d'évaluer la conformité de ces produits à une norme numérique. Aucun des échantillons n'est considéré comme présentant une préoccupation pour la santé humaine. Des mesures de suivi correspondant à l'ampleur de la préoccupation pour la santé ont été initiées.

1 Introduction

1.1 Plan d'action pour assurer la sécurité des produits alimentaires

En 2007, le gouvernement du Canada a lancé une initiative de cinq ans en réponse à un nombre croissant de rappels de produits et aux préoccupations concernant la salubrité des aliments. Cette initiative, appelée « Plan d'action pour assurer la sécurité des produits alimentaires et de consommation » (PAASPAC), vise à moderniser et à renforcer le système réglementaire de salubrité des aliments. Le PAASPAC regroupe de multiples partenaires qui s'efforcent d'assurer la salubrité des aliments que consommés par les Canadiens.

Le Plan d'action pour assurer la sécurité des produits alimentaires (PAASPA) de l'ACIA est un volet du PAASPAC de plus vaste envergure annoncé par le gouvernement du Canada. Le but du PAASPA est de cibler les risques de la chaîne d'approvisionnement alimentaire, réduire la possibilité que ces risques surviennent, améliorer les mesures de contrôle visant les aliments canadiens et importés ainsi que d'identifier les importateurs et les fabricants. Le PAASPA vise également à assurer l'application, par l'industrie, de mesures préventives et l'intervention rapide en cas d'échec de ces mesures.

Le PAASPA comprend douze principaux secteurs d'activité, dont la cartographie des risques et la surveillance de base. Le principal objectif de ce secteur consiste à mieux cerner, évaluer et classer les dangers possibles au chapitre de la salubrité des aliments grâce à la cartographie des risques, à la collecte de renseignements et à l'analyse des aliments offerts sur le marché canadien. Les études ciblées servent à vérifier la présence et à déterminer le niveau d'un risque précis dans des aliments déterminés. Les études ciblées portent principalement sur les 70 % d'aliments canadiens et importés qui sont visés exclusivement par la *Loi sur les aliments et drogues* et qui sont généralement désignés comme étant des denrées non agréées par le gouvernement fédéral.

1.2 Études ciblées

Les enquêtes ciblées sont des études pilotes dont le but est de recueillir des données sur la présence potentielle de contaminants déterminés dans des produits en particulier. Les études sont conçues de manière à répondre à des questions précises. Par conséquent, contrairement aux activités de surveillance, l'analyse d'un danger chimique donné cible des régions géographiques et/ou des types de produits en particulier.

En raison du très grand nombre de combinaisons de dangers et de produits alimentaires, il est impossible, et il ne devrait pas être nécessaire, d'utiliser des études ciblées pour recenser et quantifier tous les dangers chimiques dans les aliments. Pour déterminer les combinaisons de dangers et de produits alimentaires, l'ACIA utilise une combinaison d'ouvrages scientifiques, de reportages médiatiques et/ou un modèle basé sur les risques

élaborés par le Comité des sciences sur la salubrité des aliments (CSSA), un groupe d'experts des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux dans le domaine de la salubrité des aliments au Canada. En 2008, le CSSA a classé l'arsenic inorganique comme un des contaminants alimentaires prioritaires, surtout dans les produits d'algues. D'autres produits étaient visés par l'étude, comme le riz, les produits du riz et les céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons, car le riz contribue de façon importante à l'exposition globale à l'arsenic par voie alimentaire. Les produits de fruits contenant de la poire, notamment les jus, étaient visés par la présente étude à cause des préoccupations grandissantes concernant les concentrations d'arsenic dans la poire^{1,2}. La concentration d'arsenic dans l'eau de source peut être élevée dans certaines régions géographiques²⁹. L'eau embouteillée était donc également visée par la présente étude, car la concentration d'arsenic dans l'eau embouteillée reflète celle qui est présente dans l'eau de source (l'arsenic peut être présent à l'état naturel et/ou comme un contaminant environnemental).

1.3 Lois et règlements

Conformément à la *Loi sur l'Agence canadienne d'inspection des aliments*, l'ACIA est responsable de l'application des restrictions quant à la production, à la vente, à la composition et au contenu des aliments et des produits alimentaires énoncés dans la *Loi sur les aliments et drogues* et son règlement d'application.

Santé Canada établit les limites maximales de résidus chimiques et de contaminants dans les aliments axées sur la santé. Les limites maximales de contaminants chimiques dans les aliments peuvent être appelées « tolérances réglementaires » ou « normes ». Les tolérances réglementaires sont précisées dans le *Règlement sur les aliments et drogues* (RAD), tandis que les normes peuvent être consultées dans le site web de Santé Canada³.

À l'heure actuelle, le RAD prévoit un seuil de tolérance pour quelques métaux dans les aliments (TABLEAU I⁴ – de l'article B.15.001, y compris l'arsenic dans des produits en particulier). Il est à noter que Santé Canada examine présentement les tolérances réglementaires précisées au tableau I du titre 15⁵. Une concentration maximale admissible de 10 parties par milliard (ppb) d'arsenic total dans l'eau potable est précisée dans les *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada*, lesquelles ont été élaborées par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable et publiées par Santé Canada depuis 1968⁶. Veuillez consulter le tableau A de l'annexe pour obtenir un résumé des limites réglementaires canadiennes et internationales à l'égard de l'arsenic dans des produits en particulier.

Même en l'absence de norme ou de seuil de tolérance précis, tous les aliments vendus au Canada doivent respecter l'alinéa 4(1)a) de la *Loi sur les aliments et drogues*. Si la concentration d'arsenic mesurée est élevée, Santé Canada peut évaluer le risque potentiel pour la santé humaine afin de déterminer si des mesures de gestion du risque doivent être prises. Ces mesures peuvent comprendre la notification du producteur ou de l'importateur, des inspections de suivi, d'autres échantillonnages dirigés et/ou le rappel des produits.

2 Détails de l'étude

2.1 Arsenic total et spéciation de l'arsenic dans les aliments

L'arsenic est un élément présent naturellement dans la croûte terrestre. L'arsenic peut se trouver sous sa forme élémentaire (As), mais se trouve plus fréquemment en combinaison avec d'autres éléments. Des composés d'arsenic inorganique sont formés lorsque l'arsenic est combiné à de l'oxygène, du chlore et du soufre, un processus qui survient naturellement dans le sol et les roches. Les composés organiques d'arsenic sont formés lorsque cet élément réagit avec du carbone et de l'hydrogène, par exemple à la suite de réactions métaboliques chez des végétaux ou des animaux.

Par le passé, les composés inorganiques d'arsenic ont été utilisés comme agents de préservation du bois et composantes de produits chimiques agricoles⁷. Toutefois, l'utilisation de composés d'arsenic inorganique à des fins agricoles⁸ et pour le traitement du bois destiné à un usage résidentiel a été abandonnée au Canada à cause des préoccupations liées à la santé⁹. Les composés d'arsenic organique sont utilisés comme composantes de pesticides (comme le méthanearséniate monosodique, un herbicide/insecticide, et le méthanearséniate disodique, un herbicide) et certains composés sont utilisés comme additifs dans les aliments pour bétail¹⁰. Les composés d'arsenic organique sont également utilisés dans la fabrication de batteries d'automobiles, de semiconducteurs et de diodes électroluminescentes¹¹. Dans l'environnement, l'arsenic peut se trouver dans l'air, l'eau et le sol sous l'effet du vent ou dans l'eau à cause du ruissellement ou de la lixiviation. Chez les humains, l'absorption d'arsenic peut provenir de l'ingestion d'eau et/ou d'aliments contaminés, ou de l'inhalation de poussières contaminées.

La majeure partie de l'exposition humaine à l'arsenic est causée par la consommation d'eau potable et d'aliments contaminés¹². L'apport en arsenic total d'un adulte nord-américain typique a été estimé à environ 50 µg/jour, et celui en arsenic inorganique représenterait de 20 % à 40 % de l'apport alimentaire total en arsenic¹³.

De manière générale, les espèces d'arsenic inorganique (c.-à-d. As³⁺ et As⁵⁺) sont plus toxiques que celles de forme organique. Les espèces d'arsenic organique comprennent l'arsénocholine (AsC), l'arsénobétaïne (AsB), l'acide monométhylarsonique (AMMA) et l'acide diméthylarsique (ADMA)¹⁴. La plupart des cas d'intoxication humaine à l'arsenic ont été associés à une exposition à l'arsenic inorganique. En plus d'être extrêmement cancérigène pour l'humain, l'exposition par voie orale à la forme inorganique peut entraîner des effets cutanés, cardiovasculaires, respiratoires, gastro-intestinaux, hématologiques, hépatiques, et neurologiques¹⁴. Les données sur la toxicité animale ont également montré que l'exposition par voie orale à l'arsenic inorganique peut accroître le risque de problèmes génésiques¹⁵. Dans le cas de l'arsenic organique, les systèmes rénal et urinaire chez l'humain semblent être les plus touchés¹⁴.

Le riz a été identifié comme une importante source d'exposition alimentaire à l'arsenic chez l'être humain¹⁶. Comparativement à d'autres céréales, le riz serait particulièrement

susceptible à la contamination par l'arsenic parce qu'il est généralement cultivé dans des milieux inondés¹⁶. La contamination des eaux souterraines par l'arsenic a été signalée dans de nombreux pays producteurs de riz, plus particulièrement au Bangladesh, en Chine et en Inde¹⁷ où les concentrations d'arsenic dans l'eau peuvent s'élever jusqu'à 0,21 milligramme par litre (mg/L) (210 ppb)¹⁷. Les plantes de riz absorbent et accumulent l'arsenic contenu dans l'eau utilisée pour inonder les champs. La quantité d'arsenic dans les grains de riz et les produits finis du riz destinés à la consommation humaine est liée aux concentrations se trouvant dans l'eau utilisée pour la culture des plantes de riz. Comme l'arsenic inorganique se dissout plus rapidement dans l'eau que l'arsenic organique¹⁸, les grains de riz et les produits du riz contiennent généralement une plus grande quantité d'arsenic inorganique qu'organique. Les préoccupations concernant les concentrations d'arsenic inorganique dans le riz grandissent à cause de différentes raisons, l'une d'entre elles étant parce qu'il s'agit d'un produit alimentaire consommé en grande quantité (comptant pour près de 50 % de la consommation de céréales dans le monde)¹⁹.

2.2 Justification

L'ACIA ne dispose d'aucune activité de surveillance régulière qui vise l'arsenic et les espèces chimiques d'arsenic dans les aliments transformés, les céréales ou l'eau embouteillée. Dans le cadre du Projet sur les aliments destinés aux enfants de l'ACIA, les concentrations d'arsenic total avaient été examinées (mais pas celles des espèces chimiques d'arsenic) dans les produits du riz ainsi que les produits de fruits et légumes, y compris les jus, destinés aux enfants. Ainsi, il était donc nécessaire d'obtenir des données de surveillance sur la présence et les concentrations d'arsenic total et des espèces chimiques d'arsenic (inorganique et organique) dans les céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons, le riz et les produits du riz, les produits de fruits, l'eau embouteillée et les produits d'algues de provenance canadienne et importés. Les données sur les concentrations d'arsenic inorganique dans le riz, les fruits, l'eau embouteillée et les produits d'algues sont essentielles aux évaluations des risques pour la santé.

