



# Retardateurs de flamme à base de polybromodiphényléther (PBDE) dans certains aliments – du 1<sup>er</sup> avril 2013 au 31 mars 2021

## Chimie alimentaire – Études ciblées – Rapport final



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par la ministre de la Santé, 2026.

No de catalogue : A104-685/2026F-PDF

ISBN : 978-0-660-97692-1

Also available in English.

## Résumé

Les études ciblées fournissent des renseignements sur les dangers alimentaires potentiels et contribuent à améliorer les programmes de surveillance régulière de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Elles permettent de recueillir des données sur la salubrité de l'approvisionnement alimentaire, de cerner les nouveaux risques éventuels ainsi que de fournir de nouveaux renseignements et de nouvelles données sur les catégories alimentaires pour lesquelles ces renseignements pourraient être limités ou inexistantes. Ces données sont souvent utilisées par l'Agence pour concentrer la surveillance sur les secteurs à risque plus élevé. Ces études ciblées peuvent également aider à dégager de nouvelles tendances et fournissent des renseignements sur la façon dont l'industrie se conforme à la réglementation canadienne.

Les polybromodiphényléthers (PBDE) sont un groupe de substances chimiques artificielles utilisées comme retardateurs de flamme dans une grande variété de produits de consommation. En 2006, tous les PBDE ont été désignés comme polluants organiques persistants (POP) par le gouvernement du Canada<sup>7</sup>, et ils sont inclus dans la Convention internationale de Stockholm sur les polluants organiques persistants<sup>10</sup>. À l'international, l'utilisation des PBDE est restreinte ou interdite et ces produits ne sont plus utilisés dans la fabrication de la plupart des produits de consommation, mais ils demeurent présents dans des produits plus anciens, tels que les appareils électroniques, le mobilier et les plastiques<sup>2</sup>. Des PBDE se trouvent encore dans l'environnement partout sur la planète parce que, comme d'autres POP, ils ne se décomposent pas facilement dans le milieu, ont la capacité de parcourir de longues distances dans l'air, l'eau et les sédiments et peuvent s'accumuler dans les plantes et les tissus adipeux des animaux, ce qui donne lieu à une bioaccumulation tout le long de la chaîne alimentaire, y compris chez l'humain<sup>1,3</sup>. Les principales sources d'exposition des humains aux PBDE semblent être par les aliments, le lait maternel et la poussière<sup>3</sup>. Les résultats des programmes de surveillance montrent que les concentrations de PBDE dans l'environnement<sup>3,4</sup>, les aliments et le lait maternel<sup>4,13</sup> ont diminué depuis la restriction de leur utilisation, et l'on s'attend à ce que les concentrations continuent à diminuer.

L'objectif principal de la présente étude ciblée était de fournir des données de surveillance de base sur les concentrations de PBDE dans les céréales et les produits céréaliers, le lait et les produits laitiers, les graisses et les huiles, le poisson et les fruits de mer, la viande et la volaille en conserve, les produits de noix de coco, les produits à base d'œufs, les noix, les graines et les produits à base de noix ou de graines sur le marché canadien de la vente au détail. Ces produits devaient normalement contenir des concentrations détectables de PBDE, car ils contiennent des graisses, dans lesquelles ces substances chimiques peuvent s'accumuler.

Des PBDE ont été détectés dans 99 % des échantillons analysés, et les concentrations de PBDE totaux détectées allaient de 0,252 partie à 5679 parties par billion (ppt). Les taux de détection dans les différents types de produits variaient de 97 % à 100 %. Une comparaison des résultats de la présente étude avec ceux des études précédentes et de la littérature scientifique a montré que les concentrations de PBDE dans les produits canadiens vendus au détail qui ont été échantillonnés étaient semblables à celles qui ont été rapportées dans diverses études scientifiques.

Il n'existe pas de réglementation au Canada concernant les concentrations de PBDE dans les aliments, mais Santé Canada a fixé la dose inférieure provoquant un effet nocif observé (DMENO) à 2,22 milligrammes par kilogramme de poids corporel (mg/kg de p.c.) par jour<sup>3</sup>. Toutes les concentrations de PBDE détectées dans les produits analysés dans le cadre de la présente étude ont été évaluées par Santé Canada, et les produits ont été jugés sans danger pour la consommation humaine au Canada.

## **Ce que consistent les études ciblées**

L'ACIA utilise les études ciblées pour concentrer ses activités de surveillance dans les domaines où le risque pour la santé est le plus élevé. Les renseignements tirés de ces études permettent d'appuyer l'affectation des activités de l'Agence aux domaines les plus préoccupants et de classer ces activités par ordre de priorité. À l'origine, les études ciblées étaient un projet qui s'inscrivait dans le cadre du Plan d'action pour assurer la sécurité des produits alimentaires (PAASPA), mais depuis 2013, elles ont été intégrées aux activités de surveillance régulières de l'ACIA. Elles constituent un outil précieux pour obtenir de l'information sur certains dangers posés par les aliments, cerner ou caractériser des dangers nouveaux ou émergents, recueillir de l'information nécessaire à l'analyse de tendances, réaliser ou peaufiner des évaluations des risques pour la santé humaine, mettre en évidence d'éventuels problèmes de contamination ainsi qu'évaluer et promouvoir la conformité aux règlements canadiens.

La salubrité des aliments est une responsabilité partagée. Nous collaborons avec les administrations fédérales, provinciales, territoriales et municipales et nous assurons la surveillance réglementaire de l'industrie alimentaire afin de promouvoir une manipulation sécuritaire des aliments tout au long de la chaîne de production alimentaire. Au Canada, l'industrie de l'alimentation et les secteurs de la vente au détail sont responsables des aliments qu'ils produisent et vendent, tandis que les consommateurs sont individuellement responsables de la manipulation sécuritaire des aliments qu'ils ont en leur possession.

## **Pourquoi cette étude a été menée**

L'objectif principal de cette étude ciblée était de fournir des données de surveillance de base concernant les concentrations de PBDE dans les céréales et produits céréaliers, le lait et les produits laitiers, les graisses et les huiles, le poisson et les fruits de mer, la viande et la volaille en conserve, les produits de noix de coco, les produits à base d'œufs, les noix, les graines et les produits à base de noix ou de graines sur le marché canadien de la vente au détail.

