

**CONSEIL URGENT 10-2021**

**Objet :**

**Composés perfluoroalkylés dans les denrées  
alimentaires d'origine animale et végétale**

(SciCom 2021/13)

Conseil urgent approuvé par le Comité Scientifique le 25 juin 2021

**Mots-clés :** limite d'action, composés perfluoroalkylés, PFAS, denrées alimentaires

**Key terms :** action limit, perfluoroalkyl compounds, PFAS, food

## Table des matières

Résumé.....	4
Summary .....	7
1. Termes de référence .....	11
1.1. Contexte et questions posées .....	11
1.2. Dispositions législatives.....	11
1.3. Méthode .....	11
2. Contexte .....	13
2.1. Composés perfluoroalkylés (PFAS) et seuils de sécurité alimentaire.....	13
2.2. Pollution environnementale aux PFAS à Zwijndrecht (Belgique).....	15
2.3. Pollution environnementale au PFOA à Dordrecht (Pays-Bas).....	16
3. Avis .....	17
3.1. Révision des limites d'action pour les PFAS.....	17
3.2. Zone d'échantillonnage à Zwijndrecht .....	20
3.3. Types de PFAS à surveiller dans le rayon d'échantillonnage .....	22
3.4. Transfert des aliments pour animaux vers les animaux producteurs de denrées .....	22
3.4.1. Oeufs .....	23
3.4.2. Viande provenant d'animaux d'élevage.....	24
a. La viande porcine .....	24
b. La viande bovine.....	24
c. Lait de vache.....	26
d. Incertitudes .....	26
e. Conclusions .....	27
f. Recommandations .....	28
Références.....	30
Présentation du Comité scientifique institué auprès de l'AFSCA.....	33
Membres du Comité scientifique.....	33
Conflit d'intérêts.....	33
Remerciement .....	33
Composition du groupe de travail.....	34
Cadre juridique .....	34
Disclaimer .....	34

## Tableaux

Tableau 1. EAC calculées et arrondies pour la somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les denrées alimentaires d'intérêt .....	17
Tableau 2. Teneur au P95 en somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les différentes catégories de denrées alimentaires d'intérêt (données utilisées dans EFSA (2020) et complété par les données transmises depuis 2017 par les états membres de l'Union Européenne) .....	19
Tableau 3. Concentrations médianes dans le sol (1), les isopodes (2) et les œufs de mésanges charbonnières (3) selon la distance du lieu d'échantillonnage par rapport au site industriel (Groffen <i>et al.</i> , 2019a) .....	35
Tableau 4. Concentrations moyennes des PFAS mesurés dans le sol ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) selon la distance du lieu d'échantillonnage par rapport au site industriel (Groffen <i>et al.</i> , 2019b).....	35
Tableau 5. Concentration en PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS et somme de ces 4 PFAS ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) dans les oeufs (n = 67) et légumes (n = 21) de jardins privés, échantillonnés et analyses par l'UAntwerpen en 2019 .....	36
Tableau 6. Concentrations en PFAS dans le foie, les reins, les tissus musculaires et le lait de vache ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) et pourcentage de la dose ingérée, après 28 jours d'alimentation contaminée (groupe 1) et après 28 jours d'alimentation contaminée suivis de 21 jours de depuration (groupe 2).....	38

## Figures

Figure 1. Structure chimique et numéro CAS des PFAS linéaires considérés dans cet avis (EFSA, 2020) .....	15
Figure 2. Teneur en PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les oeufs ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en fonction de la distance par rapport au site industriel (m) .....	21
Figure 3. Teneur en PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les légumes ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en fonction de la distance par rapport au site industriel (m) .....	21

## Annexes

Annexe A. Données de Groffen <i>et al.</i> (2019a, 2019b) .....	35
Annexe B. Données de l'UAntwerpen.....	36
Annexe C. Données de Kowalczyk <i>et al.</i> (2013) .....	38

## Résumé

### Conseil urgent du Comité scientifique institué auprès de l'AFSCA relatif aux composés perfluoroalkylés (PFAS) dans les denrées alimentaires d'origine animale et végétale

#### Contexte et questions posées

Dans son avis 15-2017, le SciCom (Comité scientifique institué auprès de l'AFSCA) avait calculé des limites d'action pour deux composés perfluoroalkylés (l'acide perfluorooctanesulfonique, PFOS, et l'acide perfluorooctanoïque, PFOA) en tenant compte de la dose journalière tolérable (*tolerable daily intake*, TDI) établie par l'EFSA (2008) (150 ng/kg pc/j pour le PFOS et 1500 ng/kg pc/j pour le PFOA). Or, en 2020, sur base d'effets sur le système immunitaire chez les nourrissons, l'EFSA a établi une dose hebdomadaire tolérable (*tolerable weekly intake*, TWI) beaucoup plus basse pour la somme PFOS + PFOA + PFNA (acide perfluorononanoïque) + PFHxS (acide perfluorohexane sulfonique) de 4,4 ng/kg pc/semaine. Ce niveau d'exposition chronique aux PFAS, appliqué aux femmes, devrait permettre d'éviter un dépassement du niveau sérique de 17,5 ng/mL chez les enfants allaités durant 1 an (ce qui correspond à la BMDL<sub>10</sub> conduisant à une diminution de la réponse vaccinale chez ces enfants).