Le riz, les produits de fruits et l'eau embouteillée sont consommés par tous les groupes d'âge au Canada. La quantité de riz disponible pour la consommation au Canada a atteint 7,0 kg par personne en 2008²⁰. Les produits du riz gagnent en popularité, surtout chez les personnes sensibles au gluten et intolérantes au lactose. La quantité de fruits, de légumes et de produits connexes disponible pour la consommation s'élevaient à 39,3 kg par personne en 2008 au Canada²¹. En 2006, 29 % des ménages canadiens buvaient principalement de l'eau embouteillée plutôt que de l'eau du robinet²². La consommation annuelle par habitant d'eau embouteillée au Canada était de 66 L, et ce volume a augmenté de façon constante au cours de la dernière décennie²³.

L'ACIA a émis un avis public pour aviser les consommateurs d'éviter de consommer des algues hijiki, car ce type d'algue accumule de plus grandes concentrations d'arsenic inorganique que les autres formes d'algue²⁴. Les algues ne constituent pas un aliment de base au Canada, mais elles sont une composante importante du régime alimentaire de certains sous-groupes de la population.

2.3 Répartition des échantillons

Dans le cadre de l'étude sur la spéciation de l'arsenic de 2010-2011, 1 071 échantillons ont été prélevés dans des épiceries et des magasins spécialisés de onze villes canadiennes (Halifax, Saint John, Ottawa, Toronto, Montréal, Québec, Calgary, Saskatoon, Vancouver, Kelowna et Winnipeg). Les produits analysés comprenaient 355 échantillons de céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons, 280, de riz et de produits du riz, 251, de produits de fruits, 95, d'eau embouteillée, et 90, de produits d'algues.

2.4 Détails de la méthode

Les échantillons de l'étude ont été analysés au laboratoire de l'ACIA à Dartmouth. Les échantillons ont été analysés tels quels (c.-à-d. non cuits ou non préparés) afin de déterminer la teneur en arsenic total et celles des espèces chimiques d'arsenic. Les résultats des deux méthodes seront présentés séparément, car les deux méthodes ne sont pas directement comparables. Aux fins du présent rapport, le terme « espèce » désigne une forme particulière d'arsenic et le terme « spéciation » désigne la répartition des espèces chimiques d'arsenic dans un échantillon en particulier.

Dépistage des métaux totaux

Les échantillons de l'étude ont été analysés à l'aide de la méthode de dépistage des métaux totaux qui consiste en une analyse rapide de 12 métaux différents, dont l'arsenic. Cette méthode ne fournit aucune donnée sur la spéciation et permet seulement de connaître la concentration d'arsenic total. Cette méthode utilise digestion acide sous micro-ondes pour dégrader les échantillons, et la détection des métaux se fait par spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif (ICP-MS). Cette méthode permet de mesurer avec le plus de précision la concentration totale d'arsenic dans un échantillon.

Méthode de spéciation de l'arsenic

Cette méthode permet de connaître la proportion d'arsenic inorganique (As^{3+} et As^{5+}) et organique (AsB [arsénobétaine], AsC [arsénocholine], AMMA [acide monométhylarsinique] et ADMA [acide diméthylarsinique]) dans les aliments au moyen de la chromatographie liquide à haute performance et de la spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif (LCHP/ICP-MS) (voir tableau 1). Tous les résultats sont exprimés en arsenic élémentaire (plutôt que les espèces organiques; par exemple l'arsénobétaine est $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{AsO}_5$ et est signalé seulement comme la concentration d'arsenic). Les limites de détection (LD) pour tous les types de produits sont présentées dans le tableau 2. La limite de quantification (LQ) équivaut à trois fois la LD. Il est à noter que d'autres espèces chimiques peuvent être présentes dans l'échantillon, mais cette méthode ne vise que les espèces susmentionnées. La somme des concentrations des espèces individuelles d'arsenic mesurées peut ne pas correspondre à la concentration totale d'arsenic mesurée à l'aide de la méthode de dépistage des métaux totaux.

**Tableau 1 – Espèces chimiques d’arsenic examinées
dans le cadre de la présente étude ciblée**

Espèces	Forme	Synonyme	Formule chimique	Toxicité
As³⁺	Inorganique	Trioxyde de diarsenic, arsénite	As(OH) ₃	Toxicité élevée
As⁵⁺	Inorganique	Acide arsénique, arséniate	H ₃ AsO ₄	Toxicité élevée
AsC	Organique	Arsénocholone	C ₅ H ₁₄ AsBrO	Relativement non toxique
AsB	Organique	Arsénobétaine	C ₅ H ₁₁ AsO ₂	Relativement non toxique
AMMA	Organique	Acide monométhylarsonique	CH ₃ AsO ₃ Na	Faible toxicité
ADMA	Organique	Acide diméthylarsique, acide cacodylique	C ₂ H ₇ AsO ₂	Faible toxicité

**Tableau 2 - Limites de détection (LD) des espèces chimiques d’arsenic visées
par la présente étude ciblée**

Espèces	LD (ppb) dans le riz, les produits du riz et les céréales pour petit déjeuner	LD (ppb) dans les produits de fruits	LD (ppb) dans l’eau embouteillée	LD (ppb) dans les produits d’algues
Arsenic total	1	1	1	1
AsC	0,39	0,52	0,06	S.O.
AsB	0,41	0,23	0,08	S.O.
As³⁺	0,68	0,66	0,08	10,0
ADMA	0,70	0,36	0,04	5,0
AMMA	0,98	0,58	0,09	13,0
As⁵⁺	4,80	2,67	0,13	10,0

S.O. = À l’heure actuelle, ces espèces chimiques ne peuvent être détectées avec la méthode de spéciation de l’arsenic utilisée.

2.5 Limites

La présente étude ciblée visait, d'une part, à fournir un aperçu des concentrations d'arsenic dans les produits ciblés et, d'autre part, à mettre en évidence certains produits méritant une étude plus approfondie. Une vaste gamme de produits a été échantillonnée; les produits ont principalement été classés selon les descriptions fournies par l'échantillonneur. En raison de la variété des produits échantillonnés, il était difficile d'établir des comparaisons entre des types de produits en particulier et leur pays d'origine, et de tirer des conclusions à ce sujet.

Les résultats doivent être interprétés avec prudence. Les données ne peuvent être considérées comme représentatives des concentrations d'arsenic total ou d'espèces chimiques d'arsenic dans toutes les denrées alimentaires provenant d'un pays en particulier. De plus, il était impossible de déterminer le pays d'origine de nombreux produits analysés. Les produits analysés étaient conformes aux directives d'étiquetage de l'ACIA (utilisation des mentions « importé par », « emballé par », « importé pour », etc.)²⁵, mais l'étiquette de nombreux produits ne présentait pas de renseignement supplémentaire précisant le pays d'origine (production) du produit. Par conséquent, aucune inférence ni conclusion n'a été tirée en ce qui concerne le pays d'origine. La présente étude n'a pas tenu compte des différences régionales, des effets de la durée de conservation, ni du coût du produit sur le marché libre.

Les données présentées ici sont pour les concentrations d'arsenic par poids des aliments tel que vendus, plutôt que par portion ou tel que consommés. Par exemple, les niveaux sont signalés pour les grains de riz crus.

3 Résultats et discussion

3.1 Aperçu des résultats sur l'arsenic

Les résultats d'analyse concernant l'arsenic total et le spéciation de l'arsenic sont indiqués en $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb). Comme mentionné ci-dessus, deux méthodes distinctes ont été utilisées pour générer ces deux ensembles de données. Les résultats obtenus à l'aide de la méthode de dépistage des métaux totaux ont servi à évaluer la concentration d'arsenic total, tandis que les résultats obtenus à l'aide de la méthode de spéciation de l'arsenic ont servi à évaluer la concentration de six espèces individuelles d'arsenic. Étant donné que deux méthodes d'analyse distinctes ont été utilisées, il était impossible de comparer directement les résultats sur l'arsenic total obtenus à l'aide de chaque méthode.

La figure 1 présente le nombre d'échantillons par type de produit et illustre le nombre d'échantillons contenant des concentrations mesurables d'arsenic total. Les concentrations minimales, maximales et moyennes d'arsenic total sont présentées au tableau 3 (en ordre croissant de concentration moyenne d'arsenic total). Les produits d'algues contenaient la plus forte concentration globale d'arsenic total, tandis que l'eau embouteillée contenait la plus faible concentration d'arsenic total. Parmi les autres types de produits, les concentrations totales d'arsenic décroissaient comme suit : céréales pour

petit déjeuner ou pour nourrissons, riz et produits du riz, et produits de fruits. Les concentrations d'arsenic total observées concordaient avec celles trouvées dans le cadre d'autres études scientifiques et d'études précédentes^{12-14, 16-19, 27-29,31-35}.

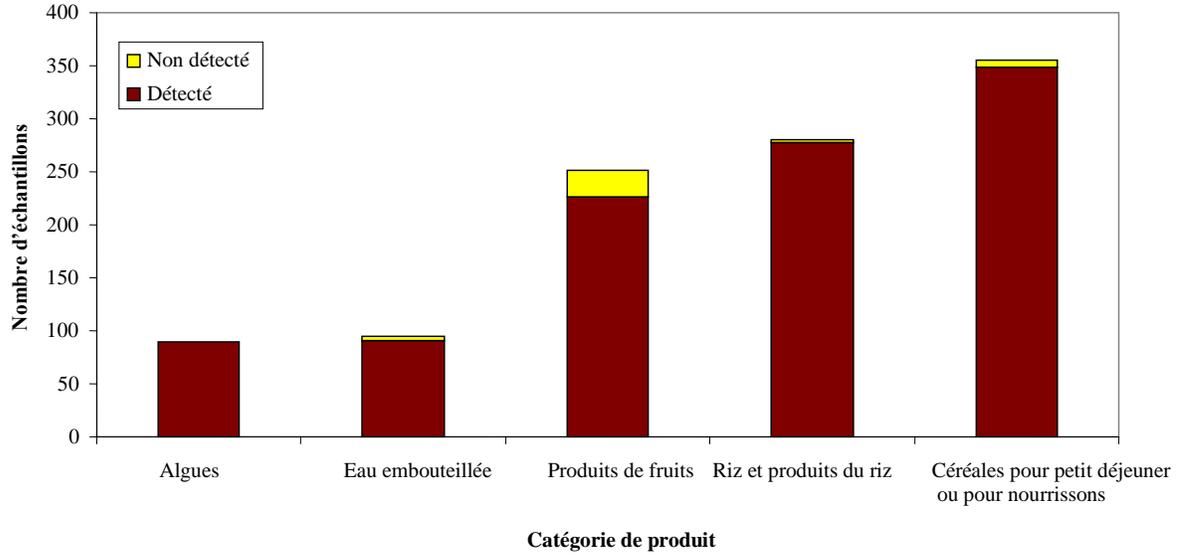


Figure 1 – Répartition des échantillons selon le type de produit (en ordre croissant de nombre d'échantillons contenant des concentrations mesurables d'arsenic total)

