

AVIS 15-2017

Objet :

**Limites d'action pour des contaminants
chimiques dans des denrées alimentaires :
retardateurs de flamme, composés
perfluoroalkylés, dioxines et PCB de type
dioxine, et le benzène**

(SciCom N°2016/31 A)

Avis approuvé par le Comité scientifique le 16 juin 2017

Mots-clés : limite d'action, retardateurs de flamme, composés perfluoroalkylés, dioxines, PCB de type dioxine, benzène, contaminants chimiques, denrées alimentaires

Key terms : action limit, flame retardants, alkylperfluorinated compounds, dioxins, dioxin-like PCB, benzene, chemical contaminants, food

Table des matières

Résumé	4
Summary	8
1. Termes de référence	12
1.1. Question.....	12
1.2. Dispositions législatives	12
1.3. Méthodologie.....	13
2. Définitions & Abréviations	13
3. Introduction générale.....	14
4. Méthodologie	14
5. Evaluation du risque et proposition de limites d'action pour les retardateurs de flamme	16
5.1. L'hexabromocyclododécane (HBCDD).....	16
5.1.1. Evaluation des risques de l'hexabromocyclododécane (HBCDD)	16
5.1.2. Proposition de limites d'action pour le HBCDD	18
5.1.3. Comparaison des limites d'action proposées avec les données disponibles de l'AFSCA.....	20
5.2. Les polybromodiphényléthers (PBDE)	20
5.2.1. Evaluation des risques des polybromodiphényléthers (PBDE)	20
5.2.2. Propositions de limites d'action pour les PBDE	23
5.2.3. Comparaison des limites d'action proposées avec les données disponibles de l'AFSCA.....	25
6. Evaluation du risque et proposition de limites d'action pour les composés perfluoroalkylés.....	27
6.1. Le sulfonate de perfluorooctane (PFOS) et l'acide perfluorooctanoïque (PFOA)	27
6.1.1. Evaluation des risques pour le sulfonate de perfluorooctane (PFOS) et l'acide perfluorooctanoïque (PFOA).....	27
6.1.2. Propositions de limites d'action pour les composés perfluorés	29
6.1.3. Comparaison des limites d'actions proposées avec les données disponibles de l'AFSCA	30
7. Evaluation du risque et proposition de limites d'action pour les dioxines (PCDD/F) et les PCB de type dioxines	31
7.1.1. Evaluation des risques des dioxines (PCDD/F) et des PCB de type dioxines.....	31
7.1.2. Propositions de limites d'action pour les dioxines et les PCB de type dioxine	34
7.1.3. Comparaison entre les limites d'actions proposées et les données disponibles de l'AFSCA.....	34
8. Evaluation du risque et proposition de limites d'action pour le benzène.....	36
8.1. Le benzène	36
8.1.1. Evaluation des risques du benzène.....	36
8.1.2. Proposition de limites d'action pour le benzène	39
8.1.3. Comparaison des LA proposées avec les valeurs disponibles dans la base de données de l'AFSCA....	41
9. Incertitudes	42
10. Conclusions.....	42
Références	46

Tableaux

Tableau 1. Caractérisation du risque pour HBCDD (EFSA, 2011a)	17
Tableau 2. Limites d'action pour HBCDD dans différentes denrées alimentaires (exprimées par rapport à la matière grasse).....	18
Tableau 3. Limites d'action pour HBCDD dans les aliments pour bébés et les poissons (exprimées par rapport au produit frais).....	19
Tableau 4. Données de contamination des denrées alimentaires par le HBCDD (AFSCA, 2011 à 2016) exprimées en ng/g de graisse et limite d'action (LA) proposée	20
Tableau 5. Données de contamination des denrées alimentaires par le HBCDD (AFSCA, 2011 à 2016) exprimées en ng/g de produit et limite d'action (LA) proposée	20
Tableau 6. Limites de quantification pour l'analyse des PBDE dans le cadre du programme de contrôle de l'AFSCA.	21
Tableau 7. Caractérisation du risque pour les BDE-47, BDE-99 et BDE-153 (EFSA, 2011c)	23

Tableau 8. Limites d'action (exprimées par rapport à la matière grasse) pour les PBDE dans différentes denrées alimentaires.....	24
Tableau 9. Limites d'action pour les PBDE dans les aliments pour bébés et les poissons (exprimées par rapport au produit frais).....	25
Tableau 10. Données de contamination des denrées alimentaires par les PBDE* (AFSCA, 2011 à 2016) exprimées en ng/g de graisse et limite d'action (LA) proposée	26
Tableau 11. Données de contamination des denrées alimentaires par les PBDE* (AFSCA, 2011 à 2016) exprimées en ng/g de produit et limite d'action (LA) proposée	26
Tableau 12. Limites de rapportage pour l'analyse du PFOS et du PFOA dans le cadre du programme de contrôle de l'AFSCA	27
Tableau 13. Limites d'action calculées et limites d'action proposées pour le PFOS dans différentes denrées alimentaires.....	29
Tableau 14. Limites d'action calculées et limites d'action proposées pour le PFOA dans différentes denrées alimentaires.....	29
Tableau 15. Concentration en PFOS ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de produit) dans différentes denrées alimentaires (données AFSCA 2012 à 2016) et limite d'action (LA) proposée	30
Tableau 16. Concentration en PFOA ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de produit) dans différentes denrées alimentaires (données AFSCA 2012 à 2016) et limite d'action (LA) proposée	30
Tableau 17. Teneurs maximales fixées par le Règlement (CE) N°1881/2006 pour les dioxines et PCB de type dioxine dans les denrées alimentaires	32
Tableau 18. Limites d'actions calculées et limites d'actions proposées pour les dioxines et les PCB de type dioxines dans différentes denrées alimentaires	34
Tableau 19. Estimation de l'exposition au benzène par la population belge sur base des teneurs moyennes en benzène rapportées sur la marché belge (source : SciCom 2010)	38
Tableau 20. Limites d'action calculées et proposées pour le benzène dans différentes denrées alimentaires...	39
Tableau 21. Concentration en benzène ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de produit) dans différentes denrées alimentaires (données AFSCA, 2011 à 2016) et limite d'action (LA) proposée	41

Figures

Figure 1. Structure des 3 principaux stéréoisomères du HBCDD (source EFSA, 2011a)	16
Figure 2. Structure chimique générale des PBDE.....	21
Figure 3. Structure chimique des PCDD (A) et des PCDF (B)	31
Figure 4. Structure chimique des PCB	31
Figure 5. Structure chimique du benzène	36

Résumé

Contexte & Question

Il est demandé au Comité scientifique de proposer des limites d'action pour des combinaisons contaminants chimiques / denrées alimentaires sans limite maximale dans la législation afin de donner à l'AFSCA une base scientifique en vue de préserver la sécurité de la chaîne alimentaire.

Plus spécifiquement, il est demandé de proposer des limites d'action pour :

- Les retardateurs de flamme (l'hexabromocyclododécane, HBCDD, et les polybromodiphényléthers, PBDE) dans les produits laitiers (beurre, fromage, ...), le lait, les œufs, les huiles végétales, la viande, les poissons, les aliments pour nourrissons et les compléments alimentaires à base d'huile de poisson ;
- Les composés perfluoroalkylés (le sulfonate de perfluorooctane, PFOS, et l'acide perfluorooctanoïque, PFOA) dans la viande (bœuf, porc, volaille), les ovoproduits destinés à entrer dans la fabrication de denrées alimentaires, le lait cru, les œufs et les poissons (truite, tilapia, plie, raie et cabillaud) ;
- Les dioxines (somme des PCDD/F et PCB de type dioxine) dans le miel, la viande de gibier et de lapin.
- Le benzène dans le café, les huiles végétales, le poisson fumé, les produits à base de viande en conserve, le pâté, le jambon fumé, les céréales pour petit-déjeuner, la salade de viande et de poisson, les boissons non-alcoolisées, les jus de légumes et les arômes utilisés pour la fabrication de denrées alimentaires.

Méthodologie

Le Comité scientifique s'est basé sur une méthodologie décrite dans le document « Inventaire des actions et des limites d'action et proposition d'harmonisation dans le cadre des contrôles officiels – Partie 1 Limites d'action pour les contaminants chimiques » (AFSCA, 2017) pour établir des limites d'action.

Les limites d'action ont été calculées en divisant la valeur toxicologique de référence pour ces substances par la valeur de consommation au 97,5^{ème} percentile pour les denrées alimentaires concernées. La valeur calculée a ensuite été arrondie comme proposé dans un document de l'OCDE (2011), qui concerne l'établissement des limites maximales de résidus (LMR) des pesticides. Alors que le document de l'OCDE propose globalement d'arrondir la LMR des pesticides vers le haut, les limites d'action ont été arrondies dans cet avis en utilisant les règles mathématiques.

Résultats

Les tableaux ci-dessous montrent les limites d'action proposées pour chaque combinaison matrice/paramètre.

1. Hexabromocyclododécane (HBCDD)

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée
Produits laitiers (fromage, ...)	500 (ng/g de graisse)
Lait	400 (ng/g de graisse)
Œufs	3 000

	(ng/g de graisse)
Huiles végétales et beurre	900 (ng/g de graisse)
Viande	1 000 (ng/g de graisse)
Préparations de viande et produits à base de viande (saucisse, jambon, ...)	1 000 (ng/g de graisse)
Compléments alimentaires à base d'huile de poisson	2 000 (ng/g de graisse)
Aliments pour bébés	10 (ng/g de poids à l'état frais)
Poisson	400 (ng/g de poids à l'état frais)

2. Polybromodiphényléthers (PBDE)

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée pour la somme des PBDE
Produits laitiers (fromage, ...)	40 (ng/g de graisse)
Lait	30 (ng/g de graisse)
Œufs	200 (ng/g de graisse)
Huiles végétales et beurre	60 (ng/g de graisse)
Viande	80 (ng/g de graisse)
Préparations de viande et produits à base de viande	80 (ng/g de graisse)
Compléments alimentaires à base d'huile de poisson	100 (ng/g de graisse)
Aliments pour bébés	0,7 (ng/g de poids à l'état frais)
Poisson	30 (ng/g de poids à l'état frais)

3. Sulfonate de perfluorooctane (PFOS)

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée
---------------------------	---------------------------------

Viande	50 (µg/kg)
Lait	6 (µg/kg)
Œufs	100 (µg/kg)
Poissons	150 (µg/kg)

4. Acide perfluorooctanoïque (PFOA)

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée
Viande	500 (µg/kg)
Lait	60 (µg/kg)
Œufs	1 000 (µg/kg)
Poissons	1 500 (µg/kg)

5. Dioxines et PCB de type dioxines

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée pour PCCD/PCDF et PCB-DL
Miel	1 (pg WHO-TEQ/g de poids à l'état frais)
Viande de gibier (y compris lapin sauvage)	10 (pg WHO-TEQ/g de graisse)
Viande de lapin d'élevage	3 (pg WHO-TEQ/g de graisse)

6. Benzène

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée
Café	500 (µg/kg)
Huiles végétales	1 000 (µg/kg)
Poisson fumé	500 (µg/kg)

Produits à base de viande en conserve	150 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Pâté	3 000 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Jambon fumé	400 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Céréales pour petit-déjeuner	200 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Salade de viande	300 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Salade de poisson	200 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Boissons non-alcoolisées	10 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Jus de légumes	30 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Arômes utilisés pour la fabrication de denrées alimentaires.	30 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Conclusions

Le Comité scientifique a proposé des limites d'action pour des combinaisons matrices/paramètres sans limite maximale dans la législation, et en particulier pour les retardateurs de flamme, pour des composés perfluoroalkylés, pour les dioxines, les PCB de type dioxine et le benzène dans différentes denrées alimentaires.

Summary

Advice 15-2017 of the Scientific Committee of the FASFC in regard to action levels for chemical contaminants (flame retardants, alkylperfluorinated compounds, dioxins and dioxin-like PCB) and benzene in foodstuffs.

Background & Terms of reference

The Scientific Committee is requested to propose action limits for certain combinations of chemical contaminants / foodstuffs for which no maximal limits exist in legislation in order to provide the FASFC a scientific basis in view of the protection of the safety of the food chain.

More specifically it is asked to define action limits for:

- flame retardants (hexabromocyclododecane - HBCDD and polybrominated diphenyl ethers - PBDE) in dairy products (butter, cheese, ..), milk, eggs, vegetable oils, meat, fish, foods for infants and in fish oil based food supplements ;
- perfluorinated compounds (Perfluorooctanesulfonic acid - PFOS, Perfluorooctanoic acid – PFOA) in meat (bovine, porc, chicken), in egg products intended for the manufacture of foodstuffs, raw milk, eggs and fish (trout, tilapia, plaice, rays and cod);
- dioxins (the sum of PCCD/F) and dioxin-like PCBs in honey, game meat and rabbit;
- benzene in coffee, vegetable oils, smoked fish, canned meat products, pâté, smoked ham, breakfast cereals, meat and fish salad, non-alcoholic beverages, vegetable juices, and flavorings used in the preparation of foodstuffs.

Methodology

The Scientific Committee has relied on a methodology described in the document "Inventory of actions and action limits and proposal of harmonization in the framework of official controls - Part 1 Action limits for chemical contaminants" (FASFC, 2017) in order to define action limits.

The action limits have been calculated by dividing the toxicological reference value of the compounds by the 97,5th percentile of consumption of the concerned foodstuffs. The calculated values were then rounded as proposed in a document from OEDC (2011) about maximum residue limits (MRL) for pesticides. While the OEDC document proposes globally to round up the MRL values of the pesticides, in this advice action limits are rounded using mathematical rules.

Results

The proposed action limits for each matrix/parameter combination are shown in the tables here-under.