Il est demandé au SciCom de mettre à jour les limites d'action pour les composés perfluoroalkylés (PFAS) dans les denrées alimentaires d'origine animale (viande, œufs, lait, poissons) et végétale (fruits et légumes), et ce sur base des nouvelles informations et en tenant compte des limitations analytiques des laboratoires et du principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

En raison d'une contamination environnementale aux PFAS dans la région de Zwijndrecht, les questions suivantes sont également posées :

- Quelle zone d'échantillonnage devrait être envisagée, compte tenu des données disponibles sur des cas similaires de contaminations environnementales antérieures et en l'absence de données concrètes concernant l'étendue géographique de la pollution du sol à Zwijndrecht?
- Quels PFAS (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS) doivent être considérés lors de la surveillance dans la zone de pollution, et ce en l'absence de données concrètes issues de l'étude de la pollution du sol ?
- De quelles connaissances dispose-t-on sur un possible transfert de ces contaminants depuis le sol jusqu'aux animaux producteurs de denrées alimentaires, via l'alimentation animale ?

#### Méthode

Ce conseil est réalisé en urgence sur base d'opinions d'expert, d'une lecture rapide des différents rapports reçus par le demandeur d'avis et de la littérature scientifique, ainsi que le calcul de concentrations acceptables estimées (*estimated acceptable concentration*, EAC) selon la méthode établie par le Comité scientifique.

#### Conclusions

Les EAC calculées et arrondies pour la somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Denrée alimentaire	EAC (µg/kg)
Viande	0,07
Lait	0,02
Œufs	0,2
Poissons	0,15

Fruits	0,04
Légumes	0,05
Racines et tubercules riches en amidon (pommes de terre, patates douces, etc.)	0,08

Ces EAC sont très basses comparées aux limites de quantification (LOQ) des méthodes d'analyse validées actuellement et envisageables dans un futur proche. Le principe ALARA, sur base de l'occurrence au P95 des données de la Commission européenne, pourrait être un scénario temporairement utilisé par le gestionnaire de risque (dans le cas où la EAC est inférieure à la valeur P95 de contamination). Cependant, le SciCom fait remarquer que le contexte européen n'est pas représentatif du contexte belge (qui présente des zones à forte densité de population et très industrialisées, ayant conduit à une contamination historique de l'environnement par des PFAS). Afin d'assurer la sécurité des denrées alimentaires, le SciCom recommande d'appliquer dès que possible ce principe ALARA en tenant compte des niveaux de contamination au P95 de la contamination de base provenant de données belges. Ces données de contamination de base dans les aliments devront être obtenues avec des méthodes analytiques plus sensibles (avec des LOQ plus faibles) que celles utilisées actuellement pour les contrôles officiels réalisés par l'AFSCA.

Ci-dessous, les données pour la somme PFOS + PFAS + PFNA + PFHxS dans les denrées alimentaires (scénario LB) proviennent d'un set de données utilisé pour l'avis de l'EFSA de 2020 et complété par des données transmises depuis 2017 par les états membres de l'Union Européenne. Elles ont été rassemblées par la Commission européenne en vue de fixer des futures normes européennes. Ces données proviennent d'échantillons pris hors zones de contamination connues.

Denrée alimentaire	Teneur P95 de la somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS (scénario LB*, µg/kg)
Viande d'élevage	0,85
Viande de gibier	6,38
Abats comestibles de gibier	778,57
Abats comestibles d'animaux d'élevage	8,62
Lait	0,03
Œufs	1,55
Anguille, perche, gardon, dorade, carpe, babel, éperlan, omble et anchois	39,17
Bar, bonite, lotte, mullet gris, hareng de la Baltique, lamproie, brochet, sandre, plie, saumon sauvage, sardine, pilchard, poisson-chat de mer, poisson-loup, sprat, vendace ( <i>Coregonus vandesius</i> ) et corégone blanc	6,70
Tous les autres poissons	1,80
Crustacés et mollusques	2,59
Fruits	0,02
Légumes	0,05

\* LB = lower bound ; les résultats qui été rapportés « < LOQ » ont été considérés comme étant égal à 0 µg/kg

Outre les matrices alimentaires spécifiées dans la demande de ce conseil urgent, le SciCom fait simplement remarquer que les limites de la Directive (UE) 2020/2184 pour les PFAS dans l'eau de boisson, destinées à garantir la potabilité de l'eau, pourraient être utilisées, même si la directive n'a pas encore été transposée dans la législation belge. Ces limites sont 0,50 µg/L pour le total des PFAS (totalité des substances alkylées per- et polyfluorées) et 0,10 µg/L pour la somme des PFAS considérées comme préoccupantes pour les eaux destinées à la consommation humaine selon la Directive.