Les PBDE sont un groupe de produits chimiques ignifuges qui ont été utilisés dans le monde entier depuis les années 1970 dans la production de textiles, de plastiques, de meubles, de matelas, d'électronique et de composants électriques de produits de consommation<sup>1,2,3,4</sup>. Ces composés structurellement apparentés contiennent entre 1 et 10 atomes de brome dans diverses conformations, appelées congénères, et sont généralement identifiés par le numéro BDE qui leur a été attribué<sup>2,4</sup>. Bien qu'il existe 209 congénères possibles, seuls certains ont été utilisés dans des formulations

ignifuges<sup>2.4.5.6</sup>. Les congénères préoccupants traités dans le présent rapport sont énumérés dans le [tableau A-1](#) de l'annexe du présent rapport.

Ces retardateurs de flamme ont été utilisés, et se retrouvent dans l'environnement, sous forme de mélanges<sup>2.3.4</sup>. Le Canada n'a jamais fabriqué ces mélanges<sup>7.14</sup>, mais ceux-ci ont été importés et utilisés dans des produits fabriqués au Canada et sont présents dans des produits importés d'autres pays. Dans le passé, trois mélanges de PBDE ont été produits commercialement : le pentaBDE, l'octaBDE et le décaBDE<sup>3.4.13</sup>. À l'échelle mondiale, les mélanges de pentaBDE et d'octaBDE, plus toxiques, ont été progressivement retirés du marché à partir de la fin des années 1990<sup>4.5.7.10</sup>. En 2005, leur fabrication a cessé<sup>1.4.5</sup> et leur utilisation a été interdite au Canada<sup>7.8</sup>. Le mélange de décaBDE a continué à être utilisé dans le monde, jusqu'à ce que l'Amérique du Nord et l'Europe commencent à éliminer progressivement son utilisation vers 2009<sup>4.5.9</sup>, tandis que la Chine a commencé à l'éliminer progressivement en 2017 et en interdira totalement son utilisation d'ici 2025<sup>10.11</sup>. Tous les PBDE ont été ajoutés à la liste des substances toxiques de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* en 2006<sup>7</sup>, et ils sont inclus dans la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, qui a interdit presque toutes les utilisations de ces retardateurs de flamme dans plus de 180 pays depuis 2017<sup>10</sup>.

Bien que les PBDE ne soient plus utilisés dans la plupart des procédés de fabrication, ils subsistent dans des matériaux et des produits manufacturés plus anciens. Les PBDE ne sont pas chimiquement liés aux produits dans lesquels ils sont utilisés et peuvent être libérés dans l'air, contaminant l'air intérieur et la poussière<sup>1.3.6.13</sup>. La contamination des eaux de surface, de l'air, des eaux usées, des décharges et du sol se produit lors de la fabrication des produits susmentionnés, ainsi que lorsque ces produits et leurs composants sont endommagés, dégradés, recyclés, incinérés ou éliminés. La contamination des sols se produit également lorsque des boues d'épuration traitées contaminées sont utilisées pour la fertilisation des sols qui sont cultivés pour la production d'aliments<sup>1.2.3.4.7</sup>. Comme d'autres POP, les PBDE sont omniprésents sur la planète pour plusieurs raisons : ils ne se décomposent pas facilement dans l'environnement, ils ont la capacité de parcourir de longues distances dans l'air, l'eau et les sédiments et ils peuvent s'accumuler dans les plantes et les tissus adipeux des animaux, entraînant une bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire, y compris chez l'humain<sup>1.3.4.5.6</sup>.

Des études menées sur des rongeurs de laboratoire ont montré que des niveaux élevés d'exposition aux PBDE peuvent affecter le foie, la thyroïde, le système endocrinien et le système reproducteur, et qu'une exposition prénatale peut entraîner des problèmes de développement neurologique<sup>3.5.6.13</sup>. Les études sur les effets sanitaires de l'exposition aux PBDE chez l'humain sont limitées et ne peuvent fournir de preuves de maladies ou d'effets néfastes<sup>6.13</sup>. Sur la base d'évaluations toxicologiques des risques pour la santé, Santé Canada a fixé une dose minimale avec effet nocif observé (DMENO) de 2,22 mg/kg de poids corporel par jour<sup>3</sup> pour l'exposition totale aux PBDE chez l'humain.

L'exposition des adultes aux PBDE se fait par la consommation d'aliments, par inhalation et par exposition à la poussière intérieure<sup>3.4.6.13</sup>. Les bébés et les jeunes enfants sont principalement exposés par le lait maternel et les jouets en plastique dur qui contiennent des PBDE<sup>3.4.13</sup>. Des études ont trouvé des concentrations détectables de PBDE dans le poisson, la viande, la volaille, les œufs, les produits

laitiers, les graisses et huiles, et les produits céréaliers<sup>2,3,4,7,10,13,14</sup>. En outre, des concentrations détectables ont été rapportées dans des aliments pour bébés et des préparations pour nourrissons<sup>12</sup> ainsi que dans du lait maternel humain<sup>1,2,4,13</sup>. Cependant, les concentrations de PBDE dans l'environnement<sup>3,4,6,10,11,15</sup>, les aliments et le lait maternel<sup>4,13,14</sup> ont diminué depuis que leur utilisation a été restreinte, et l'on s'attend à ce que les concentrations continuent de diminuer.

## Ce que nous avons échantillonné

L'ACIA a échantillonné et analysé 2811 produits entre le 1<sup>er</sup> avril 2013 et le 31 mars 2021, notamment des échantillons d'aliments à base de céréales, de produits laitiers, de graisses et d'huiles, de noix ou graines et de beurres de noix ou de graines, d'produits à base d'œufs, de poisson et de fruits de mer, de produits de noix de coco et de viande et de volaille en conserve. Les échantillons de produits ont été prélevés dans des points de vente au détail locaux et régionaux situés dans 6 grandes villes du Canada. Ces villes représentaient 4 zones géographiques du pays :

- Atlantique (Halifax)
- Québec (Montréal)
- Ontario (Ottawa et Toronto)
- Ouest (Calgary et Vancouver)

Le nombre d'échantillons collecté dans chaque ville était proportionnel à la population relative de chacune de ces régions. La durée de conservation, les conditions d'entreposage et le coût des aliments sur le marché libre n'ont pas été pris en compte dans le cadre de l'étude. Les échantillons proviennent d'au moins 46 pays.