1. Hexabromocyclododecane (HBCDD)

Foodstuff	Proposed action limit
Dairy products (cheese, ...)	500 (ng/g fat)
Milk	400 (ng/g fat)
Eggs	3 000 (ng/g fat)

Vegetable oils and butter	900 (ng/g fat)
Meat	1 000 (ng/g fat)
Meat preparations and meat based products (sausages, ham, ...)	1 000 (ng/g fat)
Fish oil based food supplements	2 000 (ng/g fat)
Food for infants	10 (ng/g wet weight)
Fish	400 (ng/g wet weight)

2. Polybrominated diphenyl ethers (PBDE)

Foodstuff	Proposed action limit for the sum of PBDE
Dairy products (cheese, ...)	40 (ng/g fat)
Milk	30 (ng/g fat)
Eggs	200 (ng/g fat)
Vegetable oils and butter	60 (ng/g fat)
Meat	80 (ng/g fat)
Meat preparations and meat based products	80 (ng/g fat)
Fish oil based food supplements	100 (ng/g fat)
Food for infants	0,7 (ng/g wet weight)
Fish	30 (ng/g wet weight)

3. Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)

Foodstuff	Proposed action limit
Meat	50 (µg/kg)
Milk	6 (µg/kg)
Eggs	100 (µg/kg)

Fish	150 (µg/kg)
------	----------------

4. Perfluorooctanoic acid (PFOA)

Foodstuff	Proposed action limit
Meat	500 (µg/kg)
Milk	60 (µg/kg)
Eggs	1 000 (µg/kg)
Fish	1 500 (µg/kg)

5. Dioxins and dioxine-like PCBs

Foodstuff	Proposed action limit for PCCD/PCDF and PCB-DL
Honey	1 (pg WHO-TEQ/g wet weight)
Game meat (including wild rabbit)	10 (pg WHO-TEQ/g fat)
Rabbit meat	3 (pg WHO-TEQ/g fat)

6. Benzene

Foodstuff	Proposed action limit
Coffee	500 (µg/kg)
Vegetable oils	1 000 (µg/kg)
Smoked fish	500 (µg/kg)
Canned meat products	150 (µg/kg)
Pâté	3 000 (µg/kg)
Smoked ham	400 (µg/kg)
Breakfast cereals	200 (µg/kg)

Meat salad	300 (µg/kg)
Fish salad	200 (µg/kg)
Non-alcoholic beverages	10 (µg/kg)
Vegetable juices	30 (µg/kg)
Flavorings used in the preparation of foodstuffs	30 (µg/kg)

Conclusions

The Scientific Committee has proposed action limits for matrix/parameter combinations without maximal limits in legislation, and in particular for flame retardants, alkylperfluorinated compounds, dioxins and dioxin-like PCB and benzene in different foodstuffs.

1. Termes de référence

1.1. Question

Il est demandé au Comité scientifique de proposer des limites d'action pour des combinaisons contaminants chimiques / denrées alimentaires sans limite maximale dans la législation afin de donner à l'AFSCA une base scientifique en vue de préserver la sécurité de la chaîne alimentaire.

Plus spécifiquement, il est demandé de proposer des limites d'action pour :

- les retardateurs de flamme (l'hexabromocyclododécane, HBCDD, et les polybromodiphényléthers, PBDE) dans les produits laitiers (beurre, fromage, ...), le lait, les œufs, les huiles végétales, la viande, les poissons, les aliments pour nourrissons et les compléments alimentaires à base d'huile de poisson ;
- les composés perfluoroalkylés (le sulfonate de perfluorooctane, PFOS, et l'acide perfluorooctanoïque, PFOA) dans la viande (bœuf, porc, volaille), les ovoproduits destinés à entrer dans la fabrication de denrées alimentaires, le lait cru, les œufs et les poissons (truite, tilapia, plie, raie et cabillaud) ;
- les dioxines (somme des PCDD/F et PCB de type dioxines) dans le miel, la viande de gibier et de lapin ;
- le benzène dans le café, les huiles végétales, le poisson fumé, les produits à base de viande en conserve, le pâté, le jambon fumé, les céréales pour petit-déjeuner, la salade de viande et de poisson, les boissons non-alcoolisées, les jus de légumes et les arômes utilisés pour la fabrication de denrées alimentaires.

1.2. Dispositions législatives

Arrêté royal du 8 février 1999 concernant les eaux minérales naturelles et les eaux de source.

Arrêté royal du 14 janvier 2002 relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine qui sont conditionnées ou qui sont utilisées dans les établissements alimentaires pour la fabrication et/ou la mise dans le commerce de denrées alimentaires.

Règlement (CE) N° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

Recommandation de la Commission du 16 novembre 2006 relative au contrôle des niveaux de fond des dioxines, des PCB de type dioxine et des PCB autres que ceux de type dioxine dans les denrées alimentaires.

Règlement (CE) N° 1333/2008 du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2008 sur les additifs alimentaires.

Recommandation de la Commission du 17 mars 2010 relative à la surveillance des substances perfluoroalkylées dans les denrées alimentaires.

Recommandation de la Commission du 3 mars 2014 relative à la surveillance des traces de retardateurs de flamme bromés dans les denrées alimentaires.

Règlement (UE) n °589/2014 de la Commission du 2 juin 2014 portant fixation des méthodes de prélèvement et d'analyse d'échantillons à utiliser pour le contrôle des teneurs en dioxines, en PCB de type dioxine et en PCB autres que ceux de type dioxine de certaines denrées alimentaires et abrogeant le règlement (UE) n ° 252/2012

1.3. Méthodologie

Cet avis est fondé sur une méthodologie mentionnée dans le document « Inventaire des actions et des limites d'action et proposition d'harmonisation dans le cadre des contrôles officiels – Partie 1 Limites d'action pour les contaminants chimiques » (AFSCA, 2017), l'opinion d'experts et des données disponibles dans la littérature scientifique.

2. Définitions & Abréviations

BMD (BenchMark Dose) : La « benchmark dose » est un point de référence standardisé obtenu par modélisation mathématique à partir de données provenant d'expériences sur animaux ou d'études sur l'homme (cliniques ou épidémiologiques). La BMD estime la dose induisant une réponse faible mais mesurable (généralement de 1 à 10% d'incidence par rapport au contrôle) (EFSA,2005).

BMDL (BenchMark Dose Lower confidence limit) : Ce paramètre représente la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95% (en mode unilatéral) de la BMD (EFSA, 2005). Pour les composés cancérogènes, la **BMDL₁₀** est la plus petite dose qui, avec une probabilité de 95%, causera une augmentation de l'incidence des cas de cancer de maximum 10% (EFSA, 2005).

D_{r,h} (Chronic human dietary intake). Estimation de l'exposition humaine chronique par ingestion (exprimée en quantité par kilo de poids corporel et par jour), calculée à partir de données toxicologiques obtenues sur modèle animal (rongeurs). Il s'agit de l'apport alimentaire chez l'homme qui est associé à la charge corporelle correspondant à la BMDL déterminée sur animaux. Le calcul de la D_{r,h} prend en compte, d'une part, la fraction de l'apport quotidien qui est absorbée dans le corps (biodisponibilité) et, d'autre part, la constante de vitesse pour l'élimination de ces composés du corps (EFSA, 2011a).

Dose journalière tolérable (DJT) - Tolerable daily intake (TDI) : La dose journalière tolérable est définie comme la quantité d'un composé donné, exprimée par kilogramme de poids corporel, qui peut être ingérée quotidiennement pendant une vie entière sans que cela ne génère de problèmes de santé. La DJT (TDI) est utilisée pour les contaminants (SciCom, 2005).

MoE : la MoE est le rapport entre un certain point sur la courbe dose-réponse (NOAEL, BMD, BMDL₁₀, T25) et l'exposition. La MoE donne une indication de l'importance possible du risque : plus grande est la MoE, plus petit est le risque associé à l'exposition au composé en question (EFSA, 2005).

NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) : la dose sans effet néfaste observable (exprimée en mg/kg de poids corporel par jour) est la plus grande concentration ou quantité d'une substance trouvée via des expériences ou une observation qui n'entraîne pas de modifications néfastes de la morphologie,

de la capacité fonctionnelle, de la croissance, du développement ou de la durée de vie des organismes cibles dans des conditions d'exposition minutieusement définies (SciCom, 2005).

Lower bound (LB): Dans un scénario 'LB' de l'estimation de l'exposition il est supposé que le contaminant est effectivement absent dans les échantillons lorsque le résultat d'analyse est inférieur à la limite de détection (LOD) ou à la limite de quantification (LOQ). Le résultat d'analyse est alors considéré comme égal à zéro.

Upper bound (UB): Dans un scénario 'UB' de l'estimation de l'exposition, pour les échantillons où le résultat d'analyse est inférieur à la limite de détection (LOD) ou la limite de quantification (LOQ), il est supposé que le contaminant est présent à une concentration égale à la limite de détection ou la limite de quantification, respectivement.

Vu les discussions durant les réunions du groupe de travail du 13 janvier 2017, du 23 février 2017, du 2 mai 2017 et les discussions lors de la séance plénière du 28 avril, du 19 mai et du 16 juin 2017,

Le Comité scientifique émet l'avis suivant:

3. Introduction générale

Il est demandé de proposer des limites d'action pour les retardateurs de flamme (l'hexabromocyclododécane, HBCDD, et les polybromodiphényléthers, PBDE), les composés perfluoroalkylés (le sulfonate de perfluorooctane, PFOS, et l'acide perfluorooctanoïque, PFOA), les dioxines et PCB de type dioxine, et le benzène dans différentes denrées alimentaires afin de donner à l'AFSCA une base scientifique en vue de préserver la sécurité de la chaîne alimentaire.

4. Méthodologie

Le Comité scientifique propose des limites d'action sur base de la méthodologie mentionnée au point 5.14 « Couple paramètre-matrice alimentaire sans normes » du document « Inventaire des actions et des limites d'action et proposition d'harmonisation dans le cadre des contrôles officiels – Partie 1 Limites d'action pour les contaminants chimiques » (AFSCA, 2017 <http://www.favv-afsca.fgov.be/publicationsthematiques/inventaire-actions.asp>)

La formule proposée pour la fixation d'une limite d'action (LA) est la suivante:

$$LA = \text{valeur toxicologique de référence} / \text{consommation au } 97,5^{\text{ème}} \text{ percentile.}$$

Le calcul de la consommation alimentaire est réalisé sur base :

- des données de consommation de l'enquête alimentaire belge effectuée en 2014 par l'ISP au sein de la population belge âgée de 3 à 64 ans. Les données ont été consultées dans le système de classification FoodEx 2 (version 2, 30 Avril, 2015; Brocatus *et al.*, 2016) de l'Agence Européenne de Sécurité Alimentaire (EFSA). FoodEx est un système hiérarchique de classification et une description normalisée

des aliments développé par l'EFSA. Le système FoodEx est basé sur 20 catégories principales de denrées alimentaires qui sont ensuite divisées en sous-groupes jusqu'à un niveau de 4 (EFSA, 2011b). Cette classification est avant tout utilisée pour l'évaluation de l'exposition à des dangers via l'alimentation.

- des données de consommation de l'enquête alimentaire belge effectuée en 2004 par l'ISP au sein de la population belge âgée de 15 ans et plus (étude 'Diet-National_2004') ainsi que les données de consommation des jeunes enfants flamands d'âge préscolaire (2,5 - 6,5 ans) (étude 'FPDS_1') qui sont reprises dans la base de données de l'EFSA (the EFSA Comprehensive European Food Consumption Database), publiquement disponible sur le site web de l'EFSA (<http://www.efsa.europa.eu/fr/datexfoodcdb/datexfooddb.htm>).

Les limites d'action ont été calculées par divisant la valeur toxicologique de référence pour le contaminant chimique par le percentile 97,5^{ième} de la consommation des différentes matrices. La limite d'action proposée est obtenue après application des règles mathématiques de l'arrondi à la limite d'action calculée et en se référant aux valeurs mentionnées dans un document de l'OCDE (2011). Les valeurs suivantes sont appliquées :

- 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, ...
- 1, 1.5, 2, 3, 4, 5 ...
- 10, 15, 20, 30, 40, ...
- 100, 150, 200, 300, 400...
- 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, ...

5. Évaluation du risque et proposition de limites d'action pour les retardateurs de flamme

5.1. L'hexabromocyclododécane (HBCDD)

5.1.1. Évaluation des risques de l'hexabromocyclododécane (HBCDD)

5.1.1.1. Identification du danger

Le 1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododécane (HBCDD) est un additif des retardateurs de flamme principalement appliqué dans le polystyrène extrudé et expansé utilisé comme matériaux de construction et d'emballage et dans les textiles (EFSA, 2011a). Il possède trois stéréoisomères : le alpha-HBCDD, le beta-HBCDD et le gamma-HBCDD (Figure 1). Le HBCDD est un polluant organique persistant qui peut être transporté sur de longues distances par voie atmosphérique, adsorbé à des particules en suspension.

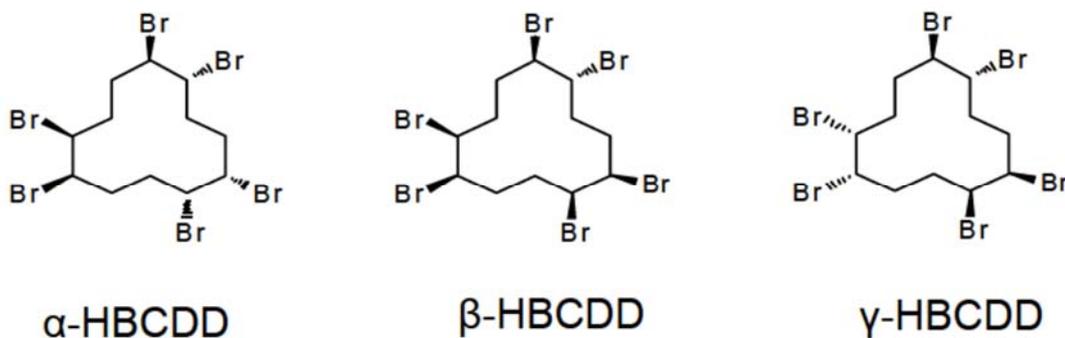


Figure 1. Structure des 3 principaux stéréoisomères du HBCDD (source EFSA, 2011a)

Les méthodes analytiques permettent actuellement la séparation chromatographique et la détermination de tous les stéréoisomères du HBCDD. Ces méthodes sont basées sur la chromatographie liquide en phase inverse. Les stéréoisomères du HBCDD peuvent également être analysés par chromatographie en phase gazeuse. Cependant, cette méthode ne permet pas la séparation de tous les stéréoisomères (Covaci et al, 2006 & 2007 ; EFSA, 2011a). La limite de rapportage de l'HBCDD par un laboratoire réalisant les analyses dans le cadre du programme de contrôle de l'AFSCA est de 3 100 pg/g de graisse (méthode analytique : GC-HRMS).