Sur base des données de contamination par des PFAS du sol, d'œufs et de légumes à Zwijndrecht, des recommandations du gouvernement flamand sur la consommation des œufs produits localement, et dans un scénario du pire (*worst case scenario*), le SciCom propose d'étendre la zone d'échantillonnage des denrées alimentaires à un rayon de 15 km autour du site industriel responsable de l'émission des PFAS dans l'environnement. L'échantillonnage doit se faire à une distance graduelle croissante du site industriel, afin de voir si les concentrations en PFAS diminuent avec la distance par rapport à la source. Il convient cependant d'examiner de manière critique s'il existe d'autres sources importantes d'émission de PFAS dans les environs. Les cercles de contamination de différentes sources peuvent se chevaucher. En outre, des échantillons doivent également être prélevés dans une zone qui n'est pas connue pour être contaminée aux PFAS (site de référence pour comparaison des données). La zone d'échantillonnage pourra être adaptée, en fonction des résultats d'analyse. Par exemple, si les résultats démontrent que la contamination des PFAS se situe sur une(des) direction(s) bien définie(s), que la contamination de la chaîne alimentaire ne s'étend pas jusqu'à 15 km ou, à l'inverse, reste constante jusqu'à 15 km et pourrait donc aller au-delà, ...

Les analyses doivent porter sur la somme PFOS (formes linéaire et ramifiées) + PFOA (formes linéaire et ramifiées) + PFNA + PFHxS, qui sont des composés analysables dans un même cycle analytique.

### Recommandations

Compte tenu des données disponibles et de l'opinion des experts, le SciCom recommande de réaliser des analyses de l'ensemble de la chaîne alimentaire avec en priorité des analyses sur les œufs, les abats comestibles (en particulier le foie), la viande de gibier, la viande provenant d'animaux d'élevage et le lait.

En outre, une fois que des méthodes d'analyse seront validées avec des LOQ plus basses, il est recommandé de déterminer la contamination de fond de la chaîne alimentaire. Il est recommandé de réaliser des analyses pour la somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les denrées alimentaires, les aliments pour animaux et l'eau destinée aux animaux.

Le SciCom recommande également de réaliser des analyses autour de chaque zone connue pour être contaminée aux PFAS en Belgique (comme à Malines et autour des casernes de pompier), analyses de denrées alimentaires d'origine animale et végétale, sur base des analyses du sol. Des informations sur l'ensemble des analyses des PFAS dans le sol en Flandres et en Wallonie peuvent être obtenues auprès de l'OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij ; <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling>) et de l'ISSEP (Institut Scientifique de Service Public ; <https://www.issep.be/qualite-des-sols/>), respectivement.

Enfin, afin d'évaluer l'exposition de la population belge dans les zones contaminées et les zones non contaminées, le SciCom recommande à l'AFSCA de suivre les résultats du biomonitoring.

## Summary

### Urgent opinion of the Scientific Committee established at the FASFC on perfluoroalkyl substances (PFAS) in food of animal and vegetable origin

#### Context and questions asked

In its opinion 15-2017, the SciCom (Scientific Committee established at the FASFC) calculated action limits for two perfluoroalkyl compounds (perfluorooctane sulfonic acid, PFOS, and perfluorooctanoic acid, PFOA) taking into account the tolerable daily intake (TDI) established by the EFSA (2008) (150 ng/kg bw/d for PFOS and 1500 ng/kg bw/d for PFOA). However, in 2020, based on effects on the immune system, the EFSA has set a tolerable weekly intake (TWI) for the sum of PFOS + PFOA + PFNA (perfluoronitrile) + PFHxS (perfluorooxane sulphonic acid) of 4.4 ng/kg bw/week. This level of chronic exposure to PFAS, applied to women, is expected to avoid exceeding the serum level of 17.5 ng/mL in breastfed children for 1 year (corresponding to the BMDL<sub>10</sub> leading to a decreased vaccine response in these children). According to EFSA (2020), this TWI, based on this mother/child exposure model, applies to the general population.

The SciCom is asked to review the action limits for perfluoroalkyl substances (PFAS) in foodstuffs of animal (meat, eggs, milk, fish) and plant origin (fruit and vegetables) on the basis of new information and taking into account the analytical constraints of the laboratories and the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle.

Given the environmental contamination with PFAS in the Zwijndrecht area, the following questions are also asked:

- Which sampling area should be considered for the monitoring of the environmental contamination with PFAS in Zwijndrecht, taking into account the available research data of previous similar environmental contaminations and in the absence of concrete data with regard to the geographical distribution that can be retrieved from the soil investigation?
- What type of PFAS congeners (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS) should be considered when performing monitoring in the pollution zone, in the absence of concrete data from the soil investigation?
- Can the Scientific Committee give an indication of the possible transmission of the contaminants of concern via feed to consumer animals?

#### Method

This opinion has been issued urgently on the basis of expert advice, a quick reading of the various reports provided by the applicant and of the scientific literature, and on the basis of the calculation of the estimated acceptable concentrations (EACs) according to the methodology established by the Scientific Committee.

## Conclusion

The calculated and rounded EACs for the sum of PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS are shown in the table below.