Tableau 3 – Concentrations minimales, maximales et moyennes d’arsenic total dans les types de produits (en ordre croissant de concentration moyenne d’arsenic total)

Catégorie de produit	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons positifs	Pourcentage d'échantillons positifs	Minimum (ppb)	Maximum (ppb)	Moyenne (ppb)
Eau	95	91	96	< LD	20,80	2,06
Produits de fruits	251	226	90	< LD	85,80	12,95
Riz et produits du riz	280	278	99	< LD	848,00	89,38
Céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons	355	349	98	< LD	496,00	100,54
Algues	90	90	100	1 130 (1,13 ppm)	91300 (91,30 ppm)	26900 (26,90 ppm)

Comme il est mentionné à la section 2.4, la méthode de spéciation de l’arsenic permet de détecter six espèces d’arsenic, y compris quatre espèces de forme organique (ADMA, AMMA, AsC et AsB) et deux espèces de forme inorganique (As^{3+} et As^{5+}). L’arsenic inorganique est plus toxique que la forme organique. Le pourcentage de contribution de chaque espèce chimique à chaque type de produit est illustré à la figure 2. Pour la plupart des types de produits, la principale espèce d’arsenic observée était As^{3+} (inorganique), sauf pour les algues dans lesquelles l’ADMA (organique) était prédominant. Pour l’eau embouteillée, presque tout l’arsenic détecté était de forme inorganique (As^{3+} et As^{5+}), autrement dit, près de 100 % de l’arsenic dans ce produit était de forme inorganique. Le riz et les produits du riz, les céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons ainsi que les produits de fruits ont été associés à un pourcentage relativement élevé d’arsenic inorganique. La proportion relative d’arsenic inorganique et organique concorde avec les résultats d’autres études scientifiques et des études précédentes du PAASPA^{20-23, 25-29, 32-35}.

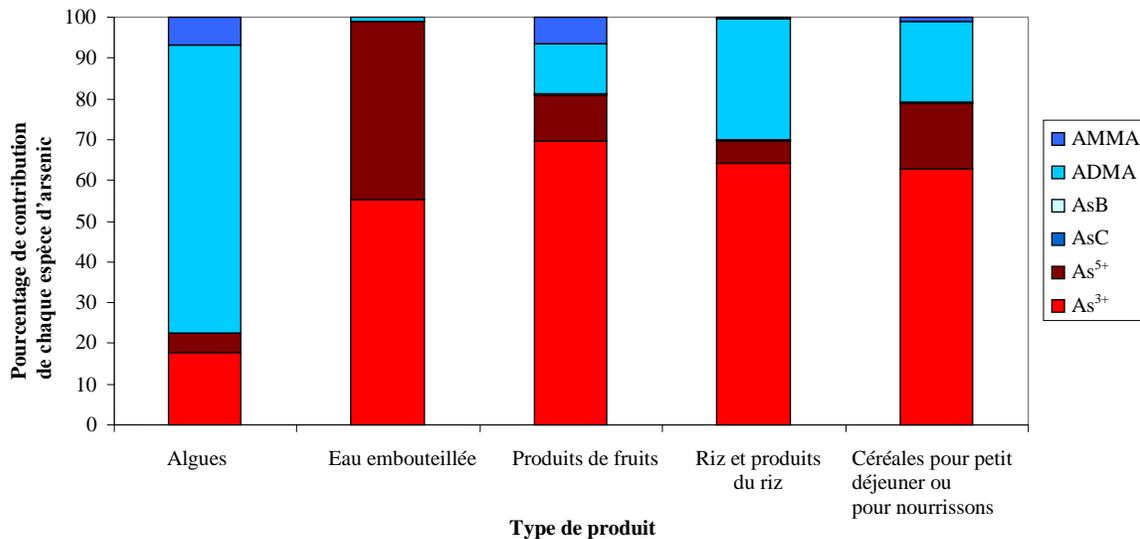


Figure 2 – Pourcentage de contribution moyen des espèces d’arsenic détectées dans les échantillons de l’étude

* Nota : Le rouge désigne les espèces d’arsenic inorganique et le bleu, les espèces d’arsenic organique.

Le RAD (tableau I de l’article B.15.001)³ prévoit des seuils de tolérance à l’égard de l’arsenic dans les jus de fruits, le nectar de fruits, les boissons prêtes à servir et l’eau dans des contenants scellés (autre que l’eau de source ou minérale). Les tolérances réglementaires se trouvant dans le tableau I du titre 15 sont en cours de révision par Santé Canada⁵. Il n’existe aucun seuil de tolérance pour l’arsenic dans le riz, les produits du riz, les céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons, les produits de fruits (sauf les jus et les nectars) ou les produits d’algues. Pour cela, il était impossible d’évaluer la conformité de ces produits à une norme numérique concernant l’arsenic. L’ACIA a effectué l’évaluation des résultats et, au besoin, a consulté Santé Canada concernant certaines concentrations d’arsenic observées. Aucun échantillon n’a été jugé préoccupant pour la santé humaine.

Concernant l’eau embouteillée, les concentrations d’arsenic total ont été comparées à celles figurant dans les *Recommandations pour la qualité de l’eau potable au Canada*⁶. Trois échantillons d’eau embouteillée contenaient des concentrations d’arsenic supérieures à la concentration recommandée. Santé Canada est d’avis qu’il est peu probable que l’exposition à court terme à de telles concentrations d’arsenic présente une préoccupation pour la santé humaine.

3.2 Les résultats de l'arsenic selon le type de produit

Les sections suivantes présentent les quantités d'arsenic total et d'espèces chimiques d'arsenic dans chaque catégorie de produit. Lorsqu'il était possible, les résultats de la présente étude ciblée ont été comparés à ceux de l'étude ciblée du PAASPA de 2009-2010 sur la spéciation de l'arsenic menée par l'ACIA²⁶ (tableaux 5 et 8, et figures 4 et 6). Les céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons, l'eau embouteillée et les produits d'algues ne faisaient pas partie des produits analysés aux fins du dépistage de l'arsenic en 2009-2010; il était donc impossible d'effectuer une comparaison avec les résultats de la présente étude.

3.2.1 Riz et produits du riz

Au total, 280 échantillons de riz et de produits du riz (12 de provenance canadienne, 203 importés et 65 d'origine non précisée) ont été analysés conformément aux protocoles décrits à la section 2.4. Comme le riz n'est pas cultivé au Canada, les produits dits « de provenance canadienne » sont en fait fabriqués ou transformés au Canada avec des ingrédients importés. Les échantillons de riz et de produits du riz provenaient de 18 pays. Au total, 14 catégories de produits ont été analysés, y compris le riz blanc cru, le riz brun cru, d'autres types de riz cru (riz noir, riz rouge et d'autres types de riz non précisés), les boissons au riz, les craquelins de riz, la farine de riz, les nouilles de riz, le papier de riz, le pouding au riz, les gâteaux de riz et d'autres produits de riz (y compris les barres au riz, les biscuits au riz et les mélanges pour gruau/pâtisseries), les croustilles de riz, les flocons de riz et le son de riz.

Le tableau 4 présente un résumé des concentrations d'arsenic total dans le riz et les produits du riz. Tous les échantillons de grains de riz ainsi que 206 des 208 échantillons de produits du riz analysés contenaient des concentrations mesurables d'arsenic total. Les concentrations moyennes d'arsenic total variaient de 9 ppb (pouding au riz) à 571 ppb (son de riz). Parmi les différents types de grains de riz, le riz brun contenait presque le double de la concentration moyenne d'arsenic total (226 ppb) détectée dans le riz blanc (104 ppb) ou les autres types de riz non précisés (151 ppb). Parmi les produits du riz, le son de riz (571 ppb) et les gâteaux de riz (186 ppb) contenaient les concentrations moyennes d'arsenic total les plus élevées. La couche externe de riz (le son) renferment les plus hauts niveaux de l'arsenic. Comme le riz brun est moins transformé que le riz blanc, les concentrations d'arsenic ont une tendance d'être plus élevées dans le riz brun que dans le riz blanc²⁷.

Tableau 4 – Concentrations d’arsenic total dans le riz et les produits du riz mesurées avec la méthode de dépistage des métaux totaux (en ordre décroissant de concentration moyenne d’arsenic total)

Produit	Catégorie de produit	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons positifs	Pourcentage d'échantillons positifs	Minimum (ppb)	Maximum (ppb)	Moyenne (ppb)
Riz	Riz brun	16	16	100	89,80	351,00	225,92
	Riz – Autre*	7	7	100	8,63	337,00	150,95
	Riz blanc	49	49	100	34,40	205,00	104,36
Produits du riz	Son de riz	1	1	100		570,87	
	Gâteaux de riz	11	11	100	136,00	258,00	186,00
	Farine de riz	25	25	100	44,50	369,00	125,25
	Craquelins de riz	30	30	100	47,74	878,00	114,68
	Croustilles de riz	2	2	100	82,10	117,00	99,55
	Flocons de riz	2	2	100	70,70	97,33	84,02
	Autres produits du riz	5	5	100	55,70	116,00	78,18
	Nouilles de riz	24	24	100	2,52	147,00	75,43
	Papier de riz	19	19	100	7,42	60,60	25,17
	Boisson au riz	72	71	99	3,73	49,70	21,50
	Pouding au riz	17	16	94	< LD	21,70	9,26

- La catégorie « Riz – Autre » comprend le riz noir, le riz rouge et les échantillons de produits dont l'étiquette porte la mention « riz » (pas précisé s'il s'agit de riz blanc, brun, noir ou rouge).

Les résultats obtenus à l'aide la méthode de détermination de la spéciation de l'arsenic indiquent que la plupart de l'arsenic contenu dans le riz et les produits du riz est de forme inorganique (As^{3+} et As^{5+}) (figure 3). Toutefois, les boissons au riz et le pouding au riz contenaient une plus grande proportion d'arsenic organique que les autres types de produits du riz. La teneur moyenne en arsenic inorganique (As^{3+} et As^{5+}) était de 70 % dans le riz et les produits du riz.