**Tableau 1. Distribution des échantillons selon le type de produit et l'origine**

Type de produit	Nombre d'échantillons de produits canadiens	Nombre d'échantillons de produits importés	Nombre d'échantillons de produits d'origine non précisée <sup>a</sup>	Nombre total d'échantillons
Produits de noix de coco	5	37	9	51
Produits laitiers	304	182	155	641
Produits à base d'œufs	181	18	42	241
Graisses et huiles	111	319	123	553
Poisson et fruits de mer	17	72	5	94
Produits céréaliers	275	384	239	898
Viande et volaille	32	16	0	48
Noix et graines	96	50	139	285
<b>Total</b>	<b>1021</b>	<b>1078</b>	<b>712</b>	<b>2811</b>

### Notes du tableau :

<sup>a</sup> L'expression « non précisée » désigne les échantillons pour lesquels il a été impossible de déterminer le pays d'origine à partir de l'étiquette du produit ou de l'information disponible sur l'échantillon.

## Modes d'évaluation des échantillons

Les échantillons ont été analysés par un laboratoire d'analyse alimentaire accrédité selon la norme ISO/IEC 17025 et lié par contrat au gouvernement du Canada. Les échantillons de produits ont été analysés tels que vendus, ce qui signifie que les produits ont été analysés tels quels, sans être préparés selon le mode d'emploi sur l'emballage.

La liste des composés rapportés dans le cadre de cette étude est fournie au [tableau A-1](#), en annexe du présent rapport. Les concentrations de chaque composé détecté ont été additionnées pour obtenir la concentration en PBDE totaux dans chaque échantillon.

Actuellement au Canada, il n'existe pas de limites maximales (LM) pour la teneur en PBDE dans les aliments. Tous les résultats de cette étude ont été évalués par Santé Canada et ont été jugés sans danger pour la consommation par des Canadiens.

## Résultats de l'étude

Sur les 2811 échantillons analysés dans le cadre de la présente étude, 99 % (2793 échantillons) contenaient des concentrations détectables de PBDE. La plage des concentrations trouvées est présentée dans le tableau 2. Parmi les huit types de produits analysés dans le cadre de l'étude, les concentrations les plus élevées ont été trouvées dans les graisses et les huiles, et les plus faibles, dans les produits de noix de coco. [Le tableau A-2](#) de l'annexe montre la fréquence de détection et les concentrations de chaque congénère de PBDE qui ont été trouvées dans cette étude. Les concentrations trouvées dans chaque catégorie d'échantillons sont présentées par année d'analyse dans le [tableau A-3](#) de l'annexe.

**Tableau 2. Concentrations de PBDE dans certains aliments**

Type de produit	Nombre total d'échantillons	Nombre d'échantillons présentant une concentration détectable (%)	Valeur minimale <sup>b</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>c</sup> (ppt)
Produits de noix de coco	51	51 (100)	1,08	349	45,6
Produits laitiers	641	638 (99,5)	0,380	1640	79,3
Produits à base d'œufs	241	234 (97)	0,252	1653	69,6
Graisses et huiles	553	552 (99,8)	4,38	5002	414
Poisson et fruits de mer	94	94 (100)	1,07	5679	169
Produits céréaliers	898	891 (99)	0,295	2083	60,8
Viande et volaille	48	48 (100)	2,16	235	53,1
Noix et graines	285	285 (100)	0,765	3726	143
<b>Total</b>	<b>2811</b>	<b>2793 (99)</b>	<b>0,252</b>	<b>5679</b>	<b>147</b>

## Notes du tableau :

<sup>b</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>c</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

## Produits de noix de coco

Les produits de noix de coco qui ont été analysés comprenaient 23 échantillons de morceaux de noix de coco ou de noix de coco râpée, 18 échantillons de lait de coco, 7 échantillons de farine de coco et 3 échantillons de crème de coco ou de beurre de coco. Comme les huiles de coco contiennent 100 % de matières grasses, elles ne sont pas incluses dans cette catégorie, mais plutôt dans la catégorie des graisses et huiles. Des PBDE ont été trouvés dans l'ensemble des 51 échantillons analysés. Les concentrations moyennes trouvées dans les produits de noix de coco étaient de 45,6 ppt, les concentrations moyennes les plus élevées ayant été trouvées dans la noix de coco râpée (59,6 ppt), et les plus basses dans le lait de coco (9,23 ppt). Les produits de noix de coco sont ceux qui présentaient la concentration moyenne la plus faible de tous les produits analysés dans le cadre de la présente étude.

## Produits laitiers

Les échantillons dans cette catégorie sont constitués de produits laitiers prêts à consommer et qui ne nécessitent pas de cuisson préalable. Cette catégorie comprend des produits laitiers purs tels que le fromage, la crème et le lait, ainsi que des produits qui contiennent des produits laitiers tels que des sauces, des trempettes, des vinaigrettes, des poudings, des desserts laitiers glacés (crème glacée et yaourt glacé), des gâteaux au fromage, des crèmes à café et des produits de boulangerie-pâtisserie qui contiennent une garniture à base de produits laitiers (tartes à la crème et muffins, gâteaux et pâtisseries à forte teneur en produits laitiers). Des PBDE ont été détectés dans 638 des 641 échantillons (99,5 %) et la concentration moyenne était de 79,3 ppt. Les catégories présentant les concentrations moyennes de PBDE les plus élevées étaient les sauces à salades contenant des produits laitiers (131 ppt) et les produits de boulangerie-pâtisserie contenant une garniture à base de produits laitiers (130 ppt), tandis que les concentrations les plus faibles ont été trouvées dans le lait (10,4 ppt).

## Produits à base d'œufs

Cette étude a porté sur un total de 241 échantillons d'produits à base d'œufs, dont 126 produits à base d'œufs liquides, 48 œufs cuits, marinés ou en conserve, 39 produits à base d'œufs en poudre (albumine en poudre et protéines d'œuf en poudre) et 28 échantillons de lait de poule. À noter que les produits de mayonnaise, même s'ils contiennent des œufs, sont essentiellement fabriqués avec de l'huile, et ne sont donc pas inclus dans cette catégorie, mais plutôt dans la catégorie des graisses et des huiles. Des concentrations de PBDE ont été détectées dans 234 échantillons d'produits à base d'œufs (97 %), la concentration moyenne la plus basse de 41,5 ppt a été trouvée dans le lait de poule, et la concentration la plus élevée de 175 ppt a été trouvée dans les œufs cuits, marinés ou en conserve.