Foodstuff	EAC ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Meat	0,07
Milk	0,02
Eggs	0,2
Fish	0,15
Fruit	0,04
Vegetables	0,05
Starchy roots and tubers (potatoes, sweet potatoes, etc.)	0,08

These EACs are very low compared to the limits of quantification (LOQ) of the currently validated analytical methods and of those foreseeable in the near future. The ALARA principle, based on the P95 occurrence of the data of the European Commission, could be a temporary scenario used by the risk manager (in case the EAC is below the P95 contamination value). However, the SciCom points out that the European context is not representative for the Belgian context (which has densely populated and highly industrialised areas, leading to historical environmental PFAS contamination). In order to ensure food safety, the SciCom recommends to apply this ALARA principle as soon as possible by taking into account the P95 contamination levels of the background contamination from Belgian data. These data for background contamination in foodstuffs will have to be obtained with more sensitive analytical methods (with lower LOQs) than those currently used for official controls by the FASFC.

The data below for the sum of PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS in foodstuffs (LB scenario) come from a dataset used for the EFSA opinion of 2020 and completed by data transmitted since 2017 by the EU Member States. They have been collected by the European Commission in order to set future European maximum limits. These data are based on samples taken outside known contaminated areas.

Food category	P95 level of the sum of PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS (LB-scenario*, $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Livestock meat	0,85
Game meat	6,38
Edible offals from game meat	778,57
Edible offals from livestock meat	8,62
Milk	0,03
Eggs	1,55
Eel, perch, carp, char, anchovy, roach, bream, barel, smelt	39,17
Bass, bonito, burbot, grey mullet, Baltic herring, lamprey, pike, pike-perch,	6,70



plaice, wild salmon, sardine, pilchard, sea catfish, wolf fish, sprat, vendace and whitefish	
Every other fish	1,80
Crustaceans and molluscs	2,59
Fruits	0,02
Vegetables	0,05

\* LB = *lower bound* ; results that were reported as "< LOQ" were considered to be 0 µg/kg

In addition to the food matrices specified in the request for this urgent opinion, the SciCom simply points out that the limits of Directive (EU) 2020/2184 for PFAS in drinking water, intended to ensure the potability of water, could be used, even though the directive has not yet been transposed into Belgian legislation. These limits are 0.50 µg/L for total PFAS (total per- and polyfluorinated alkyl substances) and 0.10 µg/L for the sum of PFAS considered to be of concern for water intended for human consumption according to the Directive.

Based on the data on PFAS contamination of soil, eggs and vegetables in Zwijndrecht, the recommendations of the Flemish government on the consumption of locally produced eggs, and in a worst case scenario, the SciCom proposes to extend the sampling area for foodstuffs to a radius of 15 km around the industrial site responsible for the emission of PFAS into the environment. The sampling should be done at a gradually increasing distance from the industrial site, in order to see whether PFAS concentrations decrease with distance from the source. However, it should be critically examined whether there are other significant sources of PFAS emissions in the vicinity. The contamination zones of different sources may overlap. In addition, samples should also be taken from an area that is not known to be contaminated with PFAS (reference site for data comparison). The sampling area may be adapted, depending on the analytical results. For example, if the results show that the PFAS contamination is located in a well-defined direction(s), that the contamination of the food chain does not extend up to 15 km or, conversely, remains constant up to 15 km and could therefore go beyond, ...

The analyses must cover the sum of PFOS (linear and branched forms) + PFOA (linear and branched forms) + PFNA + PFHxS, which are compounds that can be analysed in the same analytical cycle.

### Recommendations

Based on the available data and expert opinion, the SciCom recommends that analyses of the whole food chain be carried out, with priority given to eggs, edible offal (especially liver), game meat, livestock meat and milk.

In addition, once analytical methods are validated with lower LOQs, it is recommended to determine the background contamination of the food chain. It is recommended to perform analyses for the sum of PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS in food, feed and water for animals.

The SciCom also recommends to perform analyses around every known PFAS-contaminated area in Belgium (such as Mechelen and around fire stations), analyses of foodstuffs of animal and plant origin, based on soil analyses. Information on all PFAS analyses in soil in Flanders and Wallonia can be obtained from OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij;

<https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling> ) and ISSeP (Institut Scientifique de Service Public; <https://www.issep.be/qualite-des-sols/> ), respectively.

Finally, in order to assess the exposure of the Belgian population in contaminated and uncontaminated areas, the SciCom recommends that the FASFC follows up on the biomonitoring results.

## 1. Termes de référence

### 1.1. Contexte et questions posées

Dans son avis 15-2017, le SciCom avait calculé des limites d'action pour deux composés perfluoroalkylés (le PFOS et le PFOA) en tenant compte de la dose journalière tolérable (TDI) établie par l'EFSA (2008) (150 ng/kg pc/j pour le PFOS et 1500 ng/kg pc/j pour le PFOA). En 2018, l'EFSA a mis à jour les valeurs en proposant des doses hebdomadaires tolérables (TWI) pour le PFOS (13 ng/kg pc/semaine) et le PFOA (6 ng/kg pc/semaine). Ces valeurs étaient provisoires, en attendant la finalisation de l'avis de l'EFSA (2020) sur les risques pour la santé humaine liés à la présence de tous les PFAS dans les aliments. Dans son avis de 2020, l'EFSA a établi une TWI encore plus sévère, mais cette fois pour la somme de 4 composés (PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS), de 4,4 ng/kg pc/semaine. Il est demandé au SciCom de mettre à jour les limites d'action pour les composés perfluoroalkylés (PFAS) dans les denrées alimentaires d'origine animale (viande, œufs, lait, poissons) et végétale (fruits et légumes), et ce sur base des nouvelles informations et en tenant compte des limitations analytiques des laboratoires et du principe ALARA.