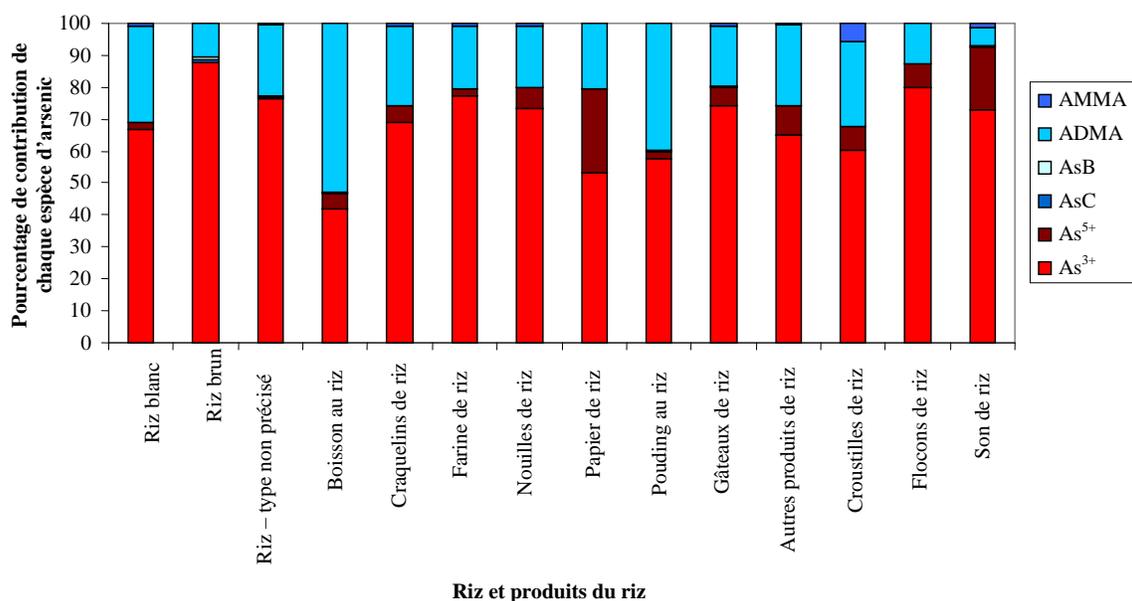


Figure 3 – Pourcentage moyen de la contribution des espèces d’arsenic détectées dans les échantillons de riz.

* *Nota* : Le rouge désigne les espèces d’arsenic inorganique et le bleu, les espèces d’arsenic organique.

Les concentrations d’arsenic total et des espèces d’arsenic dans le riz et les produits du riz concordaient avec les résultats signalés dans la littérature scientifique^{12,13,14}.

Les résultats de la présente étude sur les concentrations d’arsenic total et les espèces d’arsenic dans le riz et les produits du riz ont été comparés avec ceux de l’étude précédente du PAASPA. Comme l’illustre le tableau 5, la plupart des échantillons de riz et de boissons de riz prélevés dans le cadre de la présente étude et de l’étude de l’année précédente contenaient des concentrations mesurables d’arsenic total. En ce qui concerne les types d’échantillons examinés, les résultats sont constants d’une année à l’autre. Pour les trois types de produits communs aux deux études, les boissons au riz étaient associées aux concentrations minimales, maximales et moyennes les plus faibles d’arsenic total. De la même manière, le riz brun était associé aux concentrations minimales, maximales et moyennes les plus fortes d’arsenic total.

Tableau 5 – Comparaison des concentrations d’arsenic total dans les produits du riz (méthode de dépistage des métaux totaux) mesurées dans le cadre de l’étude ciblée de 2009-2010 et de 2010-2011

Produit	Année de l’étude	Nombre d’échantillons	Pourcentage d’échantillons positifs	Minimum (ppb)	Maximum (ppb)	Moyenne (ppb)
Riz blanc	2009-2010	19	100	35	190	136
	2010-2011	49	100	34	205	104
Riz brun	2009-2010	36	100	50	386	241
	2010-2011	16	100	90	351	226
Boissons au riz *	2009-2010	40	100	15	40	20
	2010-2011	72	99	4	50	22

* Les boissons au riz ne comprenaient pas le saké.

Comme l’illustre la figure 4 ci-dessous, le pourcentage de contribution de chaque espèce d’arsenic était semblable pour les études de 2009-2010 et de 2010-2011. L’arsenic inorganique (surtout As^{3+}) était prédominant dans les échantillons de riz analysés dans le cadre des deux études. Le pourcentage d’arsenic inorganique observé dans les boissons au riz était un peu plus faible dans l’étude de 2010-2011 que celle de 2009-2010, mais la raison de cette différence est inconnue. Comme les échantillons de boissons au riz proviennent du secteur du commerce de détail, aucune donnée historique sur l’origine du riz utilisé pour la fabrication des produits finis n’est disponible.

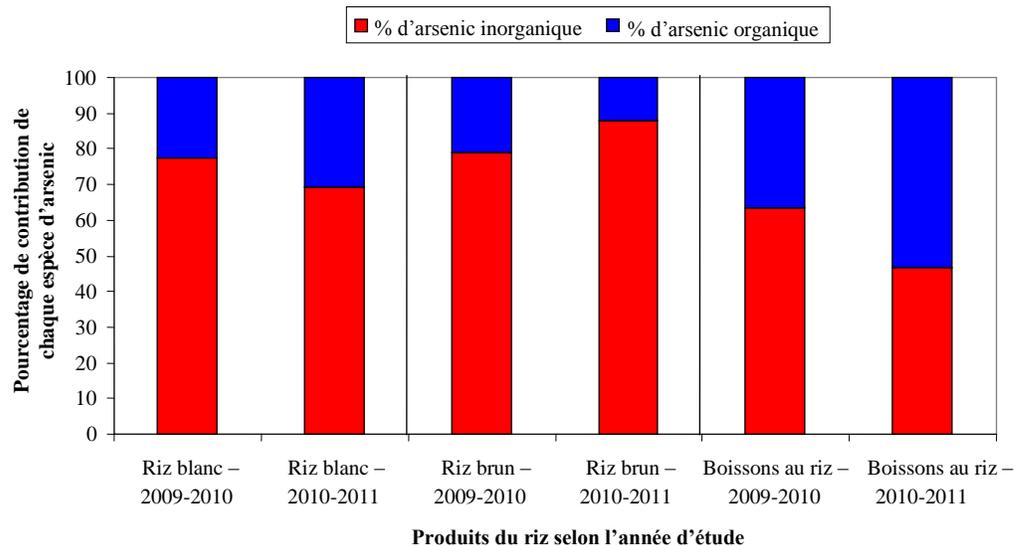


Figure 4 – Pourcentage moyen de la contribution des espèces d’arsenic détectées dans le riz et les produits du riz dans le cadre des études ciblées de 2009-2010 et de 2010-2011.

3.2.2 Céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons

Au total, 355 échantillons de céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons (111 de provenance canadienne, 122 importées et 122 d'origine non précisée) ont été analysés conformément aux protocoles décrits à la section 2.4. Les produits dits « de provenance canadienne » ont été fabriqués ou transformés au Canada, mais il est possible que le pays d'origine des ingrédients céréaliers ne soit pas précisé. Les échantillons de céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons provenaient de 15 pays. Toutes les céréales ont été divisées en deux groupes : céréales à base de riz et céréales non à base de riz. L'étiquette des céréales à base de riz mentionnait le riz comme l'un des principaux ingrédients. Pour les céréales qui n'étaient pas à base de riz, l'étiquette mentionnait le riz ou un produit du riz (ex. sirop de riz) comme un ingrédient mineur, ne mentionnait pas le riz dans la liste des ingrédients, ou il était impossible de vérifier la liste des ingrédients composant les céréales. Les céréales ont ensuite été subdivisées comme suit : céréales pour nourrissons et céréales pour petit déjeuner (destinées aux adultes et aux enfants). Les céréales pour petit déjeuner qui n'étaient pas à base de riz comprenaient celles à base de blé, de maïs, d'avoine, d'autres grains (céréales à base de kamut ou de graines de lin) et les céréales de grains mélangés. Les céréales pour nourrissons qui n'étaient pas à base de riz comprenaient celles à base d'avoine, de blé, de grains mélangés ou les céréales à base de grains dont le type n'était pas précisé.

Le tableau 6 présente un résumé des concentrations d'arsenic total dans les céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons. Sur les 355 échantillons analysés, 349 contenaient des concentrations mesurables d'arsenic total. Les concentrations moyennes d'arsenic total variaient de 4,18 ppb (céréales pour petit déjeuner à base de grains mélangés contenant du sirop de riz) à 186,23 ppb (céréales pour nourrissons à base de riz brun).

Tableau 6 – Concentrations d’arsenic total dans les produits céréaliers mesurées avec la méthode de dépistage des métaux totaux (en ordre décroissant de concentration d’arsenic total selon le type de produit)

Nota : CD = céréales pour petit déjeuner; CN = céréales pour nourrissons

Produit	Catégorie de produit	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons positifs	Pourcentage d'échantillons positifs	Minimum (ppb)	Maximum (ppb)	Moyenne (ppb)
Céréales à base de riz	CN – Riz (brun)	9	9	100	118,00	246,00	186,23
	CD – Riz (blanc)	16	16	100	32,60	294,00	183,99
	CD – Riz (brun)	43	43	100	43,67	470,00	180,28
	CD – Riz – peuvent contenir d’autres grains *	13	13	100	29,50	425,00	164,63
	CN – Riz (type de riz non précisé)	2	2	100	114,18	181,00	147,59
	CN – Riz (blanc)	71	71	100	20,50	344,00	130,82
	CD – Riz – (riz mélangé)	53	53	100	15,00	354,00	122,71
	CN – Riz – mélangé avec d’autres grains	9	9	100	12,4	63,60	33,96
	Céréales non à base de riz	CN	6	6	100	7,85	214,30
CD – Grains mélangés – le riz fait partie des ingrédients mineurs		29	29	100	9,46	496,00	51,93
CD – Avoine		10	10	100	8,51	67,70	33,56
CD – Grains mélangés – la liste d’ingrédients		31	30	97	< LD	248,00	31,57

Produit	Catégorie de produit	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons positifs	Pourcentage d'échantillons positifs	Minimum (ppb)	Maximum (ppb)	Moyenne (ppb)
	n'indique pas de riz ou de produit du riz						
	CD – Autre**	3	3	100	18,00	32,80	24,23
	CD – blé	35	32	91	< LD	240,00	20,66
	CD – peut contenir du riz***	12	11	92	< LD	29,10	10,56
	CD – Maïs	11	10	91	< LD	10,20	6,87
	CD – grains mélangés – contiennent du sirop de riz	2	2	100	3,71	4,65	4,18

Nota : CD = céréales pour petit déjeuner; CN = céréales pour nourrissons

* CD – Riz – peuvent contenir d'autres grains : d'après les renseignements disponibles sur le produit, il était clair qu'il s'agissait de céréales à base de riz, toutefois, la liste complète des ingrédients qui permettait de déterminer la présence d'autres grains ou produits céréaliers n'était pas disponible.

** CD – Autre : céréales à base de kamut ou de graines de lin.

*** CD – peuvent contenir du riz : d'après les renseignements disponibles sur le produit, il était clair que le riz ne faisait pas partie des ingrédients principaux, toutefois, la liste complète des ingrédients qui permettait de déterminer la présence de riz ou de produits du riz n'était pas disponible.

Les résultats obtenus à l'aide de la méthode de spéciation de l'arsenic indiquent que la plupart des espèces d'arsenic se trouvant dans les céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons étaient de forme inorganique (As^{3+} et As^{5+}). Les figures 5A et 5B ci-dessous présentent le pourcentage moyen de la teneur en espèces d'arsenic pour chaque produit céréalier analysé. La teneur moyenne en arsenic inorganique (As^{3+} et As^{5+}) était de 79 % dans les céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons.