Il n'existe pas de norme au niveau européen concernant ces composés dans les denrées alimentaires.

5.1.1.2. Caractérisation du danger

Les données toxicologiques disponibles suggèrent que le HBCDD administré par voie orale est facilement absorbé et rapidement distribué dans les différents tissus. La débromination et l'hydroxylation semblent être les voies métaboliques principales pour le HBCDD.

Le foie, la thyroïde, les systèmes reproductrices, nerveux et immunitaires sont les organes cibles.

La toxicité aiguë du HBCDD est faible. Les études disponibles indiquent que le HBCDD n'est pas génotoxique ni carcinogène.

Sur base des effets neuro-développementaux sur le comportement chez la souris, le CONTAM panel de l'EFSA (2011a) a dérivé une valeur BMDL₁₀ de 0,93 mg/kg pc pour le HBCDD. Cette valeur a été utilisée comme point de référence pour la caractérisation du danger. Du fait que la cinétique d'élimination du HBCDD entre les animaux d'expérience et l'homme diffère, la dose externe du HBCDD associée aux effets toxiques chez les animaux ne peut pas être simplement extrapolée pour l'évaluation des risques chez l'homme. La dose interne ou le body burden fournissent une dose métrique plus appropriée pour la comparaison directe entre les effets chez l'homme et les animaux. Considérant une absorption orale chez les rongeurs de 85%, le CONTAM panel (EFSA, 2011a) a converti la BMDL₁₀ en une D_{r,h} de 0,003 mg/kg pc (ingestion alimentaire humaine chronique estimée). Ce paramètre est calculé en tenant compte à la fois de la fraction de l'exposition journalière qui est absorbée par le corps et de sa cinétique d'élimination du corps.

$$D_{r,h} = (BB_a \times k_{el,h}) / F_{obs,h}$$

Où :

- BB_a (Body burden in the experimental animal) ; charge corporelle chez l'animal de laboratoire exprimée en quantité/kg pc ;
- K_{el,h} (Rate constant for the elimination from the human body) ; taux d'élimination constant dans le corps humain. Il correspond au $\ln(2/t_{1/2})$ où t_{1/2} est le temps de demi-vie du composé dans le corps humain ;
- F_{obs,h} (Fraction of the chemical in food which is absorbed into the human body) ; fraction de l'exposition qui est réellement absorbée par le corps humain exprimée sans dimension. Le taux d'absorption est considéré égal à 1 lorsque pas ou peu de données sont disponibles ;

5.1.1.3. Occurrence et estimation de l'exposition

L'ingestion journalière moyenne 'middle bound' de HBCDD par la population belge a été estimée à 0,99 ng/kg pc/jour (Gosciny et al., 2011).

L'exposition alimentaire moyenne a été estimée par l'EFSA (2011a) entre 0,15 (minimum LB) et 1,85 (maximum UB) ng/kg pc/jour pour les enfants de 3 à 10 ans. L'exposition alimentaire pour les adultes est de 0,09 (minimum LB) et 0,99 (maximum UB) ng/kg pc/jour. Les niveaux d'exposition alimentaire au P95 via les études alimentaires varient de 0,80 (minimum LB) à 4,46 (maximum UB) ng/kg pc/jour pour les enfants et de 0,39 (minimum LB) à 2,07 (maximum UB) ng/kg pc/jour pour les adultes.

5.1.1.4. Caractérisation des risques

L'exposition alimentaire maximale (UB) et au P95 déterminée par l'EFSA (2011a) conduit à des MoE de 3.030 et 1.450, respectivement. Pour les enfants de 3 à 10 ans, la MoE est de 1 600 et 700 pour une consommation moyenne et élevée (au P95), respectivement.

Tableau 1. Caractérisation du risque pour HBCDD (EFSA, 2011a)

Ingestion (exprimée en ng/kg pc/jr)		MoE (D _{r,h} = 3µg/kg pc/jr)	
LB	UB	LB	UB
Consommation moyenne des adultes (EU)			
0.09	0.99	33300	3030
Consommation au P95 des adultes (EU)			
0.39	2.07	7690	1450

Consommation moyenne des jeunes enfants EU (1-3 ans)			
0.15	1.85	20000	1600
Consommation au P95 des jeunes enfants EU (1-3 ans)			
0.80	4.46	3750	700
MoE LB = Dr,h/Ingestion LB		MoE UB = Dr,h/Ingestion UB	

Selon le panel CONTAM, une MoE supérieure à 8 n'est pas une préoccupation pour la santé (EFSA, 2011a).

Sur base des MoEs calculées par l'EFSA pour différents groupes de la population, l'exposition alimentaire au HBCDD dans l'Union Européenne n'est pas préoccupante pour la santé.

5.1.2. Proposition de limites d'action pour le HBCDD

Les limites d'action (LA) pour le HCBDD dans différentes denrées alimentaires ont été calculées en appliquant la formule suivante (AFSCA, 2014):

$$LA = \text{valeur toxicologique de référence} / \text{consommation au } 97,5^{\text{ème}} \text{ percentile}$$

où la valeur utilisée pour la valeur toxicologique de référence est la $D_{r,h}$ de $3\mu\text{g/kg pc/jr}$ divisée par 8 (valeur minimale acceptable de la MoE pour éviter un problème potentiel de santé (EFSA, 2011a)).

Les données de consommation sont choisies de manière à prendre en compte le groupe de consommateurs le plus important pour la denrée alimentaire (ou catégorie de produits alimentaires) considérée.

Les limites d'action proposées sont exprimées en ng/g de graisse étant donné qu'il s'agit de composés lipophiles (Tableau 2). Elles sont déterminées sur base d'une teneur standard de graisse dans la matrice : soit 25% pour produits laitiers (beurre et lait non compris), 3,5 % pour le lait, 10% pour les œufs et la viande fraîche et 15% pour les préparations de viande et produits à base de viande (saucisse, jambon, ...).

Tableau 2. Limites d'action pour HBCDD dans différentes denrées alimentaires (exprimées par rapport à la matière grasse)

Denrée alimentaire	Source des données de consommation	Consommation P97,5 (g/kg pc/jour)	LA calculée pour HBCDD (ng/g de produit)	LA calculée pour HBCDD (ng/g de graisse)	LA proposée pour HBCDD (ng/g de graisse)
Produits laitiers (fromage, ...)	Fromage - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	2,82	133	531	500
Lait	Lait, petit lait et crème - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	25,33	15	423	400

Œufs	Œufs préparés - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	1,20	312	3 117	3 000
Huiles végétales et beurre	Graisses/huiles animales et végétales - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	0,40	945	945	900
Viande	Viande mammifère et volaille - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	3,09	121	1 213	1 000
Préparations de viande et produits à base de viande (saucisse, jambon, ...)	Saucisse - Foodex2, BE: enfants de 3 à 9 ans	2,14	175	1 168	1 000
Compléments alimentaires à base d'huile de poisson	EFSA 2011a avis HBCDD	0,21*	1750	1750	2 000

* correspond à 100% de la dose recommandée la plus élevée pour compléments alimentaires (15 g sous forme liquide).

Cependant, dans le cas des aliments pour bébés et les poissons, les limites d'action sont exprimées en ng/g de produit frais (Tableau 3), par analogie avec la législation relative aux dioxines et PCB, qui prévoit l'expression des résultats dans ces unités pour ces denrées. De plus, il n'est pas possible de fixer une teneur standard en graisse comme c'est le cas pour les autres denrées.

Tableau 3. Limites d'action pour HBCDD dans les aliments pour bébés et les poissons (exprimées par rapport au produit frais)

Denrée alimentaire	Source des données de consommation	Consommation P97,5 (g/kg pc/jour)	LA calculée pour HBCDD (ng/g de poids à l'état frais)	LA proposée pour HBCDD (ng/g de poids à l'état frais)
Aliments pour bébés	Food for infants and small children - EFSA, BE: Toddlers	35,14	11	10

Poisson	Poisson - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	0,98	383	400
---------	---	------	-----	-----

5.1.3. Comparaison des limites d'action proposées avec les données disponibles de l'AFSCA

Les tableaux 4 et 5 permettent de comparer les limites d'action proposées avec les données de contamination de l'AFSCA (2011 – 2016) exprimées respectivement en ng/g de graisse et en ng/g de produit frais. Il en ressort que les limites d'action proposées sont supérieures aux teneurs maximales disponibles dans la base de données de l'AFSCA sauf pour les aliments pour bébés.

Tableau 4. Données de contamination des denrées alimentaires par le HBCDD (AFSCA, 2011 à 2016) exprimées en ng/g de graisse et limite d'action (LA) proposée

PARAMÈTRE	MIN	MAX	MED	n	LA (ng/g graisse)
Produits laitiers	2,9	7,8	3,2	39	500
Lait	2,8	42	3,15	10	400
Œufs	3,1	6,3	3,75	4	3 000
Huiles végétales	2,8	5,2	3,1	38	900
Viande	2,3	85	3,2	30	1 000
Compléments alimentaires à base d'huile de poisson	2,9	8,1	3,1	7	2 000

Tableau 5. Données de contamination des denrées alimentaires par le HBCDD (AFSCA, 2011 à 2016) exprimées en ng/g de produit et limite d'action (LA) proposée

PARAMÈTRE	MIN	MAX	MED	n	LA (ng/g de poids à l'état frais)
Aliments pour bébés	*nd	13,0	3,1	27	10
Poissons	0,3	82,0	3,1	11	400

*nd (non détecté)

5.2. Les polybromodiphényléthers (PBDE)

5.2.1. Evaluation des risques des polybromodiphényléthers (PBDE)

5.2.1.1. Identification du danger

Les polybromodiphényléthers (polybrominated diphenyl ether, PBDE) sont des additifs utilisés dans les plastiques, les textiles, les moulages et les circuits (EFSA, 2011c). Ils constituent une classe d'hydrocarbures bromés dont la structure est constituée de deux noyaux phényles liés par un atome d'oxygène. Au total, il existe 209 composés PBDE qui diffèrent par le nombre et la position des atomes de brome sur les deux noyaux phényles (Figure 2).

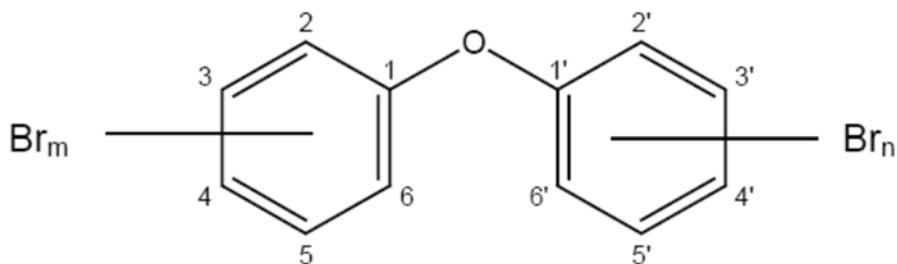


Figure 2. Structure chimique générale des PBDE

Sur base de la composition des mélanges techniques de PBDE, l'occurrence dans l'environnement et dans les denrées alimentaires, le CONTAM panel de l'EFSA considère que les 8 congénères suivants sont d'un intérêt principal et sont pertinents pour l'étude de l'exposition alimentaire aux PBDE (EFSA, 2011c) : BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153, BDE-154, BDE-183 et BDE-209¹. En général, les congénères PBDE sont persistants et bioaccumulables. La bioaccumulation des congénères dépend de la nature chimique de l'espèce considérée.

L'analyse des PBDE comprend une première étape d'extraction suivie d'une étape de purification. L'analyse des PBDE est réalisée en chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse à ionisation négative de capture d'électrons (GC/ECNI-MS) ou en chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse à haute résolution (GC-HRMS) (Covaci et al., 2003 & 2008; van Leeuwen and de Boer, 2008). Cette dernière méthode est utilisée par le laboratoire impliqué dans le programme de contrôle de l'AFSCA. Les valeurs des limites de rapportage (Limite de quantification, LOQ) pour les congénères PBDE d'intérêt sont reprises dans la tableau 6.

Tableau 6. Limites de quantification pour l'analyse des PBDE dans le cadre du programme de contrôle de l'AFSCA.

Congénères PBDE	LOQ (exprimée en pg de PBDE/g de graisse)
BDE-28	130
BDE-47	260
BDE-99	130
BDE-100	130
BDE-153	130
BDE-154	630
BDE-183	130
BDE-197	130
BDE-207	250
BDE-209	2500

Il n'existe pas de norme au niveau européen pour les PBDE dans les denrées alimentaires.

5.2.1.2. Caractérisation du danger

¹ Selon la Recommandation de la Commission du 3 mars 2014 sur la surveillance des traces de retardateurs de flamme bromés dans les denrées alimentaires, il est demandé d'analyser, en outre, les BDE-49 (n° CAS 243982-82-3), BDE-138 (n° CAS 67888-98-6) mais ces congénères ne sont pas intégrés dans le présent avis par manque d'information les concernant.

Les PBDE ont des effets toxiques principalement ciblés sur la thyroïde, le foie et les systèmes reproducteur et nerveux.

Les études de génotoxicité disponibles indiquent que les PBDE n'induisent pas directement de mutations génétiques, mais peuvent provoquer des lésions à l'ADN par l'induction de dérivés réactifs à l'oxygène.