## **Graisses et huiles**

Cette catégorie comprenait 553 échantillons d'huiles et de matières grasses végétales et animales. La concentration moyenne des PBDE totaux détectée dans l'ensemble des échantillons de graisses et d'huiles était de 414 ppt, ce qui représente la concentration moyenne la plus élevée parmi les huit catégories d'aliments analysées dans le cadre de cette étude.

### **Graisses et huiles – huiles végétales**

Au total, 457 huiles végétales et shortenings d'origine végétale ont été analysés, ainsi que 48 échantillons de mayonnaise à base d'huile végétale qui contenaient également des œufs. Des PBDE ont été trouvés dans 99,8 % des échantillons de graisses et huiles végétales et dans tous les échantillons de mayonnaise. La concentration la plus basse a été trouvée dans l'échantillon d'huile d'avocat qui a été analysé (45,5 ppt). Les concentrations moyennes les plus basses ont été trouvées dans l'huile de tournesol (149 ppt) et l'huile de palme (174 ppt). Les concentrations moyennes les plus élevées ont été trouvées dans l'huile de pépins de raisin (1140 ppt), l'huile d'arachide (1389 ppt) et l'huile de noix (2504 ppt). Les échantillons de mayonnaise présentaient une concentration moyenne de 228 ppt. La concentration moyenne globale dans les huiles végétales était de 433 ppt.

### **Graisses et huiles – graisses animales**

Les graisses animales comprenaient 40 échantillons de beurre laitier et 8 échantillons de saindoux (graisse de porc). Tous les échantillons de graisses animales contenaient des concentrations détectables de PBDE, et la concentration moyenne globale était de 211 ppt. La concentration moyenne de PBDE dans le beurre (226 ppt) était plus élevée que celle trouvée dans le saindoux (136 ppt), mais ces deux concentrations moyennes étaient inférieures à la concentration moyenne globale qui a été trouvée dans toutes les graisses et huiles combinées (414 ppt).

## **Produits céréaliers**

Dans le cadre de la présente étude, 898 produits céréaliers ont été échantillonnés et appartenaient à quatre catégories : produits de blé (335 échantillons), produits de maïs (202 échantillons), produits d'avoine (198 échantillons) et produits de riz (163 échantillons). Des PBDE ont été détectés dans 891 échantillons, soit 99 % des produits céréaliers. La concentration moyenne trouvée dans tous les produits céréaliers était de 60,8 ppt, les produits d'avoine présentant les concentrations moyennes les plus basses (35,8 ppt), et les produits de riz, les plus élevées (115 ppt). Les quatre sous-catégories sont discutées plus en détail ci-dessous, et le [tableau A-4](#) de l'annexe montre les résultats de chaque type de céréale par année d'analyse.

### **Produits céréaliers – blé**

Au total, 335 produits de blé ont été échantillonnés dans le cadre de cette étude, et des PBDE ont été trouvés dans 331 (99 %) des échantillons. Ces produits allaient de produits constitués entièrement de blé, tels que le son de blé, la farine de blé, le germe de blé et le blé entier, aux produits plus transformés, tels que les pâtes, le couscous, les craquelins et les produits de boulangerie-pâtisserie (p. ex. les biscuits, les gaufres surgelées, les gâteaux, les pâtisseries et les tartes). Les concentrations

moyennes de PBDE trouvées dans les produits constitués entièrement de blé étaient de 47,5 ppt, les concentrations moyennes les plus basses ont été trouvées dans les pâtes (10,4 ppt), et les concentrations moyennes plus élevées ont été trouvées dans le blé entier (68,1 ppt).

### **Produits céréaliers – maïs**

Les produits de maïs qui ont été échantillonnés ne contenaient aucun ingrédient céréalier autre que le maïs. Des PBDE ont été trouvés dans 201 des 202 produits étudiés, soit 99,5 % des échantillons. Les échantillons analysés comprenaient 80 semoules de maïs, 57 farines de maïs, 31 féculs de maïs, 24 croustilles ou collations à base de maïs (telles que du maïs rôti) et 10 échantillons de maïs à éclater. La concentration moyenne trouvée dans cette catégorie était de 63,1 ppt, les concentrations moyennes les plus élevées ayant été trouvées dans les croustilles ou collations de maïs (254 ppt), et les plus basses, dans la féculs de maïs (12,9 ppt).

### **Produits céréaliers – avoine**

Les produits d'avoine présentaient les concentrations moyennes en PBDE les plus faibles parmi les catégories de céréales, et la concentration moyenne en PBDE totaux a été de 35,8 ppt. Les types d'échantillons comprenaient de l'avoine entière ou coupée (94 échantillons), du gruau d'avoine (60 échantillons), du son d'avoine (30 échantillons) et de la farine d'avoine (14 échantillons). Ces échantillons ne contenaient pas d'autres céréales que l'avoine, mais certains étaient des produits aromatisés, comme le gruau instantané. Des PBDE ont été détectés dans 197 des 198 échantillons analysés (99,5 %). La farine d'avoine a présenté la concentration moyenne la plus élevée (60,7 ppt) et l'avoine entière ou coupée, la concentration la plus faible (30,1 ppt).

### **Produits céréaliers – riz**

Dans la catégorie du riz, il y avait 7 échantillons de son de riz, 59 échantillons de farine de riz et 96 échantillons de riz à grains entiers. Des PBDE ont été détectés dans 162 des 163 échantillons analysés (99,4 %). Les échantillons de riz à grains entiers comprenaient des variétés à grains longs, à grains courts, de riz basmati, de riz au jasmin, de riz blanc, de riz brun, de riz noir, de riz rouge et de riz sauvage, et tous les échantillons de produits de riz ne comprenaient aucune autre céréale, aucun arôme, ni aucun autre additif. La concentration moyenne trouvée était de 115 ppt, et de petites différences au niveau des concentrations moyennes ont été trouvées entre les catégories de farine de riz (123 ppt), de riz en grain (109 ppt) et de son de riz (135 ppt).