Figure 5A

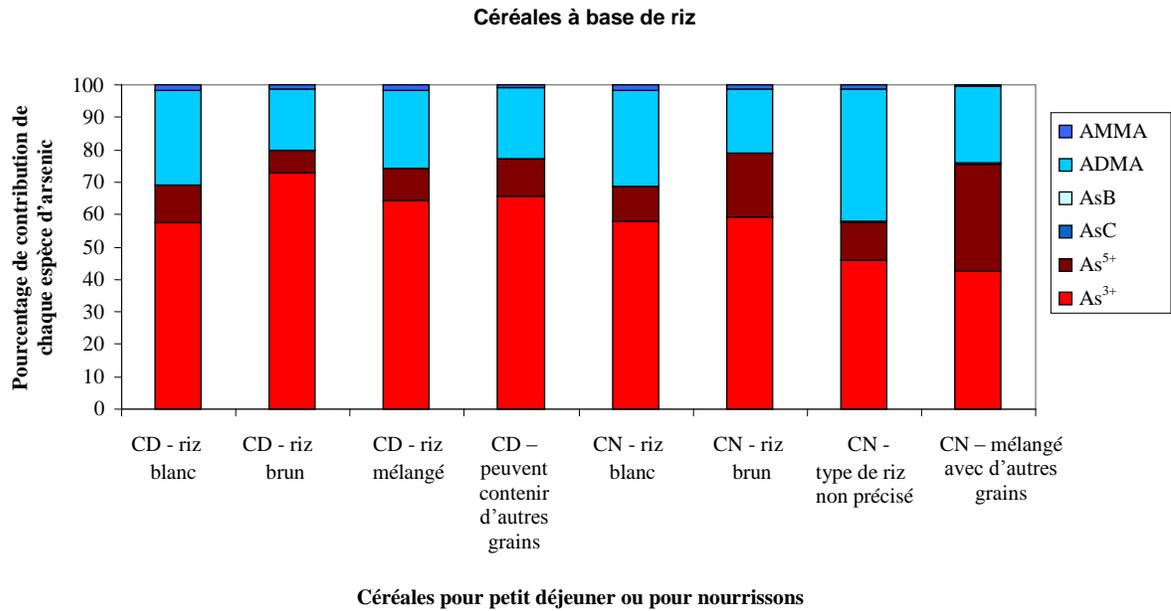
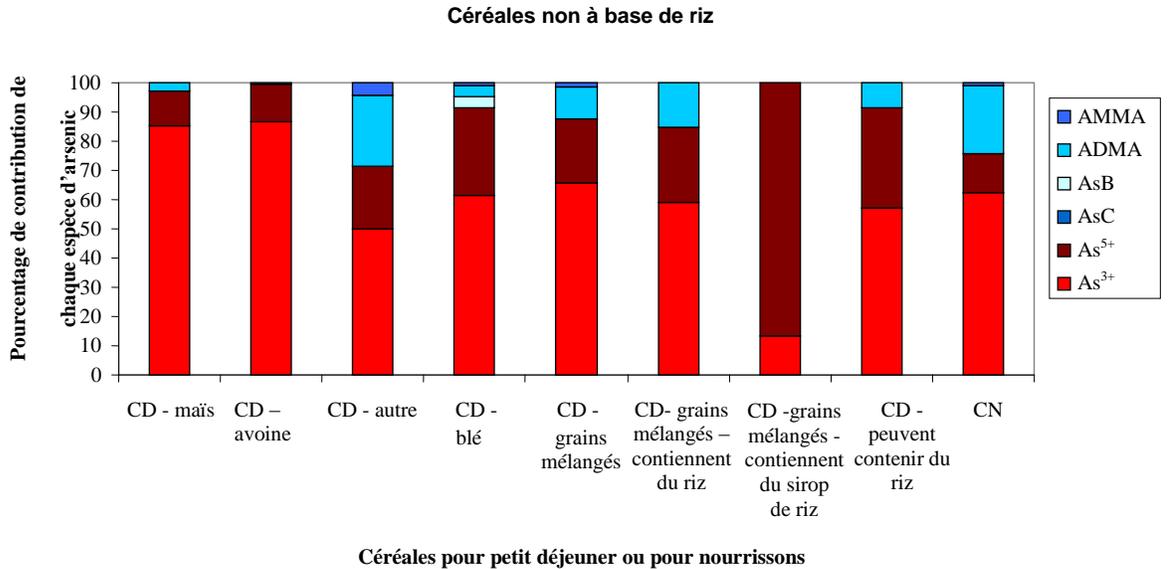


Figure 5B



Figures 5A et 5B – Pourcentage moyen de la contribution des espèces d’arsenic dans les échantillons de céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons

* *Nota* : Le rouge désigne les espèces d’arsenic inorganique et le bleu, les espèces d’arsenic organique; CD = céréales pour petit déjeuner; CN = céréales pour nourrissons.

Comme les échantillons provenaient du marché de détail, aucune donnée sur l'origine des ingrédients du produit est disponible, ni par conséquent sur la source de l'arsenic est inconnue. Il existe peu de données scientifiques sur les concentrations d'arsenic dans les céréales, comme celles à base de blé, de maïs ou d'avoine. Selon la littérature scientifique, le riz cultivé dans les champs inondés et d'autres plantes (y compris le blé, l'orge et le maïs) cultivées dans le sol contiennent principalement de l'arsenic inorganique¹⁶. La plupart des céréales pour petit déjeuner ou pour nourrissons analysées dans le cadre de la présente étude contenaient principalement de l'arsenic inorganique. Certaines données indiquent que les concentrations d'arsenic sont significativement plus faibles dans le blé que dans le riz, et que les concentrations mesurées dans le blé dépendaient de la teneur en arsenic dans le sol²⁸. Dans le cadre de la présente étude, la tendance suivante a été observée : les concentrations moyennes d'arsenic étaient généralement plus élevées dans les céréales à base de riz que dans les céréales à base de grains mélangés ou les céréales qui ne contenaient pas de riz.

3.2.3 Produits de fruits

Au total, 251 produits de fruits (67 de provenance canadienne, 76 importés et 108 d'origine non précisée) ont été analysés conformément aux protocoles décrits à la section 2.4. Les produits de provenance canadienne ont été fabriqués ou transformés au Canada, mais il est possible que le pays d'origine des fruits n'ait pas été précisé. Les échantillons de produits de fruits provenaient de 13 pays et ont été divisés en 12 types de produits : boisson aux poires, collations aux fruits, jus mélangés, jus de raisin, jus – autre (fruits des champs, fruits sauvages), jus de poire, nectar d'agave, nectar de poire, aliments pour bébé à la poire, poires en conserve, poires séchées et thé à la poire.

Le tableau 7 présente un résumé des concentrations d'arsenic total mesurées dans les produits de fruits. La plupart des échantillons (226/251) contenaient des concentrations mesurables d'arsenic total. Les boissons et le thé aux poires ne contenaient aucune concentration mesurable d'arsenic total. Les concentrations moyennes d'arsenic total variaient de 1,91 ppb (nectar d'agave) à 26,33 ppb (collations aux fruits secs). Les collations aux fruits séchés et les poires séchées contenaient les concentrations d'arsenic total les plus élevées : il est connu que le processus de déshydratation concentre les résidus de métaux. La source de contamination par l'arsenic des produits de fruits échantillonnés dans le cadre de la présente étude n'est pas connue.

Tableau 7 – Concentrations d’arsenic total mesurées dans les produits de fruits avec la méthode de dépistage des métaux totaux (en ordre décroissant de concentrations moyennes d’arsenic total)

Catégorie de produit	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons positifs	Pourcentage d'échantillons positifs	Minimum (ppb)	Maximum (ppb)	Moyenne (ppb)
Collations aux fruits	28	28	100	3,11	73,80	26,33
Poire séchée	2	2	100	10,50	40,30	25,40
Jus mélangés	42	37	88	1,65	85,80	18,01
Nectar de poire	37	30	81	1,05	31,30	10,78
Aliments pour bébé à la poire	66	60	91	1,02	36,30	9,71
Jus de poire	49	47	96	1,44	26,40	9,38
Jus – autre	2	2	100	3,54	8,86	6,20
Poires en conserve	19	17	90	1,16	18,00	5,05
Jus de raisin	1	1	100		4,09	
Nectar d'agave	2	2	100	1,39	2,42	1,91
Boisson aux poires	1	0	0		< LD	
Thé à la poire	2	0	0	< LD	< LD	< LD

La figure 6 présente le pourcentage de contribution moyen des espèces d’arsenic pour chaque produit de fruits analysé. Les résultats obtenus à l’aide de la méthode de spéciation de l’arsenic indiquent que les espèces d’arsenic les plus fréquemment détectées dans les produits de fruits sont de forme inorganique (As^{3+} et As^{5+}). La teneur moyenne en arsenic inorganique (As^{3+} et As^{5+}) était de 81 % dans les produits de fruits.

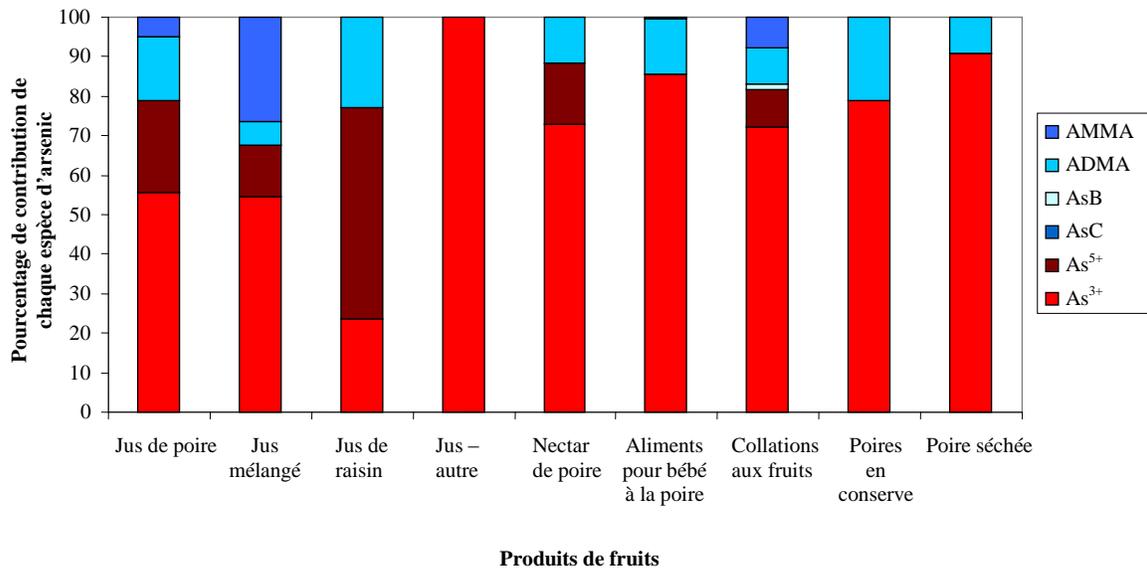


Figure 6. Pourcentage de contribution moyen des espèces d’arsenic détectées dans les échantillons de produits de fruits

* *Nota* : Le rouge désigne les espèces d’arsenic inorganique et le bleu, les espèces d’arsenic organique.