En raison d'une contamination environnementale aux PFAS dans la région de Zwijndrecht, les questions suivantes sont également posées :

- Quelle zone d'échantillonnage devrait être envisagée, compte tenu des données disponibles sur des cas similaires de contaminations environnementales antérieures et en l'absence de données concrètes concernant l'étendue géographique de la pollution du sol à Zwijndrecht?
- Quels PFAS (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS) doivent être considérés lors de la surveillance dans la zone de pollution, et ce en l'absence de données concrètes issues de l'étude de la pollution du sol ?
- De quelles connaissances dispose-t-on sur un possible transfert de ces contaminants aux animaux producteurs de denrées alimentaires, via l'alimentation animale ?

### 1.2. Dispositions législatives

Directive (UE) 2020/2184 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

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

Règlement (CE) N°178/2002 du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2002 établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires.

### 1.3. Méthode

Ce conseil est réalisé en urgence sur base d'opinions d'expert, d'une lecture rapide des différents rapports reçus par le demandeur d'avis (cf. références) et de la littérature ainsi que le calcul de concentrations acceptables estimées (estimated acceptable concentration, EAC) selon la méthode établie par le Comité scientifique.

Pour rappel : une « limite d'action » pour un contaminant chimique dans une denrée alimentaire définit la concentration de ce contaminant dans la denrée alimentaire à partir de laquelle un dépassement entraînera la mise en place de mesures effectives sur le terrain (AFSCA, 2014). Il est reconnu que l'évaluation scientifique des risques ne peut à elle seule, dans certains cas, fournir toutes les informations sur lesquelles une décision de gestion des risques doit se fonder et que d'autres facteurs pertinents doivent légitimement être pris en considération, notamment des facteurs sociétaux, économiques, traditionnels, éthiques et environnementaux, ainsi que la faisabilité des contrôles (Règlement (CE) n° 178/2002). Le SciCom est d'avis qu'il ne peut que proposer une base scientifique pour la fixation d'une limite d'action. Cette réflexion a mené le SciCom à introduire et à privilégier dans ses avis l'utilisation du terme plus neutre (en matière d'évaluation des risques) de « concentration acceptable estimée » (estimated acceptable concentration, EAC) (Claeys *et al.*, 2021). L'EAC est une limite de concentration basée sur le risque qui correspond à la concentration d'une substance qu'une denrée alimentaire peut contenir sans que l'exposition à cette substance via la consommation de cette denrée alimentaire n'entraîne une préoccupation pour la santé publique. L'EAC peut servir de base scientifique au gestionnaire des risques pour fixer une limite d'action.

Pour chaque catégorie de denrées alimentaires d'intérêt, une EAC pour la somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS est calculée en divisant la dose hebdomadaire tolérable (TWI) établie par l'EFSA (2020) par la donnée de consommation au 95<sup>ème</sup> percentile (P95) de l'enquête alimentaire belge de 2014 (disponible dans la base de données de consommation de l'EFSA, FoodEx2) :

$$EAC (PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS) = \frac{TWI}{\text{Consommation au P95}}$$

La TWI pour la somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS est de 4,4 ng/kg pc/semaine (EFSA, 2020) et a été ramenée en ng/kg pc/j pour le calcul de l'EAC (exprimée en µg/kg), soit 0,63 ng/kg pc/j.

Chaque EAC calculée est arrondie, à la fois en appliquant les règles mathématiques et en se référant aux valeurs mentionnées dans un document de l'OECD (2011). Par exemple, elle est arrondie à l'une des valeurs suivantes :

- 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 ; ...
- 1 000 ; 1 500 ; 2 000 ; 3 000 ; 4 000 ; ...

En d'autres termes, il convient d'arrondir chaque EAC à 1 chiffre significatif, comme un multiple de l'ordre de grandeur décimal de la valeur calculée, sauf si la valeur calculée se situe entre 12,5 et 17,4 (ou par analogie, dans un autre ordre de grandeur décimal), auquel cas un arrondi à 15 est utilisé (ou, par analogie, dans un autre ordre de grandeur décimal).

Vu la consultation électronique des membres du groupe de travail ce 18 juin 2021, l'approbation de la version provisoire du conseil urgent le 23 juin 2021 par les membres du SciCom et de la discussion en séance plénière du 25 juin 2021,

## le Comité scientifique émet le conseil urgent suivant :

### 2. Contexte

#### 2.1. Composés perfluoroalkylés (PFAS) et seuils de sécurité alimentaire

Les composés perfluoroalkylés (PFAS) sont largement utilisés dans des applications industrielles et de consommation (revêtements anti-taches pour les tissus et les tapis, revêtements résistants à l'huile pour les produits en papier en contact avec les aliments, mousses anti-incendie, téflon, etc.).