### **Poisson et fruits de mer**

Les échantillons de poisson et de fruits de mer comprenaient 49 produits en conserve et 45 produits réfrigérés ou congelés qui n'étaient ni panés ni fumés, pour un total de 94 échantillons de poisson et de fruits de mer. Les échantillons en conserve comprenaient des palourdes, des escargots, du hareng, du maquereau, du saumon, des sardines, des crevettes, de sardines sprats et du thon. Les échantillons congelés ou réfrigérés comprenaient du pangasius, de l'achigan, de la morue, du crabe, de l'aiglefin, du hareng, du homard, des moules, du goberge, du saumon, des crevettes, de la sole, du calmar, du tilapia et de la truite. Des PBDE ont été trouvés dans 100 % des échantillons de poisson et de fruits de mer, et la concentration moyenne était de 170 ppt. Des concentrations moyennes de

PBDE plus élevées ont été trouvées dans des espèces plus grasses, comme les sardines (445 ppt) et le hareng (1422 ppt), tandis que la concentration la plus élevée a été trouvée dans un échantillon d'achigan (5679 ppt). Des concentrations moyennes plus faibles ont été trouvées dans des espèces plus maigres, comme la sole (5,91 ppt), la morue (9,59 ppt) et les crevettes (6,30 ppt).

## **Viande et volaille**

Dans le cadre de cette étude, 48 échantillons de viande et de volaille en conserve, en bocaux ou en sachets ont été analysés. Ces échantillons comprenaient de la viande en conserve comme du jambon, de la dinde, du bœuf salé et des viandes à sandwich, ainsi que des hot-dogs et des saucisses. Des PBDE ont été trouvés dans tous les échantillons de viande et de volaille qui ont été analysés. La concentration moyenne globale trouvée était de 53,1 ppt, et les concentrations les plus faibles (10,2 ppt) ont été trouvées dans le jambon en conserve, alors que la concentration la plus élevée (114 ppt) a été trouvée dans un échantillon de dinde en conserve.

## **Noix, graines et beurres de noix ou graines**

Des noix, des graines, des beurres de noix et des beurres de graines ont été échantillonnés et des PBDE ont été trouvés dans l'ensemble des 285 échantillons analysés, avec une concentration moyenne de 143 ppt. Cette catégorie comprenait 160 noix, 72 beurres de noix, 52 graines ou de soja et 1 échantillon de beurre de graines de sésame (tahini). Les noix et les beurres de noix avaient une concentration moyenne plus élevée (155 ppt) que les graines et le tahini (89,3 ppt), et les beurres de noix présentaient des concentrations moyennes plus élevées (244 ppt) que les échantillons de noix (116 ppt). Parmi les types de noix et de graines, les châtaignes présentent la concentration moyenne la plus faible à 2,97 ppt, tandis que les noix de cajou ou de beurre de cajou présentaient les concentrations moyennes les plus élevées à 451 ppt.

## **Ce que signifient les résultats de l'étude**

Le principal objectif de la présente étude ciblée était d'enrichir les données de base sur les concentrations de PBDE dans certains aliments trouvés sur le marché de détail au Canada. Parmi les 2811 échantillons analysés, 2793 (99 %) contenaient des PBDE. Les tableaux 3 à 10 présentent les résultats pour chaque type de produit qui a été analysé dans le cadre de la présente étude ainsi que les données d'études publiées sur des produits similaires, à savoir l'Étude allemande sur l'alimentation totale<sup>16</sup> (Allemagne 2024), l'Étude sur l'alimentation totale en Australie et en Nouvelle-Zélande<sup>17</sup> (FSANZ 2004), la Société canadienne du cancer<sup>18</sup> (Canada 2018), l'Université baptiste de Hong Kong<sup>19</sup> (Chine 2011), l'Université d'Ibadan au Nigeria<sup>20</sup> (Nigéria 2018), et l'Université nationale Cheng Kung à Taïwan<sup>21</sup> (Taïwan 2017). Les résultats de l'étude actuelle ont été mis en gras dans chaque tableau pour faciliter la comparaison.

Les résultats de la présente étude sont semblables aux résultats trouvés dans ces études publiées, sauf pour les noix et les graines, dont les résultats sont plus élevés que ceux des études publiées. Cela est sans doute attribuable à des différences dans les types d'échantillons analysés.

**Tableau 3. Concentrations minimales, maximales et moyennes de PBDE dans les produits de noix de coco d'après les études de l'ACIA et la littérature scientifique**

Étude (année)	Type d'échantillon	Nombre d'échantillons	Valeur minimale <sup>d</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>e</sup> (ppt)
<b>ACIA (de 2013 à 2021)</b>	<b>Produits de noix de coco</b>	<b>51</b>	<b>1,08</b>	<b>349</b>	<b>45,6</b>
FSANZ (2004)	Noix de coco séchée	1	244	244	244
Chine (2011)	Lait de coco	3	10,4	32,8	16,3

**Notes du tableau :**

<sup>d</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>e</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

**Tableau 4. Concentrations minimales, maximales et moyennes de PBDE dans les produits laitiers d'après les études de l'ACIA et la littérature scientifique**

Étude (année)	Type d'échantillon	Nombre d'échantillons	Valeur minimale <sup>f</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>g</sup> (ppt)
<b>ACIA (de 2013 à 2021)</b>	<b>Lait et produits laitiers</b>	<b>641</b>	<b>0,38</b>	<b>1640</b>	<b>79,3</b>
Allemagne (2024)	Lait et produits laitiers	23	2,12	41,2	13,2
Canada (2018)	Lait et produits laitiers	82	4,10	37,3	20,7
Nigéria (2018)	Fromage, lait évaporé	12	4,01	11,4	7,24
Taiwan (2017)	Lait	58	14,8	3020	261
FSANZ (2004)	Lait et produits laitiers	9	83,6	469	121

**Notes du tableau :**

<sup>f</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>g</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

**Tableau 5. Concentrations minimales, maximales et moyennes de PBDE dans les produits à base d'œufs d'après les études de l'ACIA et la littérature scientifique**