Les produits de poires ont été analysés dans le cadre des études ciblées de 2009-2010 et de 2010-2010 du PAASPA. Comme l’illustre le tableau 8, la plupart des échantillons de produits de poires prélevés dans le cadre de la présente étude et de l’étude de l’année précédente contenaient des concentrations mesurables d’arsenic total. Dans les deux études, les produits de poires contenaient des concentrations d’arsenic total qui étaient significativement plus faibles que celles mesurées dans le riz et les produits du riz. Dans les deux études, parmi tous les produits de poires analysés, les collations à la poire étaient les produits associés aux plus fortes concentrations minimales, maximales et moyennes d’arsenic total. Les concentrations maximales et moyennes d’arsenic total mesurées dans les aliments pour bébé à la poire et le nectar de poire en 2010-2011 étaient très faibles, mais elles étaient presque trois fois plus élevées que celles observées en 2009-2010. Les raisons de cette différence ne sont pas connues. Comme tous les échantillons de nectar de poire et d’aliments pour bébé à la poire provenaient du secteur du commerce de détail, aucune donnée historique sur l’origine des poires utilisées pour la fabrication des produits finis n’est disponible.

Tableau 8 - Comparaison des concentrations d'arsenic total dans les produits de poires (méthode de dépistage des métaux totaux) mesurées dans le cadre des études ciblées de 2009-2010 et de 2010-2011.

Produit	Année de l'étude	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons positifs	Minimum (ppb)	Maximum (ppb)	Moyenne (ppb)
Collations aux poires	2009-2010	41	100	2	91	36
	2010-2011	28	100	3	74	26
Jus de poire	2009-2010	23	96	< LD	26	7
	2010-2011	49	96	1	26	9
Aliments pour bébé à la poire	2009-2010	33	94	< LD	9	3
	2010-2011	66	91	1	36	10
Nectar de poire	2009-2010	11	100	2	5	3
	2010-2011	37	81	1	31	11

Comme l'illustre la figure 7 ci-dessous, le pourcentage d'arsenic inorganique observé dans le cadre de l'étude ciblée de 2010 – 2011 était plus élevé dans les aliments pour bébé à la poire, le nectar de poire et les collations à la poire, mais pas dans le jus de poire. Cette différence est particulièrement marquée pour les collations à la poire. Comme les échantillons de collations à la poire proviennent du secteur du commerce de détail, aucune donnée historique sur l'origine des poires utilisées pour la fabrication des produits finaux n'est disponible.

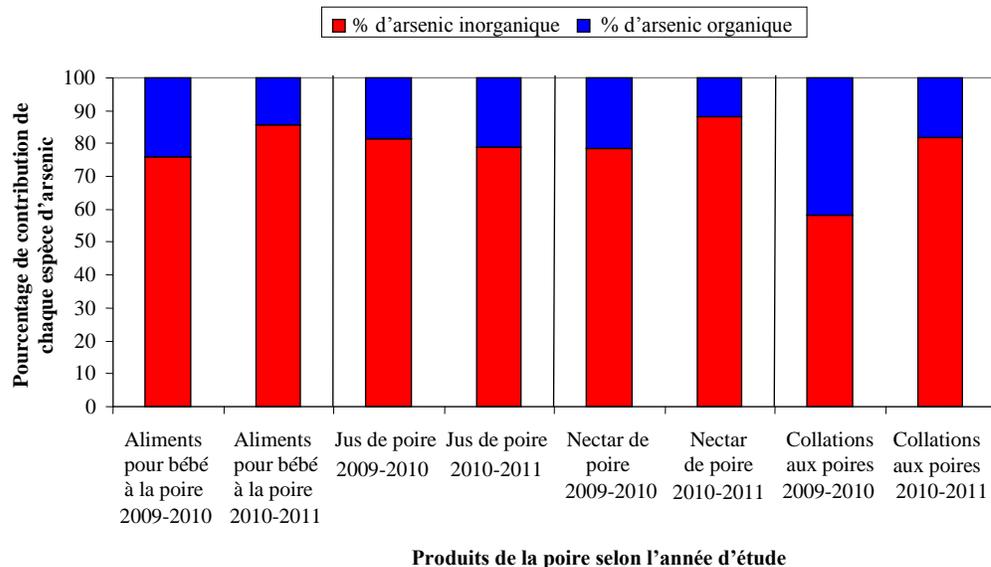


Figure 7. Pourcentage de contribution moyen des espèces d'arsenic détectées dans les échantillons de produits de poires dans cadre des études ciblées de 2009-2010 et de 2010-2011

3.2.4 Eau embouteillée

Au total, 95 échantillons d'eau embouteillée (93 importées et 2 d'origine non précisée) ont été analysés conformément aux protocoles décrits à la section 2.4. Les échantillons provenaient de 18 pays et ont été divisés en cinq types de produit : eau minérale, eau minérale gazéifiée, eau gazéifiée, eau de source gazéifiée et eau de source.

Le tableau 9 présente un résumé des concentrations d'arsenic total dans l'eau embouteillée. La plupart des échantillons (91/95) contenaient des concentrations décelables d'arsenic total. Pour tous les types de produits, au moins un échantillon contenait une concentration décelable d'arsenic total. La concentration moyenne d'arsenic total variait de 0,95 ppb (eau de source gazéifiée) à 4,24 ppb (eau minérale). Les échantillons d'eau minérale et d'eau minérale gazéifiée contenaient les concentrations d'arsenic total les plus élevées.

Tableau 9 – Concentrations d’arsenic total mesurées dans les échantillons d’eau embouteillée avec la méthode de dépistage des métaux totaux (en ordre décroissant de concentration moyenne d’arsenic total)

Catégorie de produit	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons positifs	Pourcentage d'échantillons positifs	Minimum (ppb)	Maximum (ppb)	Moyenne (ppb)
Eau minérale	14	13	93	< LD	20,80	4,24
Eau minérale gazéifiée	63	61	97	< LD	14,00	1,95
Eau gazéifiée	1	1	100		1,32	
Eau de source	4	4	100	0,94	1,86	1,28
Eau de source gazéifiée	13	12	92	< LD	1,97	0,95

Les résultats obtenus à l’aide de la méthode de spéciation de l’arsenic indiquent que la plupart des espèces d’arsenic détectées dans les produits d’eau embouteillée sont de forme inorganique (As^{3+} et As^{5+}). La figure 8 ci-dessous présente le pourcentage moyen des espèces d’arsenic pour chaque type de produit d’eau embouteillée analysé. En moyenne, 99 % de l’arsenic dans les produits d’eau embouteillée est de type inorganique (As^{3+} et As^{5+}).

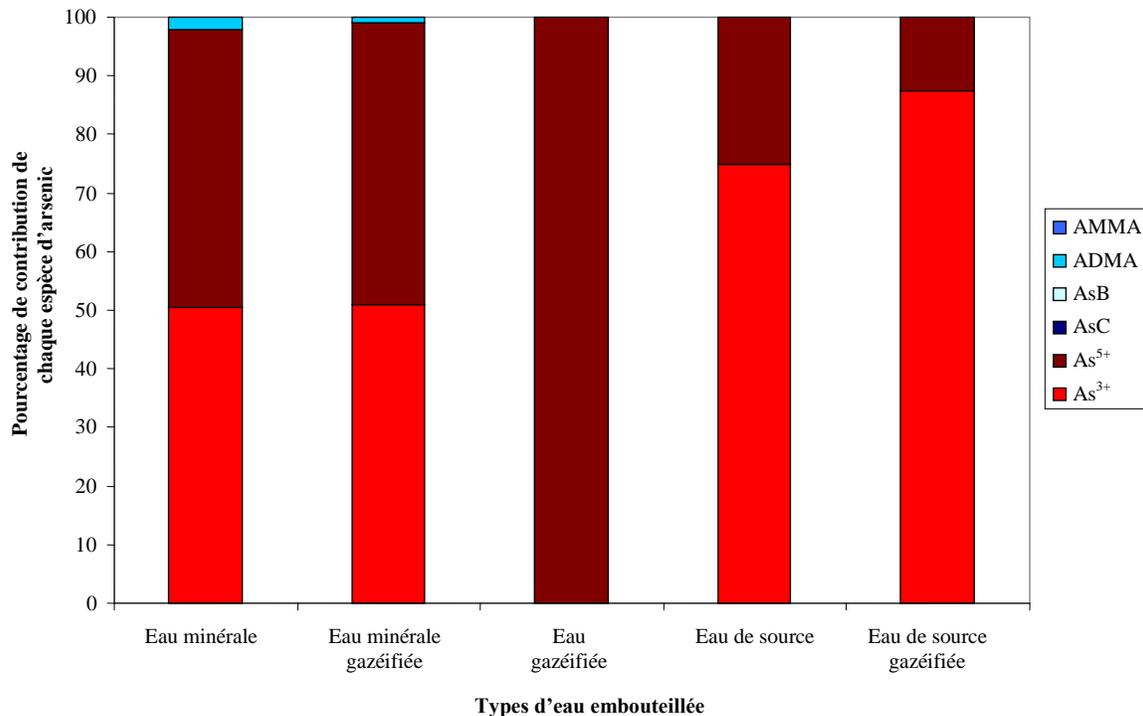


Figure 8 – Pourcentage de contribution moyen des espèces d’arsenic détectées dans les échantillons d’eau embouteillée

Nota : Le rouge désigne les espèces d’arsenic inorganique et le bleu, les espèces d’arsenic organique.

Les concentrations d’arsenic dans l’eau embouteillée sont principalement liées à celles se trouvant dans la source d’eau. Selon des études scientifiques, des concentrations d’arsenic assez importantes dans l’eau souterraine de nombreux pays²⁹ ainsi qu’une prédominance d’As⁵⁺ dans l’eau embouteillée³⁰ ont été observées. Comme prévu, les formes inorganiques (As³⁺ et As⁵⁺) étaient prédominantes. De l’ADMA, une forme d’arsenic organique, a été observé dans certains échantillons d’eau embouteillée. Sur les 95 échantillons analysés, seulement 3 contenaient une concentration d’arsenic total supérieure à la concentration maximale admissible de 10 ppb établie par Santé Canada dans les *Recommandations pour la qualité de l’eau potable au Canada*³¹. Après avoir consulté Santé Canada sur les concentrations d’arsenic mesurées dans ces produits d’eau embouteillée, l’ACIA a déterminé que les échantillons étaient peu susceptibles de présenter des préoccupations pour la santé humaine.

3.2.5 Produits d’algues

Au total, 90 produits d’algues (5 de provenance canadienne, 77 importés et 8 d’origine non précisée) ont été analysés conformément aux protocoles décrits à la section 2.4. Les échantillons de produits d’algues provenaient de 10 pays. Les produits d’algues étaient divisés en 11 types de produits : algues séchées, algues grillées, varech séché, wakamé séché, légumes de mer séchés, porphyre séchée, nori séchée, miso, autres produits

d'algues (y compris la pâte d'algues, les collations aux algues, les croustilles aux algues et les échantillons décrits uniquement comme des « produits d'algues ») et dulse séchée.