Parmi les huit congénères de PBDE considérés par le panel CONTAM (EFSA, 2011c), des données pertinentes sur la toxicité ne sont disponibles que pour les espèces BDE-47, BDE-99, BDE-153 et BDE-209. En effet, sur base de l'étude des effets sur le développement neurologique affectant le comportant chez la souris comme point critique, le panel CONTAM a établi les valeurs de BMDL₁₀ suivantes : 309 µg/kg pc pour BDE-47, 12 µg/kg pc pour BDE-99, 83 µg/kg pc pour BDE-153 et 1 700 µg/kg pc pour BDE-209 (EFSA, 2011c). Par conséquent, une évaluation des risques ne pourra être effectuée que pour ces quatre congénères individuels de PBDE.

Cependant, l'EFSA (2011c) a jugé que l'utilisation de ces valeurs de BMDL₁₀ n'était pas pertinente pour le calcul de la marge d'exposition pour l'homme (Margin of Exposure, MoE). En effet, les incertitudes autour de ces valeurs de BMDL₁₀ sont trop importantes. Dès lors, l'EFSA (2011c) propose l'utilisation d'une autre valeur de référence toxicologique pour le calcul de la MoE qui correspond à l'exposition chronique par ingestion pour un individu de poids moyen (chronic human daily dietary intake, D_{r,h}), exprimée en quantité de contaminant/kg pc/jour.

Les valeurs de D_{r,h} établies par l'EFSA (2011c) s'élèvent à 172 ng/kg pc /jr, 4,2 ng/kg pc/jr et 9,6 ng/kg pc/jr pour BDE-47, BDE-99 et BDE-153 respectivement. Pour le BDE-209, la D_{r,h} ne peut être dérivée par absence de valeur connue de la charge corporelle correspondant à la BMDL₁₀.

5.2.1.3. Occurrence et estimation de l'exposition

D'après une étude consacrée à l'exposition alimentaire en Belgique (Voorspoels et al, 2007), les estimations de l'ingestion des PBDE basées sur la consommation alimentaire moyenne sont comprises entre 23 et 48 ng/personne/jr (limite inférieure et supérieure) pour la somme de 7 BDE (28, 47, 99, 100, 153, 154 et 183).

Pour l'ensemble de l'Europe, d'après l'EFSA (2011c), l'exposition alimentaire la plus élevée aux PBDE est due aux congénères BDE-47 et BDE-209. En effet, pour les consommateurs moyens des pays européens, la fourchette d'exposition par ingestion de ces deux composés varie de 0,29 à 1,91 ng/kg pc/jr et de 0,35 à 2,82 ng/kg pc/jr pour le BDE-47 et le BDE-209 respectivement, tandis qu'elle varie de 0,11 à 0,65 ng/kg pc/jr pour le BDE-99 et de 0,03 à 0,42 ng/kg pc/jr pour le BDE-153. La tendance observée est la même en ce qui concerne les grands consommateurs des pays européens (95^{ème} percentile) : l'exposition alimentaire varie de 1,1 à 4,51 ng/kg pc/jr et de 0,7 et 4,58 ng/kg pc/jr pour le BDE-47 et le BDE-209 respectivement, contre 0,30 à 1,07 ng/kg pc/jr pour le BDE-99 et 0,07 à 0,67 ng/kg pc/jr pour le BDE-153.

L'exposition des enfants, quant à elle, a été estimée pour différentes tranches d'âge entre 1 et 18 ans avec un scénario de consommation moyenne ou élevée. C'est pour la tranche d'âge de 1 à 3 ans que l'exposition est la plus élevée avec, pour le scénario de consommation moyenne, des valeurs (ng/kg pc/jr) allant de 1,04 à 6,40 pour le BDE-47, de 0,80 à 9,69 pour le BDE-209, de 0,58 à 2,99 pour le BDE-99 et de 0,09 à 1,62 pour le BDE-153. Dans le cas du scénario de forte consommation, les valeurs sont comprises entre 4,44 et 16,6 pour le BDE-47, 2,9 et 17,6 pour le BDE-209, 1,36 et 6,16 pour le BDE-99 et 0,2 et 3,18 pour le BDE-153.

5.2.1.4. Caractérisation des risques

Pour le BDE-209, il n'a pas été possible de dériver la charge corporelle correspondant au BMDL₁₀ et par voie de conséquence, la D_{r,h}. Toutefois, vu la valeur très élevée de la BMDL (1 700 000 ng/kg pc/j), les valeurs de MoE sont de toute façon très élevées (> 10 000) (résultats non montrés) et il n'est pas jugé nécessaire de procéder à la caractérisation du risque via l'ingestion journalière chronique associée à la charge corporelle correspondant à la BMDL₁₀.

Pour BDE-47 et BDE-153, la MoE entre l'ingestion associée à la charge corporelle correspondant au BMDL₁₀ et l'ingestion alimentaire estimée pour les différents groupes de population indiquent que l'exposition alimentaire actuelle à ces PBDE est peu susceptible de soulever un problème de santé (MoE > 2.5) (EFSA, 2011c). Les MoE pour le BDE-99 pour les jeunes enfants (1-3 ans) sont de 1,4 et 0,7 pour une exposition moyenne et élevée (valeurs UB), respectivement. Ces MoE indiquent un problème potentiel de santé pour l'exposition au BDE-99.

Tableau 7. Caractérisation du risque pour les BDE-47, BDE-99 et BDE-153 (EFSA, 2011c)

Congénère BDE	Ingestion (exprimée en ng/kg pc/jr)		D _{r,h} (exprimée en ng/kg pc/jr)	MoE	
	LB	UB		LB	UB
Consommation moyenne en UE (adultes)					
47	0,29	1,91	172	593	90
99	0,11	0,65	4,2	38	6
153	0,03	0,42	9,6	320	23
Consommation au P95 en UE (adultes)					
47	1,1	4,51	172	156	38
99	0,3	1,07	4,2	14	4
153	0,07	0,67	9,6	137	14
Consommation moyenne des jeunes enfants en UE (1-3 ans)					
47	1,04	6,4	172	165	27
99	0,58	2,99	4,2	7,2	1,4
153	0,09	1,62	9,6	107	5,9
Consommation forte des jeunes enfants en UE (1-3 ans)					
47	4,44	15,6	172	39	11
99	1,36	6,16	4,2	3,1	0,7
153	0,2	3,18	9,6	48	3,0
MoE LB = D _{r,h} /Ingestion LB MoE UB = D _{r,h} /Ingestion UB					

5.2.2. Propositions de limites d'action pour les PBDE

Tout d'abord, les limites d'action (LA) pour le BDE-99 dans différentes denrées alimentaires ont été calculées en appliquant la formule suivante (AFSCA, 2014) :

$$LA = VTR / \text{Consommation au P97,5}^{\text{ième}} \text{ percentile}$$

où :

- LA = Limite d'action (exprimée en µg de contaminant/kg de denrée alimentaire) ;
- VTR = Valeur toxicologique de référence qui correspond à la D_{r,h} du BDE-99 (= 1,68), soit 4,2 ng/kg pc/jr divisée par 2,5 (valeur minimale acceptable de la MoE pour éviter un problème potentiel de santé (EFSA, 2011c) ;

- Consommation P97,5 = Consommation de la denrée alimentaire au 97,5^{ème} percentile (exprimée en g de denrée alimentaire/kg pc/jr).

Les données de consommation sont choisies de manière à prendre en compte le groupe de consommateurs le plus important pour la denrée alimentaire (ou catégorie de produits alimentaires) considérée.

Les limites d'action proposées sont d'abord exprimées en ng BDE-99/g de graisse étant donné qu'il s'agit de composés lipophiles (Tableau 8). Elles sont déterminées sur base d'une teneur standard de graisse dans la matrice : soit 25% pour produits laitiers (beurre et lait non compris), 3,5 % pour le lait, 10% pour les œufs et la viande et 15% pour les préparations de viande et produits à base de viande (saucisse, jambon, ...).

Ensuite, la valeur de limite d'action proposée en ng Σ PBDE/g de graisse est déterminée en prenant en considération la fraction pondérale que représente le BDE-99 par rapport à la somme des 8 PBDE considérés par l'EFSA. Ce facteur peut être estimé à 15 sur base des teneurs moyennes en 8 congénères déterminées dans les poissons gras (EFSA, 2011c).

Tableau 8. Limites d'action (exprimées par rapport à la matière grasse) pour les PBDE dans différentes denrées alimentaires

Denrée alimentaire	Source des données de consommation	Consommation P97,5 (g/kg pc/jour)	LA calculée pour BDE-99 (ng/g de produit)	LA calculée pour BDE-99 (ng/g de graisse)	LA calculée pour la somme des PBDE (ng/g de graisse)	LA proposée pour la somme des PBDE (ng/g de graisse)
Produits laitiers (fromage, ...)	Fromage - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	2,82	0,596	2,38	35,7	40
Lait	Lait, petit lait et crème - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	25,3	0,07	1,90	28,4	30
Œufs	Œufs préparés - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	1,20	1,397	14	209	200
Huiles végétales et beurre	Graisses/huiles animales et végétales - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	0,40	4,232	4,23	63	60
Viande	Viande mammifère et	3,09	0,543	5,43	81,50	80

	volaille - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans					
Préparations de viande et produits à base de viande	Saucisse - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	2,14	0,785	5,23	78,50	80
Compléments alimentaires à base d'huile de poisson	Avis EFSA (2011c)	0,21*	7,84	7,84	118	100

* correspond à 100 % de la dose journalière recommandée la plus élevée pour certains compléments alimentaires (15 g par personne)

Cependant, dans le cas des aliments pour bébés et les poissons, les limites d'action sont exprimées en ng/g de produit frais (Tableau 9) par analogie avec la législation relative aux dioxines et PCB, qui prévoit l'expression des résultats dans ces unités pour ces denrées. De plus, il n'est pas possible de fixer une teneur standard en graisse comme c'est le cas pour les autres denrées.

Tableau 9. Limites d'action pour les PBDE dans les aliments pour bébés et les poissons (exprimées par rapport au produit frais)

Denrée alimentaire	Source des données de consommation	Consommation P97,5 (g/kg pc/jour)	LA calculée pour le BDE-99 (ng/g de poids à l'état frais)	LA calculée pour la somme des PBDE (ng/g de poids à l'état frais)	LA proposée pour la somme des PBDE (ng/g de poids à l'état frais)
Aliments pour bébés	Food for infants and small children - EFSA, BE: Toddlers	35,14	0,048	0,717	0,7
Poisson	Poisson - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	0,98	1,71	25,6	30

5.2.3. Comparaison des limites d'action proposées avec les données disponibles de l'AFSCA

Les tableaux 10 et 11 permettent de comparer les limites d'action proposées avec les données de contamination de l'AFSCA exprimées respectivement en ng/g de produit et en ng/g de graisse.

Tableau 10. Données de contamination des denrées alimentaires par les PBDE* (AFSCA, 2011 à 2016) exprimées en ng/g de graisse et limite d'action (LA) proposée

PBDE*	MIN	MAX	MED	n	LA (ng/g de graisse)
Produits laitiers	3,1	7,0	4,3	18	40
Lait	0,7	4,6	4,3	16	30
Huiles végétales	0,2	4,7	4,2	15	60
Œufs	0,2	89,2	3,8	17	200
Viande	2,0	41,8	4,3	19	80
Compléments alimentaires à base d'huile de poisson	1,4	5,5	4,4	14	100

*Somme des BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183, 197, 207 et 209

Tableau 11. Données de contamination des denrées alimentaires par les PBDE* (AFSCA, 2011 à 2016) exprimées en ng/g de produit et limite d'action (LA) proposée

PBDE*	MIN	MAX	MED	n	LA (ng/g de poids à l'état frais)
Aliments pour bébés	0,042	0,103	0,043	13	0,7
Poissons	0,047	634,0	0,430	15	30

*Somme des BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183, 197, 207 et 209

Il ressort de cette comparaison que les teneurs en PBDE sont toujours en dessous des LA proposées (tant en ng/g de produit qu'en ng/g de graisse) sauf pour un seul échantillon du paramètre « poisson », plus précisément pour un échantillon de l'espèce « truite » qui présente une teneur de 634 ng/g de produit pour une limite d'action proposée de 30 ng/g de produit.

6. Evaluation du risque et proposition de limites d'action pour les composés perfluoroalkylés

6.1. Le sulfonate de perfluorooctane (PFOS) et l'acide perfluorooctanoïque (PFOA)

6.1.1. Evaluation des risques pour le sulfonate de perfluorooctane (PFOS) et l'acide perfluorooctanoïque (PFOA)

6.1.1.1. Identification du danger

Les substances perfluoroalkylées (PFAS) sont très largement utilisées dans les applications industrielles et de consommation courante (les revêtements pour tissus et tapis qui les rendent imperméables aux taches, les revêtements des produits en papier destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires qui les rendent imperméables à la graisse, les mousses extinctrices, etc). Les tensioactifs organiques (per)fluorés en constituent un sous-groupe important. Ils englobent le sulfonate de perfluorooctane (perfluorooctane sulphonic acid, PFOS) et l'acide perfluorooctanoïque (perfluorooctanoic acid, PFOA).

Du fait de cet usage répandu, de la stabilité chimique de ces substances et de leurs propriétés de solubilité dans l'eau ainsi que dans des solvants apolaires (tensio-actifs), on trouve du PFOS, du PFOA, ainsi que leurs sels et précurseurs, dans l'environnement, les poissons, les oiseaux et les mammifères. Pour ce qui concerne l'alimentation humaine, le PFOS est surtout retrouvé dans le poisson suite à la bioaccumulation. Il a été démontré que le PFOA est aussi bioaccumulable dans les poissons mais probablement moins que le PFOS.