En 2008, l'EFSA a publié un avis sur la contribution relative des différentes denrées alimentaires et des matériaux en contact avec les aliments à l'exposition humaine à l'acide perfluorooctanesulfonique (PFOS), à l'acide perfluorooctanoïque (PFOA) et à leurs sels. Dans cet avis, l'EFSA (2008) avait établi une dose journalière tolérable (TDI) pour le PFOS (150 ng/kg pc/j) ainsi que pour le PFOA (1 500 ng/kg pc/j), sur base de données issues de recherches sur des singes. L'EFSA a recommandé la collecte de données supplémentaires sur les niveaux de PFAS dans les aliments, notamment en ce qui concerne la surveillance des tendances d'exposition. Sur cette base, le SciCom a proposé des limites d'action dans l'avis 15-2017 pour le PFOS et le PFOA dans divers aliments d'origine animale (viande, œufs, lait et poissons).

Toutefois, en 2018, l'EFSA a mis à jour les valeurs en proposant des doses hebdomadaires tolérables (TWI) pour le PFOS (13 ng/kg pc/semaine) et le PFOA (6 ng/kg pc/semaine), à partir de données provenant d'études épidémiologiques. Ces TWI étaient des valeurs seuils provisoires, en attendant la finalisation de l'avis de l'EFSA (2020) sur les risques pour la santé humaine liés à la présence de tous les PFAS dans les aliments. Dans cet avis (EFSA, 2020), un nouveau seuil de sécurité pour la somme des 4 principaux PFAS qui s'accumulent dans l'organisme via l'alimentation (le PFOS, le PFOA, l'acide perfluorononanoïque noté PFNA et l'acide perfluorohexane sulfonique noté PFHxS, voir figure 1) a été fixé, sur base des effets sur le système immunitaire qui sont considérés comme les plus critiques (qui se traduisent chez l'enfant par une diminution de la réponse à la vaccination). D'après plusieurs études sur l'être humain, une BMDL<sub>10</sub> (lower benchmark dose) de 17,5 ng/mL pour la somme des quatre PFAS dans le sérum a été identifiée chez les enfants de 1 an nourris au sein (basée sur l'association inverse entre les taux sériques de la somme de ces quatre PFAS et des titres d'anticorps contre la diphtérie, suite à la vaccination). En tenant compte des connaissances sur l'absorption et la distribution des PFAS chez la mère et l'enfant (modélisation pharmacocinétique physiologique (*physiologically based pharmacokinetic*, PBPK), sur base d'une durée d'un an d'allaitement maternel, ce niveau sérique de 17,5 ng/mL chez l'enfant a été estimé correspondre à une exposition maternelle via l'alimentation de 0,63 ng/kg pc/j. L'ingestion de cette dose résulterait en un taux sérique de 6.9 ng/mL chez une mère de 35 ans. Étant donné que l'accumulation au fil du temps est importante, une dose hebdomadaire

tolérable (TWI) de 4,4 ng/kg de pc/semaine a été établie. Aucun facteur d'incertitude n'a été appliqué à la BMDL<sub>10</sub> étant donné que celle-ci est dérivée d'effets chez des enfants d'un an, qui sont une population sensible, et que l'effet pris en compte est une diminution de réponse à la vaccination, ce qui est un facteur de risque de maladie mais pas une maladie (EFSA, 2020).

Étant donné que les niveaux sériques chez les nourrissons atteignent normalement les niveaux les plus élevés de la population en cas d'exposition de fond, l'EFSA (2020) pense que cette TWI protège également les autres groupes d'âge contre les effets sur le système immunitaire. Cependant, l'EFSA (2020) a noté que les informations sur les groupes d'âge plus élevés sont limitées.

L'EFSA a sélectionné ces 4 PFAS parce qu'ensemble, ils représentaient environ la moitié de l'exposition (considérée à la limite inférieure ou *lower bound*, LB) aux PFAS pour lesquels des données d'occurrence étaient disponibles. La contribution restante provenait principalement du PFBA (acide perfluorobutanoïque) et du PFHxA (acide perfluorohexanoïque), deux PFAS à courte demi-vie. En l'absence de connaissance précise sur les effets toxiques du PFOS, du PFNA et du PFHxS, l'EFSA a considéré que leur toxicité sur le système immunitaire était équivalente à celle du PFOA (EFSA, 2020). Le SciCom tient à faire remarquer que, outre ces 4 composés, il existe de nombreux autres PFAS dont on a peu de connaissances concernant la toxicité et/ou l'occurrence. Ces 4 composés ne sont pas, par définition, les PFAS les plus pertinents pour d'autres voies d'exposition (RIVM, 2021). Dans une mesure plus ou moins grande, d'autres PFAS contribuent également à l'exposition totale.