Le tableau 10 présente un résumé des concentrations d'arsenic total dans les produits d'algues. Tous les échantillons contenaient des concentrations décelables d'arsenic total. Les concentrations d'arsenic mesurées dans les algues sont indiquées en parties par million (ppm). Les concentrations moyennes d'arsenic total variaient de 9,3 ppm (dulse) à 56,8 ppm (varech séché). Le varech et le wakamé séchés contenaient les concentrations d'arsenic total les plus élevées; il est connu que le processus de déshydratation concentre les résidus de métaux. Les concentrations d'arsenic total mesurées dans les produits d'algues étaient significativement plus élevées que celles mesurées dans les autres types de produits analysés dans le cadre de la présente étude. Selon de nombreuses études, les algues absorbent et métabolisent l'arsenic se trouvant dans l'environnement marin^{19, 29, 32,33,34,35,36}. D'après la littérature scientifique, les concentrations d'arsenic total sont relativement élevées dans les algues (de 1,06 à 126,0 ppm selon le type d'algue et la région géographique où l'algue a été récoltée)^{32,33,34,35,36}.

Tableau 10 – Concentrations d’arsenic total mesurées dans les produits d’algues avec la méthode de dépistage des métaux totaux (en ordre décroissant de concentration moyenne d’arsenic total)

Remarque : ces résultats sont présentés en ppm et non en ppb.

Catégorie de produit	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons positifs	Pourcentage d'échantillons positifs	Minimum (ppb)	Maximum (ppb)	Moyenne (ppb)
Varech séché	3	3	100	50,90	62,50	56,80
Wakamé séché	12	12	100	30,30	55,40	39,80
Légumes de mer séchés	3	3	100	11,20	91,30	38,20
Algues séchées	24	24	100	7,50	57,10	31,50
Algues grillées	13	13	100	8,10	30,80	23,00
Porphyre séchée	2	2	100	14,80	30,80	22,80
Nori séchée	13	13	100	15,50	32,30	22,70
Miso	2	2	100	1,10	38,80	20,00
Autres produits d'algues *	12	12	100	1,10	28,80	13,90
Dulse séchée	6	6	100	6,10	12,40	9,30

* Les autres produits d’algues comprennent la pâte d’algues, les collations aux algues, les croustilles aux algues et les échantillons décrits uniquement comme des « produits d’algues ».

Les résultats obtenus à l’aide la méthode de spéciation de l’arsenic indiquent que la plupart des espèces d’arsenic se trouvant dans les produits d’algues sont de forme organique (ADMA et AMMA). La figure 9 présente le pourcentage moyen des espèces d’arsenic pour chaque type de produit d’algue analysé. La teneur moyenne en arsenic inorganique (As^{3+} et As^{5+}) était de 22 % dans les produits d’algues. Selon la littérature scientifique, les concentrations d’arsenic inorganique mesurées dans les algues sont habituellement faibles^{32,33,34,35,36}. Les résultats observés dans le cadre de la présente étude concordent avec les résultats d’autres études publiées dans la littérature scientifique.

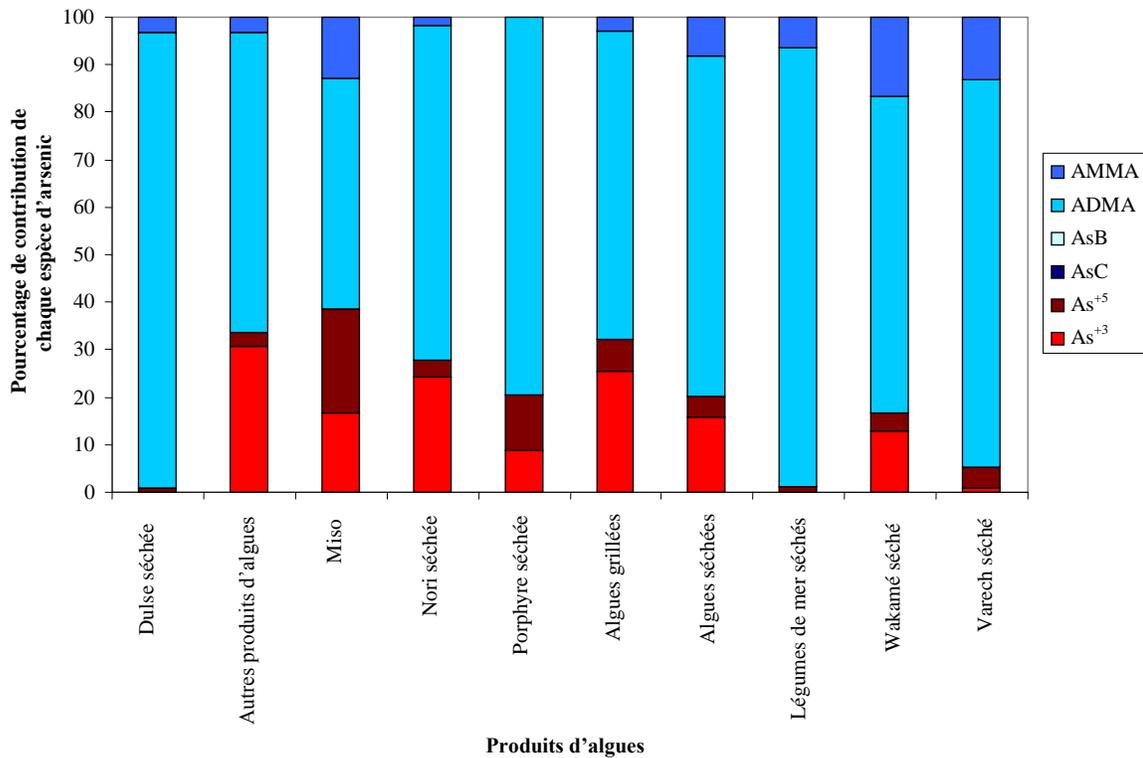


Figure 9 – Pourcentage de contribution moyen des espèces d’arsenic détectées dans les échantillons d’algues

Nota : Le rouge désigne les espèces d’arsenic inorganique et le bleu, les espèces d’arsenic organique.

* Les autres produits d’algues comprennent la pâte d’algues, les collations aux algues, les croustilles aux algues et les échantillons décrits uniquement comme des « produits d’algues ».

Au Canada, il n’existe aucun seuil de tolérance à l’égard des concentrations d’arsenic dans les produits d’algues. L’algue hijiki (non visée par la présente étude) est réputée contenir des concentrations élevées d’arsenic inorganique. Pour cette raison l’ACIA a émis un avis public pour aviser les consommateurs d’éviter de consommer ce type d’algue²⁴. Les résultats d’analyses précédentes effectuées par Santé Canada et l’ACIA montraient des concentrations d’arsenic inorganique dans le hijiki variant de 32 ppm à 180 ppm (données non publiées). Les concentrations d’arsenic inorganique les plus élevées qui ont été mesurées dans les produits d’algues dans le cadre de la présente étude étaient de 0,22 ppm ou 220 ppb (mesure exacte : 219,9 ppb), ce qui est considérablement inférieur aux concentrations d’arsenic inorganique observées précédemment dans le hijiki. Les concentrations d’arsenic inorganique mesurées dans les échantillons d’algues dans le cadre de la présente étude sont inférieures aux limites maximales des États-Unis et de la France (3 000 ppb) ou de l’Australie (1 000 ppb) à l’égard de l’arsenic inorganique dans les algues.

4 Conclusions

Au total, 1 071 échantillons ont été analysés à l'égard de l'arsenic total et des différentes espèces d'arsenic organique et inorganique. Sur ce nombre, 96,5 % (1 034 échantillons) contenaient des concentrations décelables d'arsenic total. Les algues contenaient les plus fortes concentrations d'arsenic total (la concentration moyenne d'arsenic total était de 26,9 ppm ou 26 900 ppb), alors que l'eau embouteillée contenait les plus faibles concentrations d'arsenic total (la concentration moyenne d'arsenic total était de 2,06 ppb). Comme prévu, le pourcentage de l'arsenic inorganique était faible dans les produits d'algues et était relativement élevé dans tous les autres types de produits examinés.

Les résultats de l'étude ont été comparés aux seuils de tolérance ou aux normes canadiennes lorsque cela était possible. Le RAD (tableau I du titre 15) prévoit un seuil de tolérance pour l'arsenic dans le jus de fruits, le nectar de fruits, les boissons prêtes à servir et l'eau dans des contenants scellés (autre que l'eau de source ou minérale). Santé Canada a informé l'industrie et l'ACIA que ces limites sont en cours de révision. Le seuil de tolérance à l'égard de l'arsenic (qui est en cours de révision) n'a pas été dépassé dans aucun des jus de fruits ou des nectars de fruits analysés. Quant à l'eau potable, il existe des recommandations canadiennes à l'égard de l'arsenic. Trois échantillons d'eau embouteillée contenaient des concentrations d'arsenic total qui dépassaient les *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada* à l'égard de l'arsenic. Il n'existe aucune norme canadienne ou aucun seuil de tolérance canadien à l'égard de l'arsenic dans les autres produits analysés dans le cadre de la présente étude. Il était donc impossible d'évaluer la conformité de ces produits à une norme numérique. Aucun des échantillons analysés dans le cadre de la présente étude ne présentait de préoccupation pour la santé humaine. Des mesures de suivi appropriées correspondant à l'ampleur de la préoccupation pour la santé ont été initiées.

5 Annexe

Tableau A – Résumé des directives réglementaires à l’égard de l’arsenic total et de l’arsenic inorganique dans des produits sélectionnés

Produit	Pays/Organisme	Seuil de tolérance à l’égard de l’arsenic total (ppb)	Seuil de tolérance à l’égard de l’arsenic inorganique (ppb)
Eau potable	Canada ⁶	10	-
	États-Unis ³⁷	10	
	Codex ³¹	10	
Tous les aliments	Canada	Aucun	-
	Royaume-Uni ³⁸	1 000 (1 ppm)	-
	Chine ³⁹	-	150
Jus de fruits, nectar de fruits, boissons prêtes à servir et eau dans des contenants scellés (autre que l’eau de source ou minérale) *	Canada ⁴⁰	100*	-
Produits à base de jus de poire	États-Unis ²	-	23 **
Jus de pomme – non concentrée (prêt à boire)	États-Unis ⁴¹	-	10
Produits à base d’algues	États-Unis ⁴²	-	3 000 (3 ppm)
	France ⁴²	-	3 000 (3 ppm)
	Australie/ Nouvelle-Zélande ⁴³	-	1 000 (1 ppm)

* Les tolérances réglementaires se trouvant au tableau I du titre 15 du *Règlement sur les aliments et drogues* sont en cours de révision par Santé Canada⁵.