La méthode analytique de choix pour l'analyse de PFOS et du PFOA est habituellement la chromatographie liquide de haute performance couplée à la spectrométrie de masse (HPLC-MS/MS) (EFSA, 2008a). La HPLC-MS/MS et la chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) peuvent être utilisées pour la détermination de précurseurs du PFOS et du PFOA. Les limites de rapportage pratiquées par un laboratoire impliqué par le programme de contrôle de l'AFSCA sont données dans le tableau suivant :

Tableau 12. Limites de rapportage pour l'analyse du PFOS et du PFOA dans le cadre du programme de contrôle de l'AFSCA

COMPOSÉ CHIMIQUE	Unités	LOQ	Méthode d'analyse
Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	µg/kg	5	UPLC-MS/MS
Perfluorooctanoate (PFOA)	µg/kg	5	UPLC-MS/MS

Il n'existe pas de teneurs maximales au niveau européen pour les PFAS dans les denrées alimentaires.

6.1.1.2. Caractérisation du danger des PFAS

- PFOS

Après absorption, le PFOS est lentement éliminé et par conséquent s'accumule dans le corps. Le PFOS présente une toxicité aiguë modérée. Dans les études subaiguës et chroniques, le foie était l'organe cible principal et la toxicité du développement a également été observée. D'autres effets sensibles sont des changements dans les hormones thyroïdiennes et les taux de lipoprotéines de haute densité

(HDL) chez les rats et les singes Cynomolgus. Le PFOS a induit des tumeurs hépatiques chez le rat, ce qui semble être dû à un mode d'action non génotoxique.

A partir d'une étude sub-chronique chez des singes Cynomolgus, le panel CONTAM (EFSA, 2008a) a identifié la valeur de 0,03 mg/kg pc comme NOAEL et a considéré que cette valeur est appropriée pour dériver une dose journalière tolérable (TDI). Le panel CONTAM a établi une TDI pour le PFOS de 150 ng/kg pc par jour en appliquant un facteur d'incertitude global de 200 à la NOAEL. Un facteur d'incertitude de 100 a été utilisé pour les différences inter et intra-espèces et un facteur d'incertitude supplémentaire de 2 pour compenser les incertitudes liées à la durée relativement courte de l'étude clé et la cinétique de la substance.

- **PFOA**

Le PFOA est facilement absorbé. L'élimination dépend des mécanismes de transport actifs qui varient entre les différentes espèces et entre les sexes chez certaines espèces. Le PFOA montre une toxicité aiguë modérée. Dans les études sub-aiguës et chroniques, le PFOA a affecté principalement le foie et peut causer des effets toxiques développementaux et reproducteurs à des doses relativement faibles chez les animaux d'expérience. L'incidence de tumeurs chez le rat, principalement dans le foie, est augmentée suite à une exposition au PFOA. Basé sur le poids des preuves actuelles, les effets cancérigènes chez les rats semblent être dus à des modes d'action indirects/non génotoxiques.

La NOAEL la plus faible identifiée de 0,06 mg/kg pc par jour, provient d'une étude sub-chronique chez les rats mâles, tandis que les résultats d'études à long terme ont indiqué des NOAEL plus élevées pour le foie. Le panel CONTAM (EFSA, 2008a) a noté que la limite de confiance inférieure à 95% de la dose de référence pour une augmentation de 10% des effets sur le foie (BMDL₁₀) d'un certain nombre d'études chez la souris et le rat mâle se situaient dans la plage de 0,3 à 0,7 mg/kg pc par jour. Par conséquent, le panel CONTAM a conclu que la valeur la plus basse de la BMDL₁₀ de 0,3 mg/kg pc par jour était un point de départ approprié pour dériver une TDI. Le panel CONTAM a établi une TDI pour le PFOA de 1,5 µg/kg pc par jour en appliquant un facteur d'incertitude globale de 200 à la BMDL₁₀. Un facteur d'incertitude de 100 a été utilisé pour les différences inter- et intra-espèces et un facteur supplémentaire de 2 pour compenser les incertitudes concernant la cinétique de la dose interne.

6.1.1.3. Estimation de l'exposition

- **PFOS**

Sur base des données disponibles pour le poisson et les produits de la pêche, les estimations indicatives de l'exposition alimentaire étaient de 60 ng/kg de poids corporel par jour pour les consommateurs moyens et de 200 ng/kg de poids corporel par jour pour les grands consommateurs de poisson (EFSA, 2008a).

- **PFOA**

Sur base de données limitées, le panel CONTAM (EFSA, 2008a) a identifié des expositions indicatives moyennes et élevées de 2 et 6 ng/kg pc par jour, respectivement.

6.1.1.4. Caractérisation des risques

- **PFOS**

Le panel CONTAM (EFSA, 2008a) a noté que l'exposition alimentaire indicative de 60 ng/kg pc par jour est inférieure à la TDI de 150 ng/kg pc mais que chez les personnes les plus exposées au sein de la population générale, cette TDI pourrait être légèrement dépassée.

- **PFOA**

Le panel CONTAM (EFSA, 2008a) a noté que l'exposition humaine indicative moyenne et élevée pour le PFOA de 2 et 6 ng/kg pc par jour, respectivement, sont bien en deçà de la TDI de 1 500 ng/kg pc par jour.

6.1.2. Propositions de limites d'action pour les composés perfluorés

Les limites d'action (LA) pour les composés perfluorés dans différentes denrées alimentaires ont été calculées en appliquant la formule suivante (AFSCA, 2017):

$$LA = \text{valeur toxicologique de référence} / \text{consommation au 97,5}^{\text{ème}} \text{ percentile}$$

où la valeur utilisée pour la valeur toxicologique de référence est la TDI de 150 ng/kg pc par jour pour PFOS et la TDI de 1500 ng/kg pc par jour pour le PFOA.

Tableau 13. Limites d'action calculées et limites d'action proposées pour le PFOS dans différentes denrées alimentaires

Denrée alimentaire	Source des données de consommation	Consommation P97,5 (g/kg pc/j)	LA calculée pour PFOS (µg/kg)	LA proposée pour PFOS (µg/kg)
Viande	Viande mammifère et volaille - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	3,092	48,51	50
Lait	Lait, petit lait et crème - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	25,327	5,92	6
Œufs	Œufs préparés - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	1,203	124,69	100
Poissons	Poisson - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	0,984	152,44	150

Tableau 14. Limites d'action calculées et limites d'action proposées pour le PFOA dans différentes denrées alimentaires

Denrée alimentaire	Source des données de consommation	Consommation P97,5 (g/kg pc/j)	LA calculée pour PFOA (µg/kg)	LA proposée pour PFOA (µg/kg)
Viande	Viande mammifère et volaille - Foodex2, BE: enfants de 3 à 9 ans	3,092	485,12	500

Lait	Lait, petit lait et crème - foodex2, BE: enfants de 3 à 9 ans	25,327	59,23	60
Œufs	Œufs préparés - Foodex2, BE: enfants de 3 à 9 ans	1,203	1246,88	1 000
Poissons	Poisson - Foodex2, BE: enfants de 3 à 9 ans	0,984	1524,39	1 500

6.1.3. Comparaison des limites d'actions proposées avec les données disponibles de l'AFSCA

Dans les tableaux 15 et 16 les limites d'action proposées sont comparées avec les données de l'AFSCA (2012-2016) .

Tableau 15. Concentration en PFOS ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de produit) dans différentes denrées alimentaires (données AFSCA 2012 à 2016) et limite d'action (LA) proposée

PARAMÈTRE	MIN	MAX	MED	n	LA ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Viande	5,00	10,00	7.50	78	50
Lait	5,00	10,00	7.50	28	6
Œufs et ovoproduits	5,00	10,00	7.50	22	100
Poissons	5,00	17,00	10,00	104	150

Les limites d'action proposées pour le PFOS sont plus élevées que les concentrations rapportées par l'AFSCA, sauf pour le lait.

Tableau 16. Concentration en PFOA ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de produit) dans différentes denrées alimentaires (données AFSCA 2012 à 2016) et limite d'action (LA) proposée

PARAMÈTRE	MIN	MAX	MED	n	LA ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Viande	5,00	5,00	5,00	39	500
Lait	5,00	5,00	5,00	14	60
Œufs et ovoproduits	5,00	5,00	5,00	11	1 000
Poissons	5,00	85,00	5,00	52	1 500

Les limites d'action proposées pour le PFOA sont beaucoup plus élevées que les concentrations rapportées par l'AFSCA.

7. Evaluation du risque et proposition de limites d'action pour les dioxines (PCDD/F) et les PCB de type dioxines

7.1. Les dioxines (PCDD/F) et les PCB de type dioxines

7.1.1. Evaluation des risques des dioxines (PCDD/F) et des PCB de type dioxines

7.1.1.1. Identification du danger

Le terme « dioxines » se réfère en principe à un groupe de 75 congénères du groupe des dioxines « polychlorinated dibenzodioxins (PCDDs) » et 135 congénères du groupe des furanes « polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) » (figure 3) mais seulement 17 de ces congénères avec au moins 4 atomes de chlores substitués en position 2,3,7 et 8 sont pertinents en terme d'effets néfastes potentiel pour l'homme et les animaux.

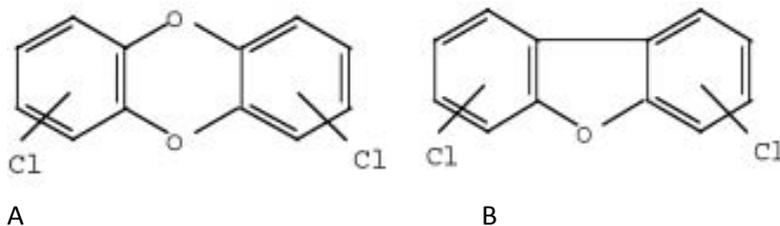


Figure 3. Structure chimique des PCDD (A) et des PCDF (B)

Les biphényles polychlorés PCB (polychlorinated biphenyls) sont des composés organiques synthétiques. Théoriquement, il y a 209 congénères possibles (figure 4). Douze congénères non-ortho et mono-ortho avec ou moins 4 atomes de chlores montrent des activités toxiques similaires aux PCDD/Fs et sont nommés les PCB de type dioxine (dioxin-like PCB, PCB-DL).

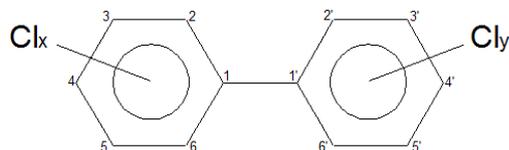


Figure 4. Structure chimique des PCB

Les dioxines sont des sous-produits de combustion de nombreux procédés industriels (JECFA, 2002) et sont largement présents dans l'environnement. Contrairement aux dioxines, les PCB ont été largement utilisés dans de nombreuses applications industrielles, généralement sous la forme de mélanges techniques complexes. Des fuites et des pratiques impropres ont résulté en leur libération dans l'environnement.

Les dioxines et les PCB sont des composés lipophiles. Ils s'accumulent dans la chaîne alimentaire (EFSA, 2015).

Différentes méthodes sont utilisées pour déterminer les teneurs en PCDD/F et PCB-DL dans l'environnement ainsi que dans les matrices alimentaires et les aliments pour animaux. Une distinction est faite entre les « méthodes de référence » et les méthodes alternatives ou de dépistage. La chromatographie en phase gazeuse (GC) couplée à la spectrométrie de masse à haute résolution (HRMS) est la méthode de référence pour l'identification et la quantification des congénères PCDD/F et PCB-DL (Baeyens et al., 2004; Behnisch et al., 2001; Liem, 1999; Scippo et al., 2008). Récemment, la chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem (GC-MS/MS) est également

utilisée comme méthode de référence (règlement CE N°589/2014). Pour le dépistage, les bio-essais peuvent être utilisés pour déterminer une réponse biologique à l'égard des PCDD/F et PCB-DL. Le dosage CALUX (Chemical-Activated Luciferase gene eXpression) est une méthode de dépistage largement utilisée pour les matrices alimentaires et les aliments pour animaux.

Les teneurs maximales fixées par le Règlement (CE) N°1881/2006 pour les dioxines et PCB de type dioxines sont présentées au tableau 16. Il n'existe pas de normes au niveau européen pour le miel et la viande de gibier et de lapin.