Des discussions au niveau européen en vue d'établir des limites maximales pour les PFOS, PFOA, PFNA et PFHxS dans les denrées alimentaires ont récemment débuté. Les denrées visées sont les œufs, la viande et les abats d'animaux d'élevage, la viande et les abats de gibier, les poissons, les crustacés et mollusques, et potentiellement le lait. En outre, des discussions portent sur l'élaboration d'un projet de recommandations pour collecter des résultats d'analyse pour les PFAS dans différentes matrices (fruits, légumes, aliments pour nourrissons et enfants en bas-âge, viande, etc.).

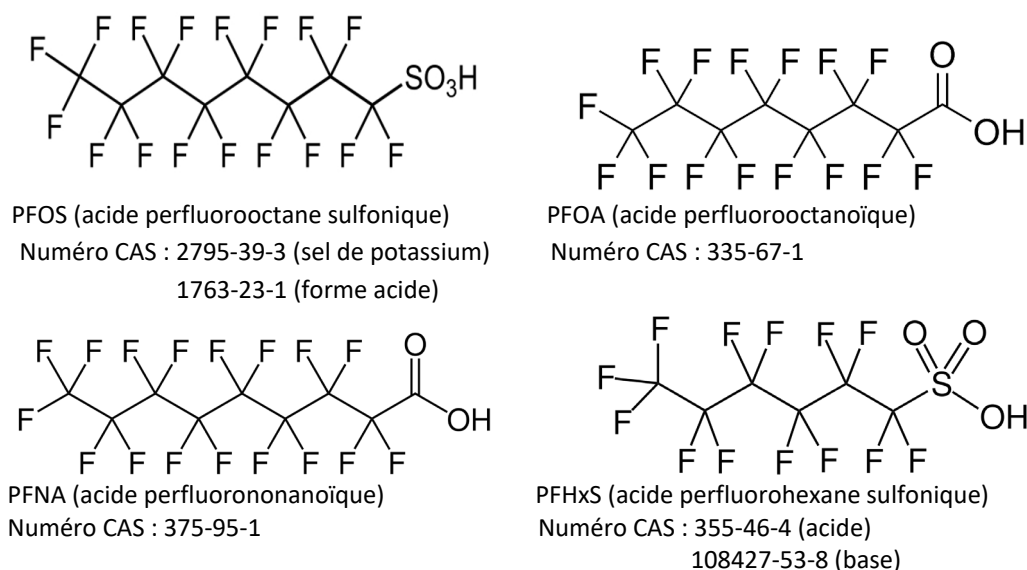


Figure 1. Structure chimique et numéro CAS des PFAS linéaires considérés dans cet avis (EFSA, 2020)

Le SciCom précise que le PFOS et le PFOA sont présents sous forme linéaire et sous formes ramifiées (ramification de la chaîne carbonée). Les PFOS ramifiés peuvent constituer jusqu'à 30% du total des PFOS dans une matrice alimentaire.

## 2.2. Pollution environnementale aux PFAS à Zwijndrecht (Belgique)

Début juin 2021, l'AFSCA a été informée d'une contamination historique de l'environnement par des PFAS à Zwijndrecht. La zone contaminée est située à proximité d'un site industriel, qui a produit et émis dans l'environnement des PFAS jusqu'en 2002.

Une étude indicative du sol a été réalisée par l'université d'Anvers (UAntwerpen). Cet été, l'UAntwerpen va également effectuer des analyses sur des légumes chez un agriculteur. En outre, sur base des recherches déjà menées par l'UAntwerpen, le gouvernement flamand a communiqué, le 10 juin 2021, que la consommation d'œufs de poules détenues chez des particuliers dans une zone de 5 kilomètres autour du site contaminé de Zwijndrecht était fortement déconseillée (éventuellement, limiter à maximum 1 œuf par semaine dans un rayon inclus entre 5 et 10 km). Le gouvernement flamand a également émis d'autres mesures (« no regret »-maatregelen) qui varient selon la distance par rapport au site industriel, jusqu'à une distance maximale de 10 km (détails disponibles via le lien : <https://www.zwijndrecht.be/no-regret-maatregelen-in-kader-van-pfos-bodemverontreiniging-in-de-omgeving-van-3m> ).

La surveillance active de la pollution environnementale et de la contamination dans les potagers privés fait partie des compétences des Régions. Il leur appartient de dresser un tableau clair de la nature et de l'étendue de la contamination environnementale, tant en termes de degré de contamination que de répartition géographique.

Cependant, il appartient à l'AFSCA, d'une part, de vérifier si les opérateurs prennent toutes les mesures pour démontrer que leurs produits sont sûrs (par exemple au moyen d'analyses) et, d'autre part, de contrôler les produits relevant de son autorité, si elle le juge nécessaire. Par conséquent, l'AFSCA a contacté l'OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij) pour obtenir plus d'informations sur la situation exacte à Zwijndrecht. L'OVAM mène en ce moment une étude sur la contamination

historique du sol par les PFAS dans la région de Zwijndrecht et du Linkeroever. Les résultats ne sont pas encore disponibles.