Étude (année)	Type d'échantillon	Nombre d'échantillons	Valeur minimale <sup>h</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>i</sup> (ppt)
<b>ACIA (de 2013 à 2021)</b>	<b>Produits à base d'œufs, lait de poule</b>	<b>241</b>	<b>0,252</b>	<b>1653</b>	<b>69,6</b>
Allemagne (2024)	Œufs et produits à base d'œufs	2	13,2	23,4	18
Canada (2018)	Œufs entiers et jaunes d'œufs	33	110	714	414
Nigéria (2018)	Œufs de poule	18	1,51	13,7	5,22
Taiwan (2017)	Œufs de poule et de canne	46	174	4345	960
FSANZ (2004)	Œufs durs	1	910	910	910

**Notes du tableau :**

<sup>h</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>i</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

**Tableau 6. Concentrations minimales, maximales et moyennes de PBDE dans les graisses et les huiles d'après les études de l'ACIA et la littérature scientifique**

Étude (année)	Type d'échantillon	Nombre d'échantillons	Valeur minimale <sup>j</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>k</sup> (ppt)
<b>ACIA (de 2013 à 2021)</b>	<b>Huiles végétales, saindoux, beurre</b>	<b>553</b>	<b>4,38</b>	<b>5002</b>	<b>414</b>
Allemagne (2024)	Graisses animales, huiles végétales	8	3,88	61,4	21,0
Canada (2018)	Graisses animales, beurre, huiles végétales	104	1,48	2062	123
Nigéria (2018)	Huiles végétales	40	2,92	30,5	16,7
Taiwan (2017)	Huiles végétales et graisses animales	36	249	8868	1418
Chine (2011)	Huiles végétales, de graines et de poisson	10	<LD <sup>l</sup>	287	40,8
FSANZ (2004)	Beurre, huile de canola, margarine	3	164	189	118

**Notes du tableau :**

<sup>j</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>k</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

<sup>l</sup> <LD : valeur inférieure à la limite de détection.

**Tableau 7. Concentrations minimales, maximales et moyennes de PBDE dans le poisson et les fruits de mer d'après les études de l'ACIA et la littérature scientifique**

Étude (année)	Type d'échantillon	Nombre d'échantillons	Valeur minimale <sup>m</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>n</sup> (ppt)
<b>ACIA (de 2013 à 2021)</b>	<b>Poisson et fruits de mer</b>	<b>94</b>	<b>1,07</b>	<b>5679</b>	<b>169</b>
Allemagne (2024)	Poisson, fruits de mer, invertébrés	30	4,22	11122	782
Canada (2018)	Poisson et crustacés	467	12,5	2496	555
Nigéria (2018)	Poisson et écrevisse	64	8,76	223	86,2
Taiwan (2017)	Poisson et fruits de mer	150	49,1	5877	657
FSANZ (2004)	Filets de poisson et thon en conserve	2	24,5	173	98,6

**Notes du tableau :**

<sup>m</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>n</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

**Tableau 8. Concentrations minimales, maximales et moyennes de PBDE dans les produits céréaliers d'après les études de l'ACIA et la littérature scientifique**

Étude (année)	Type d'échantillon	Nombre d'échantillons	Valeur minimale <sup>o</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>p</sup> (ppt)
<b>ACIA (de 2013 à 2021)</b>	<b>Pâtes et craquelins à base de graines</b>	<b>898</b>	<b>0,295</b>	<b>2083</b>	<b>60,8</b>
Allemagne (2024)	Graines et produits de graines	38	2,12	65,2	8,34
Canada (2018)	Céréales, graines, pâtes, riz, produits de boulangerie-pâtisserie	27	1,20	463	155
Nigéria (2018)	Riz	18	ND <sup>q</sup>	ND <sup>q</sup>	2,11
Taiwan (2017)	Riz et céréales autres que le blé	18	34,1	1433	297
FSANZ (2004)	Pain blanc	1	194	194	194

**Notes du tableau :**

<sup>o</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>p</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

<sup>q</sup> ND : Non déclaré

**Tableau 9. Concentrations minimales, maximales et moyennes de PBDE dans la viande et la volaille d'après les études de l'ACIA et la littérature scientifique**

Étude (année)	Type d'échantillon	Nombre d'échantillons	Valeur minimale <sup>r</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>s</sup> (ppt)
<b>ACIA (de 2013 à 2021)</b>	<b>Viande et volaille en conserve</b>	<b>48</b>	<b>2,16</b>	<b>235</b>	<b>53,1</b>
Allemagne (2024)	Viande, foie, abats comestibles	35	3,47	184	37,5
Canada (2018)	Poitrine de poulet, peau de poulet, foie d'oie	10	102	830	253
Nigéria (2018)	Bœuf et poulet	46	9,29	34,5	16,2
Taiwan (2017)	Bœuf, porc, mouton, volaille	162	66,4	10799	805
Chine (2011)	Bœuf, porc, agneau, caribou, cerf, élan, volaille, foie et viandes transformées	113	20,1	2821	152
FSANZ (2004)	Bœuf, porc, agneau, poulet, bacon, saucisse et foie	10	190	688	402

**Notes du tableau :**

<sup>r</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>s</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

**Tableau 10. Concentrations minimales, maximales et moyennes de PBDE dans les noix et les graines d'après les études de l'ACIA et la littérature scientifique**

Étude (année)	Type d'échantillon	Nombre d'échantillons	Valeur minimale <sup>t</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>u</sup> (ppt)
<b>ACIA (de 2013 à 2021)</b>	<b>Noix, graines, beurres de noix, soja et tahini</b>	<b>285</b>	<b>0,765</b>	<b>3726</b>	<b>143</b>
Allemagne (2024)	Légumineuses, noix, oléagineux et épices	20	2,31	17,9	6,61
Canada (2018)	Noix, graines, beurre de cacahuète et soja	12	32,1	193	82,3
Chine (2011)	Noix et graines	10	<LD <sup>v</sup>	231	44,4
FSANZ (2004)	Beurre d'arachide	1	125	125	125

**Notes du tableau :**

<sup>t</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>u</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

<sup>v</sup> <LD : moins que la limite de détection.

## Comment accéder aux données de l'étude

Les données seront accessibles sur le [Portail du gouvernement ouvert](#).