Tableau 17. Teneurs maximales fixées par le Règlement (CE) N°1881/2006 pour les dioxines et PCB de type dioxine dans les denrées alimentaires

Denrées alimentaires	Somme des dioxines et furanes (OMS-PCDD/F- TEQ)	Somme des dioxines, furanes et PCB de type dioxine (OMS-PCDD/F- PCB-TEQ)
Viandes et produits à base de viandes (à l'exclusion des abats comestibles) provenant des bovins et ovins	2,5 pg/g de graisses	4,0 pg/g de graisses
Viandes et produits à base de viandes (à l'exclusion des abats comestibles) provenant des volailles	1,75 pg/g de graisses	3,0 pg/g de graisses
Viandes et produits à base de viandes (à l'exclusion des abats comestibles) provenant des porcs	1,0 pg/g de graisses	1,25 pg/g de graisses
Foies des animaux terrestres (bovins, volailles, porcs) à l'exception des foies d'ovin et des produits dérivés de ces foies	0,30 pg/g de poids à l'état frais	0,50 pg/g de poids à l'état frais
Foies d'ovin et leurs produits dérivés	1,25 pg/g de poids à l'état frais	2,00 pg/g de poids à l'état frais
Chair musculaire de poisson, produits de la pêche et produits dérivés, à l'exclusion: — de l'anguille sauvage capturée, — du poisson d'eau douce sauvage capturé, à l'exception des espèces de poissons diadromes capturées en eau douce, — du foie de poisson et des produits dérivés de sa transformation, — des huiles marines. La teneur maximale pour les crustacés s'applique à la chair musculaire des appendices et de l'abdomen. Dans le cas des crabes et crustacés de type crabe (<i>Brachyura</i> et <i>Anomura</i>), elle s'applique à la chair musculaire des appendices.	3,5 pg/g de poids à l'état frais	6,5 pg/g de poids à l'état frais
Chair musculaire de poisson d'eau douce sauvage capturé, à l'exception des espèces de poissons diadromes capturées en eau douce, et produits dérivés	3,5 pg/g de poids à l'état frais	6,5 pg/g de poids à l'état frais
Chair musculaire d'anguille sauvage capturée (<i>Anguilla anguilla</i>) et produits dérivés	3,5 pg/g de poids à l'état frais	10,0 pg/g de poids à l'état frais
Foie de poisson et produits dérivés de sa transformation à l'exclusion des huiles marines (huile de corps de poisson, huile de foie de	/	20,0 pg/g de poids à l'état frais

poisson et huiles d'autres organismes marins destinés à être consommés par l'homme)		
Huiles marines (huile de corps de poisson, huile de foie de poisson et huiles d'autres organismes marins destinés à être consommés par l'homme)	1,75 µg/g de graisses	6,0 µg/g de graisses
Lait cru et produits laitiers, y compris matière grasse butyrique	2,5 µg/g de graisses	5,5 µg/g de graisse
Œufs de poule et ovoproduits	2,5 µg/g de graisses	5,0 µg/g de graisses
Graisses de bovins et ovins	2,5 µg/g de graisses	4,0 µg/g de graisses
Graisses de volailles	1,75 µg/g de graisses	3,0 µg/g de graisses
Graisses de porcs	1,0 µg/g de graisses	1,25 µg/g de graisses
Graisses animales mélangées	1,5 µg/g de graisses	2,50 µg/g de graisses
Huiles et graisses végétales	0,75 µg/g de graisses	1,25 µg/g de graisses
Denrées alimentaires destinées aux nourrissons et aux enfants en bas âge	0,1 µg/g de poids à l'état frais	0,2 µg/g de poids à l'état frais

7.1.1.2. Caractérisation du danger

Les dioxines et les PCB-DL forment un groupe de substances chimiques toxiques et persistantes dont les effets sur la santé humaine comprennent la toxicité cutanée, l'immunotoxicité, des effets sur la reproduction et la tératogénicité, des effets perturbateurs endocriniens et la cancérogénicité (Van den Berg et al., 1998).

La toxicité des dioxines et des PCB-DL est principalement médiée par la liaison au récepteur des hydrocarbures aromatiques (AhR) induisant ainsi la synthèse de certaines protéines.

Sur base d'un LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) de 25 ng/kg pc, déterminé par Faqi et al. (1998), pour la production diminuée de spermatozoïdes et le comportement sexuel altéré chez la progéniture mâle, le Comité scientifique de l'alimentation humaine (Scientific Committee on Food - SCF, 2001) a établi une dose hebdomadaire tolérable (Tolerable Weekly Intake - TWI) de 14 µg TEQ/kg pc/semaine pour l'ensemble des dioxines (PCDD/F) et PCB-DL.

7.1.1.3. Occurrence et estimation de l'exposition

L'exposition alimentaire moyenne aux PCDD/F et PCB DL de la population adulte belge a été estimée, en 2008, à 0,72 µg TEQ/kg pc/jour (concentration 'middle bound', TEF de 1998) sur base des données d'occurrence de 2008 et des données de consommation alimentaire nationale de 2004 (Windal et al., 2010). L'exposition alimentaire au 95^{ème} percentile a été estimée à 1,37 µg TEQ/kg pc/jour. La consommation alimentaire moyenne de la population adulte belge a été estimée à 0,61 µg TEQ/kg pc/jour en utilisant les TEF-OMS de 2005 (actuellement en vigueur dans le règlement (CE) n° 1881/2006) au lieu des TEF-OMS de 1998 (http://www.who.int/ipcs/assessment/tef_values.pdf).

7.1.1.4. Caractérisation des risques

L'exposition alimentaire belge de 0,72 µg TEQ/kg pc/jour (équivalent à 5.04 µg TEQ/kg pc/semaine ou 21.6 µg TEQ/kg pc/mois) est inférieure à la dose hebdomadaire tolérable de 14 µg TEQ/kg pc établie par le Comité scientifique de l'alimentation humaine de la Commission européenne et en-dessous de la dose mensuelle tolérable provisoire de 70 µg TEQ/kg pc fixée par le Comité FAO/OMS d'experts sur les additifs alimentaires. Compte tenu de la distribution cumulative, l'exposition serait inférieure à 1 µg TEQ/kg pc/jour pour plus de 80% de la population, et représenterait moins de 2 µg TEQ/kg pc/jour pour toute la population (Windal et al., 2010).

7.1.2. Propositions de limites d'action pour les dioxines et les PCB de type dioxine

Les limites d'action (LA) pour les dioxines et PCB de type dioxine dans différentes denrées alimentaires ont été calculées en appliquant le formule suivante (AFSCA, 2014):

$$LA = \text{valeur toxicologique de référence} / \text{consommation au } 97,5^{\text{ème}} \text{ percentile.}$$

Où la valeur utilisée pour la valeur toxicologique de référence est la TDI de 2 pg TEQ / kg pc par jour.

La limite d'action calculée est déterminée en considérant une teneur en graisse de 2% pour le miel (consécutive à la présence possible de cires résiduelles) et de 5 % pour le gibier (Tableau 17).

Tableau 18. Limites d'actions calculées et limites d'actions proposées pour les dioxines et les PCB de type dioxines dans différentes denrées alimentaires

Denrée alimentaire	Source des données de consommation	Consommation P97,5 (g/kg pc/j)- chronique	LA calculée pour PCDD/PCDF et PCB-DL	LA proposée pour PCDD/PCDF et PCB-DL
Miel	Honey - EFSA, BE: Adult	1,94	1,03 pg WHO-TEQ/g de poids à l'état frais	1 pg WHO-TEQ/g de poids à l'état frais
Viande de gibier (y compris lapin sauvage)	Viande mammifère et volaille - foodex2, BE: enfants de 3 à 9 ans	3,09	12,9 pg WHO-TEQ/g de graisse	10 pg WHO-TEQ/g de graisse
Viande de lapin d'élevage	Pas d'application	Pas d'application	Pas d'application	3 pg WHO-TEQ/g de graisse

Quant à la viande de lapin d'élevage, une limite d'action est proposée égale à la norme en vigueur pour la volaille (soit 3,0 pg WHO-TEQ/g de graisse pour la somme des PCDD/PCDF et PCB-DL) en raison du fait que l'élevage des lapins se réalise en conditions contrôlées sur un laps de temps relativement court comme dans le cas des volailles.

7.1.3. Comparaison entre les limites d'actions proposées et les données disponibles de l'AFSCA

Il n'est pas possible de comparer les limites d'action proposées aux valeurs disponibles dans la base de données de l'AFSCA du fait que les mesures ont été réalisées à l'aide du bioessai CALUX² et non par détermination chromatographique haute résolution couplée à la spectrométrie de masse. En effet, le bioessai CALUX est calibré pour détecter les échantillons non conformes au règlement (CE) n°1881/2006. En cas de suspicion de non-conformité une confirmation par la méthode de référence

² Chemically Activated LUciferase gene eXpression

(GC-HRMS) est requise. Pour mémoire, entre 2008 et 2016, 626 échantillons de gibier et 280 échantillons de lapin ont été analysés par l'AFSCA avec une teneur maximale de 6.7 pg BEQ³/g de graisse pour le gibier et de 5.9 pg BEQ/g de graisse pour le lapin (origine – élevage ou chasse - non précisée).

³ BEQ : bionalytical equivalent

8. Evaluation du risque et proposition de limites d'action pour le benzène

8.1. Le benzène

8.1.1. Evaluation des risques du benzène

8.1.1.1. Identification du danger - benzène

Le benzène (C₆H₆, N° CAS 71-43-2) (Figure 5) est un hydrocarbure aromatique communément utilisé dans l'industrie chimique pour la fabrication de polymères et d'autres produits.

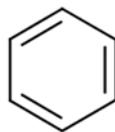


Figure 5. Structure chimique du benzène

Le benzène se retrouve également dans l'essence et les cigarettes. La présence de benzène dans un grand nombre de denrées alimentaires reflète la nature ubiquitaire du benzène dans l'environnement industrialisé.

Il existe différentes sources potentielles de benzène dans l'alimentation. Le benzène peut se former par décarboxylation des sels d'acide benzoïque (benzoates) en présence d'acide ascorbique (vitamine C) et des ions de cuivre (ou dans une moindre mesure, également en présence d'ions ferriques). L'acide benzoïque est ajouté comme conservateur à de nombreux produits alimentaires et l'acide ascorbique peut être présent sous forme naturelle ou comme additif alimentaire (Lachenmeier et al, 2008, 2010a et 2010b). La présence de métaux de transition catalyseurs (ions Cu (II) ou Fe(III)), le degré d'acidité, l'exposition aux rayons UV et la température peuvent influencer cette formation de benzène au départ de benzoates. Du benzène peut également contaminer les aliments suite à un relargage par les matériaux d'emballage ou l'environnement de conservation, via de l'eau contaminée, ou être formé lors de processus de radiation. Le dioxyde de carbone contaminé a également été décrit comme une source de benzène dans la bière. L'emploi d'hexane comme solvant d'extraction des huiles végétales peut aussi contribuer à la présence de benzène dans les denrées alimentaires (Vinci *et al.*, 2012). Les arômes incorporés aux denrées alimentaires par fumaison ou addition de fumée liquide sont d'autres sources de benzène dans les denrées alimentaires.

Le benzène peut être analysé par chromatographie gazeuse avec espace de tête (head space) combinée à la spectrométrie de masse (HS-GC/MS) avec dilution isotopique pour limiter l'impact des interférences matricielles (Vinci et al, 2010). Les limites de quantification rapportées varient en général entre 1 et 10 µg/kg.

Actuellement, il n'existe pas de limites maximales au niveau européen pour le benzène dans les denrées alimentaires. La limite maximale européenne pour le benzène dans les eaux de boisson est de 1 µg/kg. Cette valeur a également été proposée par le Comité scientifique de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire (AFSCA) comme limite d'action pour le benzène dans les boissons rafraichissantes (Avis SciCom 21-2006).

8.1.1.2. Caractérisation du danger

Le benzène est facilement absorbé par toutes les voies d'exposition et est rapidement distribué dans tout le corps. Il est métabolisé dans plusieurs organes et sa toxicité a été attribuée à ses métabolites. Les métabolites sont principalement excrétés via l'urine. Le benzène est aussi expiré tel quel.

La toxicité aiguë du benzène est faible. La dose létale LD₅₀ orale pour les rats et les souris est de 1-10 g/kg pc et la LC50 est de 15-60 g/m³ (WHO, 2003). Chez l'homme, une exposition aiguë à des concentrations élevées en vapeurs de benzène peut provoquer une dépression du système nerveux central et inhaler du benzène à des concentrations de 65 mg/l pendant quelques minutes peut être fatal. L'inhalation de benzène peut provoquer des œdèmes et des hémorragies pulmonaires.

Le benzène est un cancérogène humain (Carc. Cat. 1 ; R45 : May cause cancer). Plusieurs études sur des cohortes ont démontré une augmentation de l'incidence de leucémies myéloïdes aiguës et peut-être de leucémies lymphatiques chroniques chez des travailleurs exposés au benzène (WHO, 2003 ; CSTE, 2003). Dans des études récentes sur des travailleurs dans la pétrochimie, des diminutions du poids moyen à la naissance et des perturbations menstruelles ont été associées à des expositions au benzène. Sur base des données disponibles, il n'est pas possible de déterminer un niveau d'exposition sûr (CSTE, 2003).

Sur base d'études de cancérogénicité réalisées pendant deux ans sur des rats et des souris, une TDI de 0,36 µg/kg pc par jour a été proposée. Cette valeur est obtenue à partir du LOAEL le plus bas déterminé pour l'ingestion de benzène via les aliments et les boissons (soit 18 mg/kg pc/j) auquel on applique un facteur de sécurité de 5000 combiné à un facteur supplémentaire de 10 pour tenir compte du fait que l'exposition au benzène se produit par voies multiples (Health Canada, 2006).

L'U.S. EPA (2003) a proposé une dose de référence (BMD) pour l'exposition orale chronique de 4 µg/kg pc par jour sur base d'une modélisation des résultats d'une étude épidémiologique dans le cadre de laquelle des personnes ont été exposées au benzène sur leur lieu de travail, par inhalation. Une BMDL de 1,2 µg/kg pc par jour a été déduite de cette étude.

L'ATSDR (2007) a établi une Minimum Risk Level (MRL) de 0,5 µg/kg pc/jour pour l'exposition chronique par voie orale.

8.1.1.3. Occurrence et estimation de l'exposition

L'inhalation d'air contaminé est la voie principale d'exposition au benzène pour les non-fumeurs. L'estimation quantitative de l'exposition au benzène a montré que l'exposition au benzène via les denrées alimentaires est une voie d'exposition mineure comparée à l'exposition via inhalation.

En 2003, la Food and Drug Administration (FDA) des États-Unis a publié les résultats d'une étude concernant la présence de substances organiques volatiles dans les denrées alimentaires. Le benzène a été détecté dans presque tous les aliments, y compris dans les fruits et les légumes, à des teneurs variant entre 1 et 190 µg/kg. Les concentrations les plus élevées ont été trouvées dans le bœuf haché entièrement cuit. Des concentrations en benzène supérieures à 100 µg/kg ont également été mesurées dans un échantillon de boisson gazeuse à base de cola (138 µg/kg), de bananes (132 µg/kg), et de salade de chou (102 µg/kg) (Fleming & Smith, 2003). Vinci *et al.* (2012) ont prélevé 455 échantillons de denrées alimentaires sur le marché belge. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées dans le poisson fumé (de 1,83 à 76,21 µg/kg).

L'exposition au benzène via l'alimentation est estimée entre 0,02 et 4,2 µg/kg pc par jour (Health Canada, 2003). L'exposition via l'air contribue le plus à l'exposition totale (96 à 99%), tandis que l'exposition via l'eau potable et les aliments est comparativement négligeable.