** Il s'agit de la concentration préoccupante prévue par la LAD à l'égard de l'arsenic dans le jus.

6 Références

- ¹ U.S. Food and Drug Administration. Department of Health & Human Services. *Hazard Assessment and Level of Concern - Pear Juice*. Avril 2008. Consulté le 5 septembre 2012, <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/FoodContaminantsAdulteration/Metals/ucm277676.htm>
- ² U.S. Food and Drug Administration. *Arsenic in Pear Juice Analytical Results, 2005-2011*. Mis à jour en février 2012. Consulté le 5 septembre 2012. <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/FoodContaminantsAdulteration/Metals/ucm275452.htm>
- ³ Santé Canada. *Normes canadiennes (concentrations maximales) établies à l'égard de divers contaminants chimiques dans les aliments* [en ligne]. Modifié en juin 2012. Consulté le 28 août 2012. <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/securit/chem-chim/contaminants-guidelines-directives-fra.php>
- ⁴ Ministère de la Justice. *Règlement sur les aliments et drogues* [en ligne]. Modifié en août 2012. Consulté le 28 août 2012. http://laws.justice.gc.ca/fra/reglements/C.R.C.%2C_ch._870/page-159.html#docCont
- ⁵ Santé Canada. *Fiche de renseignements : simplification de la réglementation des aliments au Canada* [en ligne]. Avril 2012. Consulté le 8 août 2012, http://www.hc-sc.gc.ca/ahc-asc/media/nr-cp/_2012/2012-58fs-fra.php
- ⁶ Santé Canada. Santé de l'environnement et du milieu de travail. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada* [en ligne]. Juin 2011. Consulté le 4 juin 2012. <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/index-fra.php>
- ⁷ Green Facts. *Consensus scientifique sur l'arsenic*. Août 2012. Consulté le 5 septembre 2012. <http://www.greenfacts.org/fr/arsenic/index.htm#3>
- ⁸ Santé Canada. *Pesticides et lutte antiparasitaire* [en ligne]. Modifié en septembre 2012. Consulté le 5 septembre 2012. <http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/index-fra.php>
- ⁹ Comité directeur formé des usines de traitement et des fabricants pour le Processus des options stratégiques d'Environnement Canada. *Consignes de sécurité destinées aux consommateurs : le bois traité à l'arséniate de cuivre chromaté (CCA)*. Consulté le 5 septembre 2012. <http://www.bt-securite.ca/acc.htm>
- ¹⁰ Santé Canada. *L'arsenic dans l'eau potable*. Décembre 2006. Consulté le 5 septembre 2012. <http://hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/environ/arsenic-fra.php>
- ¹¹ U.S. Department of Health and Human Services: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Case Studies in Environmental Medicine: Arsenic Toxicity* [en ligne]. Octobre 2009. Consulté le 4 juin 2012. <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=1&po=0>
- ¹² Meacher D.M., Menzel D.B., Dillencourt M.D., Bic L.F., Schoof R.A., Yost L.J., Eickhoff J.C., Farr, C.H. Estimation of Multimedia Inorganic Arsenic Intake in the U.S. Population. *Human and Ecological Risk Assessment* [en ligne], 8, 1697-1721 (2002). Consulté le 4 juin 2012. <http://www.ics.uci.edu/~bic/messengers/papers/Menzel-Arsenic.pdf>
- ¹³ Yost L.J., Schoof R.A., Aucoin R. Intake of Inorganic Arsenic in the North American Diet. *Human and Ecological Risk Assessment*, 4, 137-152 (1998). Imprimé.

-
- ¹⁴ Autorité européenne de sécurité des aliments. Le groupe scientifique sur les contaminants de la chaîne alimentaire (CONTAM) : Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*, 7, 1351, 2009. Imprimé.
- ¹⁵ California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA), *Reproductive and Cancer Hazard Assessment Section (RCHAS)*. *Evidence on Developmental and Reproductive Toxicity of Inorganic Arsenic* [en ligne] Octobre 1996. Consulté le 4 juin 2012. <http://oehha.ca.gov/prop65/pdf/AS-HID.pdf>
- ¹⁶ Schoof R.A., Yost L.J., Eickhoff J., Creelius E.A., Cragin D.W., Meacher D.M., Menzel D.B. A Market Basket Survey of Inorganic Arsenic in Food. *Food and Chemical Toxicology*, 37, 839-846, 1999. Imprimé.
- ¹⁷ Heikens, A. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Arsenic Contamination of Irrigation Water, Soil and Crops in Bangladesh: Risk Implications for Sustainable Agriculture and Food Safety in Asia*. RAP Publication 2006/20. Imprimé.
- ¹⁸ Lenntech Water Treatment Solutions. *Arsenic (As) et eau* [en ligne]. Consulté le 8 août 2012. <http://www.lenntech.fr/francais/element-et-eau/arsenic-et-eau.htm>
- ¹⁹ Yong-Guan Z. Williams P., Meharg A.A. Exposure to Inorganic Arsenic: A global health issue? *Environmental Pollution* [en ligne] 154, 169-171, 2008. Consulté le 4 juin 2012. http://phanvananh.vietroad.org/wiki/uploads/TiengViet/Zhu_ea_2008.pdf.
- ²⁰ Statistique Canada. *Statistiques sur les aliments au Canada*. Aliments disponibles pour la consommation au Canada [en ligne]. 25 juin 2009. Consulté le 4 juin 2012. <http://www5.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=23F0001X&lang=fra>
- ²¹ Statistique Canada. *Statistiques sur les aliments, 2008*. Aliments disponibles pour la consommation au Canada – 2008 [en ligne]. Mai 2009. Consulté le 4 juin 2012. <http://www.statcan.gc.ca/pub/21-020-x/21-020-x2008001-fra.pdf>.
- ²² Statistique Canada. *Eau embouteillée ou eau du robinet : les sources d'eau potable* [en ligne] 2006. Consulté le 4 juin 2012. <http://www.statcan.gc.ca/pub/11-526-x/2007001/5100146-fra.htm>.
- ²³ Agriculture et Agroalimentaire Canada. *L'industrie canadienne de l'eau en bouteille* [en ligne]. Mis à jour le 17 mai 2012. Consulté le 4 juin 2012. <http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1171644581795&lang=fra>
- ²⁴ Agence canadienne d'inspection des aliments. *Arsenic inorganique et consommation d'algues marines hijiki* [en ligne]. Modifié le 20 mars 2012. Consulté le 4 juin 2012. <http://www.inspection.gc.ca/aliments/centre-des-consommateurs/conseils-sur-la-salubrite-des-aliments/produits-et-risques-specifiques/arsenic/fra/1332268146718/1332268231124>.
- ²⁵ Agence canadienne d'inspection des aliments. *Guide d'étiquetage et de publicité sur les aliments* [en ligne]. Publication valide jusqu'en 2011. Consulté le 4 juin 2012. <http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/labeti/guide/tocf.shtml>.
- ²⁶ Agence canadienne d'inspection des aliments. *Spéciation de l'arsenic dans les produits à base de riz et de poires* [en ligne]. Consulté le 15 juin 2012. <http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/resid/2009-2010/arsenricf.shtml>
- ²⁷ Meharg, A.A., Lombi, E., Williams, P.N., Scheckel, K.G., [Feldmann](#), J., Raab, A., Zhu, Y., Islam, R. Speciation and Localization of Arsenic in White and Brown Rice Grains. *Environmental Science and*

Technology, 42/4 (2008) 1051-1057. Consulté le 23 novembre 2012.
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es702212p>

²⁸ Zhao, F.J., Stroud J.L., Eagling T., Dunham S.J., McGrath S.P., Shewry, P.R. Accumulation, Distribution, and Speciation of Arsenic in Wheat Grain. *Environmental Science and Technology* [en ligne]. 44, 5464–5468 (2010). Consulté le 4 juin 2012. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es100765g>

²⁹ Jain, C. K., and Ali, I. Arsenic: Occurrence, toxicity and speciation techniques [examen]. *Water Research*, 34, 4304-4312 (2000). Imprimé.

³⁰ Thomas P., Sniatecki K. Determination of Trace Amounts of Arsenic Species in Natural Waters by High-performance Liquid Chromatography-Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 10, 615-618 (1995). Imprimé.

³¹ Commission du Codex Alimentarius. *Norme Codex pour les eaux minérales naturelles : CODEX STAN 108-1981* [en ligne] 1981. Consulté le 4 juin 2012. www.codexalimentarius.net/download/standards/223/CXS_108f.pdf

³² Yang, G.D., Zheng, J.P., Chen, L., Lin, Q., Zhao, Y.Q., Wu, Y.N., Fu, F.F. Speciation analysis and characterization of arsenic in lavers collected from coastal waters of Fujian, south-eastern China. *Food Chemistry* [en ligne], 132, 1480-1485 (2012). Consulté le 4 juin 2012. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814611017481>

³³ García-Salgado, S., Quijano, M.A., Bonilla, M.M. Arsenic speciation in edible alga samples by microwave-assisted extraction and high performance liquid chromatography coupled to atomic fluorescence spectrometry. *Analytica Chimica Acta* [en ligne], 714, 38-46 (2012). Consulté le 4 juin 2012. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267011016369>

³⁴ Llorente-Mirandes T., Ruiz-Chancho M.J., Barbero M., Ribio R., López-Sánchez J.F. Determination of Water-Soluble Arsenic Compounds in Commercial Edible Seaweed by LC-ICPMS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [en ligne], 59, 12963-12968 (2011). Consulté le 4 juin 2012. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf2040466>

³⁵ Díaz O., Tapia Y., Muñoz O., Montoro R., Velez D., and Almela C. Total and inorganic arsenic concentrations in different species of economically important algae harvested from coastal zones of Chile. *Food and Chemical Toxicology* [en ligne], 50, 744-749 (2012). Consulté le 4 juin 2012. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691511006156>

³⁶ ³⁶ Hsieh Y.-J., Jiang S.-J. Application of HPLC-IC-MS and HPLC-ESI-MS Procedures for Arsenic Speciation in Seaweeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [en ligne], 60, 2083-2089 (2012). Consulté le 4 juin 2012. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf204595d>

³⁷ United States Environmental Protection Agency. *Arsenic in Drinking Water* [en ligne]. 2012. Consulté le 4 juin 2012. <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/arsenic/index.cfm>

³⁸ UK Government. Food Standards Agency. *Arsenic in Rice Research Published*, [en ligne]. Le 21 mai 2009. Consulté le 4 juin 2012. <http://www.food.gov.uk/news/newsarchive/2009/may/arsenicinriceresearch>

³⁹ Liang F., Li Y., Zhang G., Tan M., Lin J., Liu W., Li Y., Lu W., Total and speciated arsenic levels in rice from China., *Food Additives & Contaminants: Part A*, [en ligne]. 27, 810 – 816 (2010). <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19440041003636661>

⁴⁰ Justice Canada. *Règlement sur les aliments et drogues, titre 15* [en ligne]. Valide jusqu'en mai 2012. Consulté le 15 juin 2012. http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/C.R.C.%2C_ch._870/page-159.html#docCont

⁴¹ U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition. *Guidance for Industry Arsenic in Apple Juice: Action Level* [online]. July 2013, Accessed July 15, 2013. <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/ChemicalContaminantsMetalsNaturalToxinsPesticides/UCM360048.pdf>

⁴² Mabeau S., Fleurence, J. Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science and Technology* [en ligne] 4, 103–107 (1993). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/092422449390091N>

⁴³ Food Standards Australia and New Zealand. *Arsenic* [en ligne]. Février 2012. Consulté le 15 juin 2012. <http://www.foodstandards.gov.au/consumerinformation/arsenic.cfm>