## Références

1. [PBDEs](#) (en anglaise seulement). (s.d.). États-Unis d'Amérique. Département de la Santé de l'État de Washington.
2. [Rapport sur l'état des connaissances scientifiques - Polybromodiphényléthers \(PBDE\)](#). (2006). Ottawa, Ontario. Santé Canada.
3. [Rapport sur l'état des connaissances scientifiques concernant les effets du décabromodiphényléther \(décaBDE\) sur la santé humaine](#). (Décembre 2012). Ottawa, Ontario. Santé Canada.
4. Lorber, M. et Cleverly, D. (Mai 2010). [An Exposure Assessment of Polybrominated Diphenyl Ethers \(en anglaise seulement\)](#). Washington, District de Columbia, États-Unis. Agence américaine de protection de l'environnement.
5. [Technical Fact Sheet – Polybrominated Diphenyl Ethers \(PBDEs\) and Polybrominated Biphenyls \(PBBs\) \(en anglaise seulement\)](#). (Janvier 2014). Washington, District de Columbia, États-Unis. Agence américaine de protection de l'environnement.
6. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2024). [Update of the risk assessment of polybrominated diphenyl ethers \(PBDEs\) in food \(en anglaise seulement\)](#). EFSA Journal, 22(1), e8497.
7. [Stratégie de gestion des risques pour les polybromodiphényléthers \(PBDE\)](#). (Août 2010). Ottawa, Ontario. Environnement Canada. Direction générale de l'intendance environnementale. Numéro de publication du gouvernement du Canada En14-115/2010-fra.pdf.
8. [Règlement sur certaines substances toxiques interdites \(2012\)](#). (Décembre 14, 2012). Ottawa, Ontario. Gouvernement du Canada, Ministère de la Justice Canada.
9. [Gestion des risques liés au décaBDE : élimination progressive volontaire des exportations au Canada](#). (July 23, 2013). Ottawa, Ontario. Environnement et Changement climatique Canada.
10. La Guardia, M. J., Mainor, T. M., Luellen, D. R., Harvey, E., & Hale, R. C. (2024). [Twenty years later: PBDEs in fish from U.S. sites with historically extreme contamination \(en anglaise seulement\)](#). Chemosphere, 351, 141126.
11. Bin Li, Jianghong Shi, Jiawei Zhang, Huanyu Tao, Hui Ge, Mengtao Zhang, Zonglin Xu, Ruijie Xiao. (2023). [Occurrence and ecological risk assessment of 2,2',4,4'-tetrabromodiphenyl ether and decabromodiphenyl ether in surface waters across China \(en anglaise seulement\)](#). Chemosphere, Volume 312, Part 1, 137215.
12. M. Pajurek, S. Mikolajczyk, M. Warenik-Bany. [Occurrence and dietary intake of dioxins, furans \(PCDD/Fs\), PCBs, and flame retardants \(PBDEs and HBCDDs\) in baby food and infant formula \(en anglaise seulement\)](#). (2023). Science of The Total Environment, Volume 903, 166590.
13. [Produits ignifuges à base de PBDE et santé humaine](#). (Août 2009). Ottawa, Ontario. Santé Canada. Publication H13-7/19-2006F-PDF.
14. [Polybromodiphényléthers dans les poissons et les sédiments](#). (2019). Environnement et Changement climatique Canada. Publication En4-144/49-2019F-PDF.
15. Xin Yu, Baolin Liu, Yong Yu, He Li, Qiuyan Li, Yuan Cui, Yuqin Ma. [Polybrominated diphenyl ethers \(PBDEs\) in household dust: A systematic review on spatio-temporal distribution, sources, and health risk assessment \(en anglaise seulement\)](#). (2023). Chemosphere, Volume 314, 137641.

16. Stadion, Mandy & Blume, Katrin & Hackethal, Christin & Lüth, Anja & Schumacher, David & Lindtner, Oliver & Sarvan, Irmela. (2024). [Germany's first Total Diet Study - Occurrence of non-dioxin-like polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in foods \(en anglaise seulement\)](#). Food Chemistry: X. 22. 101274.
17. [Polybrominated Diphenyl Ethers \(PBDE\) in Food in Australia \(en anglaise seulement\)](#). (2006). Australia. Food Standards Australia New Zealand (FSANZ).
18. Beatrice A. Boucher, Julie K. Ennis, Dina Tsirlin, Shelley A. Harris. (2018). [A global database of polybrominated diphenyl ether flame retardant congeners in foods and supplements \(en anglaise seulement\)](#). Journal of Food Composition and Analysis, Volume 69, Pages 171-188.
19. Yan Yan Qin, Clement Kai Man Leung, Anna Oi Wah Leung, Jin Shu Zheng, Ming Hung Wong. (2011). [Persistent organic pollutants in food items collected in Hong Kong \(en anglaise seulement\)](#). Chemosphere, Volume 82, Issue 9, Pages 1329-1336.
20. B.A. Babalola, A.A. Adeyi. (2018). [Levels, dietary intake and risk of polybrominated diphenyl ethers \(PBDEs\) in foods commonly consumed in Nigeria \(en anglaise seulement\)](#). Food Chemistry, Volume 265, Pages 78-84.
21. Jung-Wei Chang, Chung-Feng Hung, Ya-Chen Hsu, Yi-Ting Kao, Ching-Chang Lee. (2017). [Polybrominated diphenyl ethers \(PBDES\) and hexa-brominated biphenyls \(Hexa-BBs\) in fresh foods ingested in Taiwan \(en anglaise seulement\)](#). Environmental Pollution, Volume 220, Part B, Pages 1180-1189.