Le tableau 19 reprend les valeurs d'ingestion moyenne et au P97,5 du benzène par la population belge et ce sur base de données du programme de contrôle de l'AFSCA (2007-2009). Le calcul comprend une estimation de l'ingestion sur base des données de la consommation belge fournies dans la banque de données concise de l'EFSA (Concise European Food Consumption Database, EFSA, 2008b).

Tableau 19. Estimation de l'exposition au benzène par la population belge sur base des teneurs moyennes en benzène rapportées sur la marché belge (source : SciCom 2010)

cat.	Groupe d'aliments ^a	n ^b	[benzène] ^c		Ingestion (µg/jour)			
			(µg/kg)		LB		UB	
			LB	UB	Moy.	P97,5	Moy.	P97,5
3	Matières grasses (animales & végétales)	30	0,00	15,33	0,00	0,00	0,71	2,53
04A	Légumes, noix, légumineuses, carottes, tomates	51	0,27	8,80	0,04	0,11	1,29	3,61
6	Fruits	26	0,46	16,62	0,05	0,19	1,88	6,95
07A	Jus de fruits	63	0,00	1,29	0,00	0,00	0,09	0,58
07B	Boissons rafraîchissantes	189	0,26	1,38	0,07	0,36	0,38	1,95
8	Café, thé, cacao ^d	69	0,52	0,94	0,23	0,81	0,41	1,47
10A	Viande, préparations de viande & produits à base de viande	25	0,00	18,00	0,00	0,00	2,18	5,81
11	Poissons et produits de la pêche	55	1,55	9,55	0,04	0,25	0,24	1,57
12	Œufs	15	0,00	16,67	0,00	0,00	0,17	1,25
13C	Fromage	52	0,00	8,56	0,00	0,00	0,28	0,99
	Eau	85	0,00	0,10	-	-	-	-
07C	Eaux en bouteille	"	"	"	0,00	0,00	0,06	0,22
15	Eau de distribution	"	"	"	0,00	0,00	0,01	0,10
x	Arômes	34	57,56	74,92	-	-	-	-

^a: selon la banque de données concise de l'EFSA sur la consommation alimentaire européenne (EFSA, 2008a)

^b: nombre d'échantillons

^c: teneur moyenne en benzène sur base d'un scénario 'lower-bound' (LB ; valeurs < LOD ou LOQ = 0) et d'un scénario 'upper-bound' (UB ; valeurs < LOD ou LOQ = respectivement LOD ou LOQ) sur des données AFSCA obtenues entre 2007 et juillet 2009.

^d: liquide ; un facteur de dilution de 18 a été appliqué

L'ingestion moyenne via l'alimentation se situe entre 0,4 et 7,7 µg/jour (ou entre 0,006 et 0,109 µg/kg pc par jour pour un poids corporel moyen de 71 kg). Sur base de la consommation au P95, la contribution la plus élevée est –suivant le scénario– fournie par, respectivement, les groupes du café, thé et cacao (P95 = 0,7 µg/jour) et des boissons rafraîchissantes (P95 = 0,3 µg/jour), ou les groupes des

fruits (P95 = 6,4 µg/jour) et de la viande, préparations de viande et produits à base de la viande (P95 = 5,3 µg/jour). Suivant l'approche proposée par l'EFSA (EFSA, 2008b), où l'ingestion au P95 via les deux groupes d'aliments qui contribuent le plus à l'ingestion de benzène est additionnée à l'ingestion moyenne de benzène de l'ensemble de la population via les autres groupes d'aliments, on obtient une ingestion totale située entre 1,2 et 15,3 µg par jour (0,017 et 0,216 µg/kg pc par jour) pour les grands consommateurs. La présence de benzène dans les arômes n'a pas été prise en considération dans cette première estimation.

L'ingestion moyenne et au P99,5 de benzène, estimée par Vinci *et al.* (2012), est de 0,020 et 0,122 µg/kg pc/jour.

8.1.1.4. Caractérisation des risques du benzène

Sur base d'une comparaison avec la dose de référence générée par l'U.S. EPA pour une exposition orale chronique de 4 µg/kg pc par jour (U.S EPA, 2003) et de la TDI mentionnée par Health Canada de 0,36 µg/kg pc par jour (Health Canada, 2006), le Comité Scientifique de l'AFSCA a déduit que l'exposition alimentaire ne comportait pas de risque (SciCom, 2010).

Sur base de la BMDL₁₀ de 1,2 µg/kg pc par jour mentionnée ci-dessus, l'exposition moyenne de 0,4 - 7,7 µg/jour correspond à des valeurs MoE situées entre ~200.000 et 11.000, et pour les grands consommateurs (1,2-15,3 µg/jour) entre ~70.600 et 5.600. La présence de benzène ne semble donc pas induire de risque trop conséquent.

L'ingestion de benzène estimée par Vinci *et al.* (2012) est inférieure à la MRL (Minimum Risk Level). Les valeurs de la MoE calculées sur base des estimations d'ingestion moyenne et au P99,5 de benzène et en considérant une BMDL₁₀ de 17,6 mg/kg pc/jour varieraient de 144 262 à 880 000 (Vinci *et al.*, 2012). Ces valeurs sont supérieures à 10 000 et par conséquent sont considérés comme peu préoccupantes d'un point de vue santé publique.

8.1.2. Proposition de limites d'action pour le benzène

Les limites d'action (LA) pour le benzène ont été calculée en appliquant la formule suivante (AFSCA, 2014):

$$LA = \text{dose journalière tolérable} / \text{consommation au } 97,5^{\text{ème}} \text{ percentile}$$

où la valeur utilisée pour la dose journalière tolérable est la minimal risk level (MRL) de 0,5 µg/kg pc/jour.

Les valeurs calculées et proposées pour le benzène dans diverses denrées alimentaires figurent au tableau 20. En ce qui concerne les arômes, il n'a pas été possible d'utiliser la méthodologie habituelle (formule de l'AFSCA) par manque d'information sur la consommation des arômes et les modalités précises d'incorporation dans les denrées alimentaires. Cependant, l'analyse des résultats des 49 échantillons présents dans la base de données de l'AFSCA révèlent que la valeur maximale observée est de 38 µg/kg. Le percentile 97,5 (à savoir 30 µg/kg) n'étant dépassé que pour ce seul échantillon (soit 2 % du total) il est proposé, dans une approche de précaution, de fixer la limite d'action pour les arômes à hauteur du P97,5 des valeurs de contamination.

Tableau 20. Limites d'action calculées et proposées pour le benzène dans différentes denrées alimentaires

Denrée alimentaire	Source des données de consommation	Consommation P97,5 (g/kg pc/jour)	LA calculée pour benzène (µg/kg)	LA proposée pour benzène (µg/kg)
Café	Ingrédients pour la préparation du café, du chocolat chaud, du thé et des infusions, enfants 3-9 ans (FoodEx 2)	0,92	543,48	500
Huiles végétales	Graisses/huiles animales et végétales - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	0,40	1259,45	1 000
Poisson fumé	Poisson - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	0,98	508,13	500
Produits à base de viande en conserve	Preserved meat - EFSA, BE: enfants de 3 à 9 ans	3,33	150,15	150
Pâté	Spécialités de viande - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	0,15	3424,66	3 000
Jambon fumé	Charcuterie - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	1,39	361,01	400
Céréales pour petit-déjeuner	Céréales pour petit déjeuner (3 à 9 ans) (foodex2)	2,79	179,21	200
Salade de viande	Prepared meat salad, EFSA, BE: other children	1,58	316,46	300
Salade de poisson	Prepared fish salad, EFSA, BE: other children	2,38	210,08	200
Boissons non-alcoolisées**	Non-alcoholic beverages (excepting milk based beverage) - EFSA, BE: other children (3 à 9 ans)	40,33	12,40	10
Jus de légumes	Jus de fruits/légumes et nectars* - FoodEx2, BE: enfants de 3 à 9 ans	14,36	34,81	30

Arômes utilisés pour la fabrication de denrées alimentaires.	/				30*
* Teneur au p97,5 dans la base de données AFSCA ** Boissons non-alcoolisées : boissons gazeuses, thé, café mais pas jus de fruits et jus de légumes					

8.1.3. Comparaison des LA proposées avec les valeurs disponibles dans la base de données de l'AFSCA

La comparaison des LA proposées avec les valeurs générées par le programme de contrôle de l'AFSCA (2011 à 2016) est présentée au tableau 21.

Tableau 21. Concentration en benzène (µg/kg de produit) dans différentes denrées alimentaires (données AFSCA, 2011 à 2016) et limite d'action (LA) proposée

Denrée alimentaire	Paramètre dans base de données AFSCA	MIN	MAX	MED	n	LA proposée pour benzène (µg/kg)
Café	Café	0,4	214	19	61	500
Huiles végétales	Huiles végétales	10	1000	15	4	1 000
Poisson fumé	Poissons	0,4	94	1,75	78	500
Produits à base de viande en conserve	Produits à base de viande	0,4	0,48	0,4	7	150
Pâté	Pâtés de viande cuits	0,2	10	1	19	3 000
Jambon fumé	Jambons	0,4	22	1,9	78	400
Céréales pour petit-déjeuner	Céréales pour petit-déjeuner	0,4	10	1	25	200
Salade de viande	Salade de viande	0,4	20	1	25	300
Salade de poisson	Salade de poisson	0,4	26	1	25	200
Boissons non-alcoolisées	Boissons non-alcoolisées	0,1	10	0,2	631	10
Jus de légumes	Jus de légumes	0,2	0,2	0,2	10	30
Arômes utilisés pour la fabrication de denrées alimentaires.	Arômes	1	38	10	44	30

La plupart des limites d'action proposées sont supérieures aux valeurs maximales rencontrées lors des analyses réalisées dans le cadre du programme de contrôle de l'AFSCA, à l'exception des arômes pour lesquels il est proposé d'utiliser la teneur correspondant au P97.5 dans la base de données de l'AFSCA des teneurs en benzène dans les denrées alimentaires.

9. Incertitudes

Le Comité scientifique a fixé des limites d'action sur base d'une méthodologie commune fondée sur la relation entre une valeur toxicologique de référence d'un contaminant chimique et la consommation de la denrée par 97,5% de la population.

Afin de tenir compte des incertitudes, des facteurs de sécurité pour des différences inter- et intra-espèces sont utilisés pour la détermination des valeurs toxicologiques de référence obtenues à partir d'expérimentation animale. Des données sur la toxicité sont parfois incomplètes. C'était le cas pour les PBDE où des données sur la toxicité sont disponibles pour seulement quatre des huit congénères. Les données de consommation de certains aliments, surtout pour les aliments peu consommés, font également l'objet d'une incertitude importante. Pour certaines denrées (les arômes) les données de consommation manquent.

10. Conclusions

Suite à la demande de l'AFSCA le Comité scientifique propose dans cet avis des limites d'action pour des combinaisons matrices/paramètres pour lesquelles il n'y a pas de limite maximale dans la législation et en particulier pour:

- les retardateurs de flamme (l'hexabromocyclododécane, HBCDD, et les polybromodiphényléthers, PBDE) dans les produits laitiers (beurre, fromage, ...), le lait, les œufs, les huiles végétales, la viande, les poissons, les aliments pour nourrissons et les compléments alimentaires à base d'huile de poisson;
- les composés perfluoroalkylés (le sulfonate de perfluorooctane, PFOS, et l'acide perfluorooctanoïque, PFOA) dans la viande (bœuf, porc, volaille), les ovoproduits destinés à entrer dans la fabrication de denrées alimentaires, le lait cru, les œufs et les poissons (truite, tilapia, plie, raie et cabillaud) ;
- les dioxines (somme des PCDD/F et PCB de type dioxine) dans le miel, la viande de gibier et de lapin ;
- Le benzène dans le café, les huiles végétales, le poisson fumé, les céréales pour petit-déjeuner, les produits à base de viande en conserve, la salade de viande et de poisson, les boissons non-alcoolisées, les jus de légumes et les arômes utilisés pour la fabrication de denrées alimentaires.

Les tableaux ci-dessous montrent les limites d'action proposées :

1. Hexabromocyclododécane (HBCDD)

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée
Produits laitiers (fromage, ...)	500 (ng/g de graisse)

Lait	400 (ng/g de graisse)
Œufs	3 000 (ng/g de graisse)
Huiles végétales et beurre	900 (ng/g de graisse)
Viande	1 000 (ng/g de graisse)
Préparations de viande et produits à base de viande (saucisse, jambon, ...)	1 000 (ng/g de graisse)
Compléments alimentaires à base d'huile de poisson	2 000 (ng/g de graisse)
Aliments pour bébés	10 (ng/g de poids à l'état frais)
Poisson	400 (ng/g de poids à l'état frais)

2. Polybromodiphényléthers (PBDE)

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée pour la somme des PBDE
Produits laitiers (fromage, ...)	40 (ng/g de graisse)
Lait	30 (ng/g de graisse)
Œufs	200 (ng/g de graisse)
Huiles végétales et beurre	60 (ng/g de graisse)
Viande	80 (ng/g de graisse)
Préparations de viande et produits à base de viande	80 (ng/g de graisse)
Compléments alimentaires à base d'huile de poisson	100 (ng/g de graisse)
Aliments pour bébés	0,7 (ng/g de poids à l'état frais)
Poisson	30 (ng/g de poids à l'état frais)

3. Sulfonate de perfluorooctane (PFOS)

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée
Viande	50 (µg/kg)
Lait	6 (µg/kg)
Œufs	100 (µg/kg)
Poissons	150 (µg/kg)

4. Acide perfluorooctanoïque (PFOA)

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée
Viande	500 (µg/kg)
Lait	60 (µg/kg)
Œufs	1 000 (µg/kg)
Poissons	1 500 (µg/kg)

5. Dioxines et PCB de type dioxines

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée pour PCCD/PCDF et PCB-DL
Miel	1 (pg WHO-TEQ/g de poids à l'état frais)
Viande de gibier (y compris lapin sauvage)	10 (pg WHO-TEQ/g de graisse)
Viande de lapin d'élevage	3 (pg WHO-TEQ/g de graisse)

6. Benzène

Denrée alimentaire	Limite d'action proposée
Café	500 (µg/kg)

Huiles végétales	1 000 (µg/kg)
Poisson fumé	500 (µg/kg)
Produits à base de viande en conserve	150 (µg/kg)
Pâté	3 000 (µg/kg)
Jambon fumé	400 (µg/kg)
Céréales pour petit-déjeuner	200 (µg/kg)
Salade de viande	300 (µg/kg)
Salade de poisson	200 (µg/kg)
Boissons non-alcoolisées	10 (µg/kg)
Jus de légumes	30 (µg/kg)
Arômes utilisés pour la fabrication de denrées alimentaires.	30 (µg/kg)

Pour le Comité scientifique,
Le Président,

Prof. Dr. E. Thiry (Se)
Bruxelles, le 01/07/2017

Références

AFSCA. 2017. Inventaire des actions et des limites d'action et proposition d'harmonisation dans le cadre des contrôles officiels – Partie 1 Limites d'action pour les contaminants chimiques. Disponible via le lien suivant <http://www.favy-afsc.a.fgov.be/publicationsthematiques/inventaire-actions.asp>).

ATSDR 2007. Toxicological profile for benzene. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf>

Baeyens W., Verstraete F., Goeyens, L. 2004. Elucidation of sources, pathways and fate of dioxins, furans and PCBs requires performant analysis techniques. *Talanta*, 63, 1095-1100.

Behnisch, P. A., Allen, R., Anderson, J. M. E., Brouwer, A., Brown, D. J., Campbell, T. C., ... Malisch, R. 2001. Harmonised quality criteria for chemical and bioassays analyses of PCDDs/PCDFs in feed and food part 2: General considerations, bioassay methods. *Organohalogen Compounds*, 50, 59-63.

Brocatus L., De Ridder K., Lebacqz T., Ost C. & Teppers E. FoodEx2: Données de consommation alimentaire. Dans : De Ridder K, Tafforeau J (éd.). Enquête de consommation alimentaire 2014-2015. Rapport 4. WIV-ISP, Bruxelles, 2016.

Covaci A, Voorspoels S and de Boer J, 2003. Determination of brominated flame retardants, with emphasis on polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in environmental and human samples – a review. *Environment International*, 29, 735-756.

Covaci A, Gerecke AC, Law RJ, Voorspoels S, Kohler M, Heeb NV, Leslie H, Allchin CR and de Boer J, 2006. Hexabromocyclododecanes (HBCDs) in the environment and humans: A review. *Environmental Science and Technology*, 40, 3679-3688.

Covaci A, Voorspoels S, Ramos L, Neels H and Blust R, 2007. Recent developments in the analysis of brominated flame retardants and brominated natural compounds. *Journal of Chromatography A*, 1153, 145-171

Covaci A, Voorspoels S, Roosens L, Jacobs W, Blust R and Neels H, 2008. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in human liver and adipose tissue samples from Belgium. *Chemosphere*, 73, 170-175.

CSTEE (2003a) Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE). Opinion on the results of the Risk Assessment of benzene - Human Health part (CAS N°: 71-43-2 EINECS N°: 200-753-7). Carried out in the framework of Council Regulation (EEC) 793/93 on the evaluation and control of the risks of existing substances. Adopted during the 40th plenary meeting of 12-13 November 2003.

De Ridder K., Bel S., Brocatus L., Cuypers K., Lebacqz T., Moyersoen I., Ost C. & Teppers E. 2016. La consommation alimentaire. Dans : Bel S, Tafforeau J (éd.). Enquête de Consommation Alimentaire 2014-2015. Rapport 4. WIV-ISP, Brussel, 2016.

EFSA. 2005. Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonized approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic (Request N° EFSA-Q-2004-020). *EFSA Journal*, 280, 1-31.

EFSA. 2008a. Scientific Opinion of the Panel on Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts in the Food chain. *EFSA Journal*, 653, 1-131.

EFSA. 2008b. Concise Food Consumption data base

EFSA. 2011a. Scientific Opinion on Hexabromocyclododecanes (HBCDDs) in Food. (*EFSA Journal* 2011;9(7):2296).

EFSA. 2011b. Use of the EFSA comprehensive European Food Consumption Database in Exposure Assessment (Foodex)

EFSA. 2011c. Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food. (EFSA Journal 2011;9(5):2156).

EFSA, 2015. Scientific statement on the health-based guidance value for dioxins and dioxin-like PCBs. EFSA Journal 2015;13(5):4124.

Faqi A., Dalsenter P., Merker H., Chahoud I. 1998 Effects on developmental landmarks and reproductive capability of 3,3',4,4'-tetrachlorobiphenyl and 3,3',4,4',5-pentachlorobiphenyl in offspring of rats exposed during pregnancy. [Hum Exp Toxicol](#). 1998 Jul;17(7):365-72.

Fleming-Jones M. and Smith R. 2003. Volatile organic compounds in food: a five year study. [J Agric Food Chem](#), 51(27):8120-7.

Gosciny S., Vandevijvere S., Maleki M., Van Overmeire I., Windal I., Hanot V., Blaude M., Vleminckx C., Van Loco J. 2011. [Chemosphere](#). 2011 Jun;84(3):279-88.

JECFA 2002 Joint Food and Agriculture Organization/World Health Organization (WHO) Expert Committee on Food Additives (JECFA). Polychlorinated dibenzodioxins, polychlorinated dibenzofurans, and coplanar polychlorinated biphenyls. WHO Food Additives Series 48. WHO, Geneva, 2002. Available at <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v48je20.htm>.

Health Canada. 2006. Health Risk assessment – Benzene in beverages. http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/securit/chem-chim/food-aliment/benzene/benzene_hra-ers-eng.php

Lachenmeier D, Reusch H., Sproll C., Schoebel K., Kuballa T. 2008. Occurrence of benzene as heat-induced contaminant of carrot juice for babies in a general survey of beverages. *Food Addit Contam* 25, 1216-1224

Lachenmeier D, Kuballa T., Reusch H., 2010. Benzene in infant carrot juice. Further insights into formation mechanism and risk assessment including consumption data from the Donald study. *Food. Chem Toxicol* 48, 291-297.

Lachenmeier D., Steinbrenner N., Löbell-Behrends S., Reusch H., Kuballa T. 2010. Benzene contamination in heat treated carrot products including baby foods. *The Open Toxicology J.*, 4, 39-42.

Liem A.K.D. 1999. Important developments in methods and techniques for the determination of dioxins and PCBs in foodstuffs and human tissues. *Trends in analytical chemistry*, 18 (7), 499-507.

OCDE, 2011. OECD MRL Calculator: user guide. Series on Pesticides, No 56. ENV/JM/MONO(2011)2

SCF - Scientific Committee on food, 2001. Opinion of the Scientific Committee on food on the risk assessment of dioxins and dioxin-like PCBs in food adopted on 30 May. Update based on new scientific information available since the Persistent Organochlorine Pollutants, Dioxins and Polychlorinated Biphenyls adoption of the SCF opinion of 22 November 2000. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General, 2001.

SciCom (Comité scientifique de l'AFSCA), 2005. Terminologie en matière d'analyse des dangers et des risques selon le codex alimentarius. Disponible via http://www.favv-afsca.fgov.be/comitescientifique/publications/brochures/ documents/2005-09_SciCom_Term_Fr.pdf

SciCom Avis 21-2006 - Utilisation de la norme en vigueur pour le benzène dans l'eau pour la fixation d'une limite d'action pour le benzène dans les boissons rafraîchissantes.

SciCom 09-2010. Risques cancérigènes dans les denrées alimentaires : contaminants liés aux processus de transformation. http://www.favv-afsca.fgov.be/wetenschappelijkcomite/adviezen/2010/ documents/ADVIES09-2010_NL_DOSSIER2007-09bis.pdf

Scippo M.-L., Eppe, G., Saegerman C., Scholl G., De Pauw E., Maghuin-Rogister G. & Focant J-F. 2008. Chapter XIV. Persistent organochlorine pollutants, dioxins and polychlorinated biphenyls. In Yolanda Picó (Ed.), *Comprehensive Analytical Chemistry*, Vol. 51, (pp. 457-506). Amsterdam: Elsevier

U.S. EPA. 2003. United States Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System (IRIS) - Benzene (CASRN 71-43-2). <http://www.epa.gov/iris/subst/0276.htm>

Van den Berg M., Birnbaum L.S., Denison M., De Vito M., Farland W., Feeley M., Fiedler H., Hakansson H., Hanberg A., Hauws L., Rose M., Safe S., Schrenk D., Tohyama C., Tritscher A., Tuomisto J., Tysklind M., Walker N. & Peterson R.E. 2006. The 2005 world health organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological Science*, 93 (2), 223-41.

van Leeuwen SP and de Boer J, 2008. Brominated flame retardants in fish and shellfish - levels and contribution of fish consumption to dietary exposure of Dutch citizens to HBCD. *Molecular Nutrition & Food Research*, 52, 194-203.

Vinci M., Canfyn M, De Meulenaer B, de Schaetzen T, Van Overmeire I, De Beer J, Van Loco J. 2010 Determination of benzene in different food matrices by distillation and isotope dilution HS-GC/MS [Anal Chim Acta](#) , 672 (1-2):124-9.

Vinci M., Jacxsens L., Van Loco J., Matsiko E., Lachat C., de Schaetzen T., Canfyn M., Van Overmeire I., Kolsteren P., De Meulenaer B. 2012. Assessment of human exposure to benzene through foods from the Belgian market. [Chemosphere](#). 88 (8):1001-7.

Voorspoels S., Covaci A., Neels H., Schepens P. 2007. Dietary PBDE intake: a market-basket study in Belgium. *Environ. Int.* 33, 1, 93-97.

WHO (2003) Benzene in drinking-water; Background document for development of WHO. Guidelines for drinking-water quality (WHO/SDE/WSH/03.04/24). http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/benzene.pdf

Windal I., Vandevijvere S., Maleki M., Gosciny S., Vinkx C., Focant J.F., Eppe G., Hanot V., Van Loco J. 2010. Dietary intake of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs of the Belgian population *Chemosphere* 79, 334–340.

Présentation du Comité scientifique de l'AFSCA

Le Comité scientifique est un organe consultatif de l'Agence fédérale belge pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (AFSCA) qui rend des **avis scientifiques indépendants** en ce qui concerne l'évaluation et la gestion des risques dans la chaîne alimentaire, et ce sur demande de l'administrateur délégué de l'AFSCA, du ministre compétent pour la sécurité alimentaire ou de sa propre initiative. Le Comité scientifique est soutenu administrativement et scientifiquement par la Direction d'encadrement pour l'évaluation des risques de l'Agence alimentaire.

Le Comité scientifique est composé de 22 membres, nommés par arrêté royal sur base de leur expertise scientifique dans les domaines liés à la sécurité de la chaîne alimentaire. Lors de la préparation d'un avis, le Comité scientifique peut faire appel à des experts externes qui ne sont pas membres du Comité scientifique. Tout comme les membres du Comité scientifique, ceux-ci doivent être en mesure de travailler indépendamment et impartialement. Afin de garantir l'indépendance des avis, les conflits d'intérêts potentiels sont gérés en toute transparence.

Les avis sont basés sur une évaluation scientifique de la question. Ils expriment le point de vue du Comité scientifique qui est pris en consensus sur la base de l'évaluation des risques et des connaissances existantes sur le sujet.

Les avis du Comité scientifique peuvent contenir des **recommandations** pour la politique de contrôle de la chaîne alimentaire ou pour les parties concernées. Le suivi des recommandations pour la politique est la responsabilité des gestionnaires de risques.

Les questions relatives à un avis peuvent être adressées au secrétariat du Comité scientifique: Secretariat.SciCom@afsca.be

Membres du Comité scientifique

Le Comité scientifique est composé des membres suivants:

S. Bertrand, M. Buntinx, A. Clinquart, P. Delahaut, B. De Meulenaer, N. De Regge, S. De Saeger, J. Dewulf, L. De Zutter, M. Eeckhout, A. Geeraerd, L. Herman, P. Hoet, J. Mahillon, C. Saegerman, M.-L. Scippo, P. Spanoghe, N. Speybroeck, E. Thiry, T. van den Berg, F. Verheggen, P. Wattiau

Conflit d'intérêts

Aucun conflit d'intérêts n'a été signalé.

Remerciement

Le Comité scientifique remercie la Direction d'encadrement pour l'évaluation des risques et les membres du groupe de travail pour la préparation du projet d'avis.

Composition du groupe de travail

Le groupe de travail était composé de:

Membres du Comité scientifique : M.-L. Scippo (rapporteur), S. De Saeger, B. De Meulenaer, P. Hoet, W. Steurbaut (jusqu'au 24/01/2017), M. Buntinx (à partir du 25/01/2017)

Experts externes	G. Eppe (ULg-CART), W. Steurbaut (ex-UG) (à partir du 25/01/2017), L. Pussemier (ex- CERVA – à partir du 27/03/2017)
Gestionnaire du dossier:	V. Vromman (jusqu'au 15/03/2017), M. Leroy (à partir du 16/03/2017 jusqu'au 31/03/2017), X. Van Huffel (à partir du 1/04/2017)

Les activités du groupe de travail ont été suivies par les membres de l'administration suivants (comme observateurs): V. Vromman - AFSCA (à partir du 16/03/2017), E. Moons (AFSCA), Anaïs Jobé (AFSCA)

Cadre juridique

Loi du 4 février 2000 relative à la création de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, notamment l'article 8 ;

Arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire;

Règlement d'ordre intérieur visé à l'article 3 de l'arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, approuvé par le Ministre le 9 juin 2011.

Disclaimer

Le Comité scientifique conserve à tout moment le droit de modifier cet avis si de nouvelles informations et données deviennent disponibles après la publication de cette version.