## Annexe

Tableau A-1. Liste des congénères et paires de congénères de PBDE qui ont été analysés dans le cadre de la présente étude

Abréviation des PBDE	Nom complet
BDE-17/BDE-25	(2,2',4-tribromodiphényléther) / (2,3',4-tribromodiphényléther)
BDE-28/BDE-33	(2,4,4'-tribromodiphényléther) / (2',3',4'-tribromodiphényléther)
BDE-47	2,2',4,4'-tétrabromodiphényléther
BDE-66	2,3',4,4'-tétrabromodiphényléther
BDE-77	3,3',4,4'-tétrabromodiphényléther
BDE-85	2,2',3,4,4'-pentabromodiphényléther
BDE-99	2,2',4,4',5-pentabromodiphényléther
BDE-100	2,2',4,4',6-pentabromodiphényléther
BDE-138/BDE-166	(2,2',3,4,4',5'-hexabromodiphényléther) / (2,3,4,4',5,6-hexabromodiphényléther)
BDE-153	2,2',4,4',5,5'-hexabromodiphényléther
BDE-154	2,2',4,4',5,6'-hexabromodiphényléther
BDE-183	2,2',3,4,4',5',6-heptabromodiphényléther
BDE-209	décabromodiphényléther

**Tableau A-2. Fréquence, concentrations minimales, maximales et moyennes des paires individuelles de PBDE/PBDE dans les échantillons détectés**

<b>PBDE</b>	<b>Nombre d'échantillons positifs (%)</b>	<b>Catégorie présentant la plus forte proportion d'échantillons positifs (%)</b>	<b>Valeur minimale<sup>v</sup> (ppt)</b>	<b>Valeur maximale (ppt)</b>	<b>Valeur moyenne<sup>w</sup> (ppt)</b>	<b>Catégorie avec la valeur moyenne<sup>w</sup> la plus élevée (moyenne, ppt)</b>
BDE-17/ BDE-25	565 (20)	Produits laitiers (17)	0,014	40,3	0,76	Poisson ou fruits de mer (2,39)
BDE-28/ BDE-33	1258 (45)	Graisses ou huiles (19)	0,021	133	1,24	Poisson ou fruits de mer (6,39)
BDE-47	2687 (96)	Produits laitiers (22)	0,167	3970	18,7	Poisson ou fruits de mer (102)
BDE-66	668 (24)	Produits laitiers (21)	0,012	68,7	1,28	Poisson ou fruits de mer (5,24)
BDE-77	177 (6)	Graisses ou huiles (21)	0,010	6,35	0,58	Graisses ou huiles (1,37)
BDE-85	805 (29)	Produits laitiers (20)	0,022	57,6	1,94	Noix ou graines (4,39)
BDE-99	2640 (94)	Produits laitiers (22)	0,128	1610	19,9	Graisses ou huiles (41,0)
BDE-100	2292 (82)	Produits laitiers (22) Graisses ou huiles (22)	0,035	1070	5,32	Poisson ou fruits de mer (27,0)
BDE-138/ BDE-166	116 (4)	Œuf (15)	0,060	14,6	2,21	Noix ou graines (7,10)
BDE-153	1038 (37)	Produits laitiers (24)	0,052	137	4,29	Graisses ou huiles (9,80)
BDE-154	1108 (39)	Produits laitiers (22)	0,027	420	3,77	Poisson ou fruits de mer (12,7)
BDE-183	1053 (37)	Graisses ou huiles (27)	0,032	223	3,79	Graisses ou huiles (7,40)
BDE-209	1626 (58)	Produits laitiers (25)	0,840	4860	171	Graisses ou huiles (518)

**Notes du tableau :**

<sup>v</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>w</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

**Tableau A-3. Niveaux de PBDE totaux dans cette enquête par produit et année échantillonnée**

Type de produit	Année d'échantillonnage	Nombre total d'échantillons	Nombre d'échantillons présentant une concentration détectable (%)	Valeur minimale <sup>x</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>y</sup> (ppt)
Produits de noix de coco	2015	1	1 (100)	99,0	99,0	99,0
	2017	50	50 (100)	1,08	349	44,6
Produits laitiers	2013	99	99 (100)	5,04	1100	150
	2014	91	89 (98)	2,30	1640	147
	2016	151	151 (100)	1,05	821	63,1
	2020	300	299 (99,7)	0,380	632	43,9
Produits à base d'œufs	2015	47	47 (100)	0,252	481	38,8
	2020	194	187 (96)	0,798	1653	77,4
Graisses et huiles	2013	72	70 (100)	18,3	1937	596
	2014	58	57 (98)	16,3	3748	509
	2015	423	423 (100)	4,38	5002	370
Poisson et fruits de mer	2017	94	94 (100)	1,07	5679	169
Produits céréaliers	2013	311	310 (99,7)	0,769	1578	70,0
	2014	267	261 (98)	0,432	2083	65,5
	2016	320	320 (100)	0,295	1964	48,0
Viande et volaille	2017	48	48 (100)	2,16	235	53,1
Noix et graines	2017	285	285 (100)	0,765	3726	143

**Notes du tableau :**

<sup>x</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>y</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.

**Tableau A-4. Niveaux de PBDE totaux dans les produits céréaliers par type de grain et année**

Type de produit	Année d'échantillonnage	Nombre total d'échantillons	Nombre d'échantillons présentant une concentration détectable (%)	Valeur minimale <sup>z</sup> (ppt)	Valeur maximale (ppt)	Valeur moyenne <sup>aa</sup> (ppt)
Produits de maïs	<b>Toutes les années</b>	<b>202</b>	<b>201 (99,5)</b>	<b>0,432</b>	<b>1964</b>	<b>63,1</b>
	2013	69	69 (100)	2,57	1578	62,1
	2014	61	60 (98)	0,432	182	29,5
	2016	72	72 (100)	0,433	1964	92,1
Produits d'avoine	<b>Toutes les années</b>	<b>198</b>	<b>197 (99,5)</b>	<b>0,446</b>	<b>562</b>	<b>35,8</b>
	2013	74	74 (100)	0,769	562	51,5
	2014	72	71 (99)	0,553	163	37,5
	2016	52	52 (100)	0,446	194	11,1
Produits de riz	<b>Toutes les années</b>	<b>163</b>	<b>162 (99)</b>	<b>0,724</b>	<b>2083</b>	<b>115</b>
	2013	69	69 (100)	4,12	1077	117
	2014	60	59 (98)	2,46	2083	151
	2016	34	34 (100)	0,724	643	50,3
Produits de blé	<b>Toutes les années</b>	<b>335</b>	<b>331 (99)</b>	<b>0,295</b>	<b>1639</b>	<b>47,5</b>
	2013	99	98 (99)	1,85	537	56,3
	2014	74	71 (96)	1,09	1639	53,2
	2016	162	162 (100)	0,295	651	39,7

**Notes du tableau :**

<sup>z</sup> Résultat positif minimal (non nul).

<sup>aa</sup> Seuls les résultats positifs ont été utilisés pour calculer les concentrations moyennes.