En cas de non-conformité (dépassement d'une limite d'action), les mesures nécessaires seront prises par l'AFSCA. Cependant, les limites d'action proposées par le SciCom dans son avis 15-2017 doivent être mises à jour, tenant compte des nouvelles valeurs toxicologiques de référence établies par l'EFSA (2020). L'AFSCA souhaite avoir également l'avis scientifique et indépendant du SciCom sur le contrôle qui devrait être mis en place (rayon d'échantillonnage, denrées alimentaires à échantillonner).

### **2.3. Pollution environnementale au PFOA à Dordrecht (Pays-Bas)**

Un cas similaire existe actuellement aux Pays-Bas, dans la région de Dordrecht. Le RIVM (Institut national néerlandais pour la santé publique et l'environnement) recommande de ne plus consommer de fruits et de légumes provenant de potagers situés dans un rayon d'1 kilomètre autour d'une usine de Téflon, en raison de la contamination de l'environnement au PFOA

([https://cms.dordrecht.nl/Inwoners/Overzicht\\_Inwoners/Dossier\\_Chemours\\_en\\_DuPont/Nieuws/Advies\\_RIVM\\_eet\\_binnen\\_1\\_kilometer\\_rond\\_Chemours\\_niet\\_uit\\_eigen\\_moestuyn](https://cms.dordrecht.nl/Inwoners/Overzicht_Inwoners/Dossier_Chemours_en_DuPont/Nieuws/Advies_RIVM_eet_binnen_1_kilometer_rond_Chemours_niet_uit_eigen_moestuyn)).

Le RIVM (2021) a mis à jour la valeur seuil de sécurité pour les PFAS dans l'eau de boisson (4,4 ng pour la somme PFOS + PFOA + PFNA + PHFxS par litre d'eau de boisson). Le RIVM a tenu compte d'une consommation quotidienne de 2 litres d'eau pour un adulte de 70 kg, et d'une contribution de l'eau de boisson à 20 % de l'exposition totale aux PFAS via l'alimentation. La valeur de 4,4 ng/L est exprimée en équivalent-PFOA (PEQ), grâce à l'utilisation de « facteurs de puissance relative » (relative potency factors, RPFs). Il s'agit d'une méthode développée par le RIVM, afin d'évaluer le risque suite à l'exposition à un mélange de différents PFAS, en tenant compte de leur équivalence toxique selon une étude de toxicité hépatique chez le rat.

Le SciCom précise néanmoins que la récente directive sur l'eau potable (Directive (UE) 2020/2184) impose aux états membres, dès le 12 janvier 2026, de prendre les mesures nécessaires pour garantir que les eaux destinées à la consommation humaine ne dépassent pas les concentrations de 0,50 µg/L pour le total des PFAS (totalité des substances alkylées per- et polyfluorées) et 0,10 µg/L pour la somme des PFAS considérées comme préoccupantes pour les eaux destinées à la consommation humaine selon la Directive. Cette directive n'a pas encore été transposée dans la législation belge (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).



### 3. Avis

#### 3.1. Révision des limites d'action pour les PFAS

Conformément à l'avis 15-2019, le SciCom calcule et propose une concentration acceptable estimée (EAC) qui peut servir de base scientifique au gestionnaire des risques pour fixer une limite d'action. Dans la mesure où l'EFSA, dans son dernier avis sur les PFAS (EFSA, 2020) ne propose plus de valeur toxicologique de référence individuelle pour le PFOS et pour le PFOA, mais bien une TWI pour la somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS, les EAC pour la somme de ces 4 composés ont été calculées (selon la méthode décrite au point « 1.3. Méthode »). Les données de consommation de l'enquête alimentaire belge de 2014 sont disponibles dans la base de données exhaustive de l'EFSA sur la consommation alimentaire européenne (système FoodEx2). Plus précisément, le P95 des données de consommation pour les enfants de 3 à 9 ans (catégorie Other children), qui est plus élevé comparé aux autres classes d'âge, a été choisi (*worst case scenario*).

Tableau 1. EAC calculées et arrondies pour la somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les denrées alimentaires d'intérêt

Denrée alimentaire	Consommation chronique au P95 (g/kg pc/j)	Catégorie dans FoodEx2 (EFSA)	TWI (ng/kg pc/sem)* (EFSA, 2020)	EAC calculée (ng/kg)	EAC arrondie (µg/kg)
Viande	9,2	Meat and meat products (L1) Other children	4,4	68,3	0,07
Lait	30,4	Milk and dairy products (L1) Other children	4,4	20,7	0,02
Œufs	3,0	Eggs and egg products (L1) Other children	4,4	209,5	0,2
Poissons	4,6	Fish, seafood, amphibians, reptiles, invertebrates (L1) Other children	4,4	136,6	0,15 <sup>1</sup>
Fruits	15,1	Fruits and fruit products (L1) Other children	4,4	41,6	0,04
Légumes	11,9	Vegetables and vegetable products (L1) Other children	4,4	52,8	0,05
Racines et tubercules riches en amidon (pommes de terre, patates douces, etc.)	7,7	Starchy roots or tubers and products thereof, sugar plants (L1) Other children	4,4	81,6	0,08

\* Correspond à 0,63 ng/kg pc/j

<sup>1</sup> Pour info : le RIVM a défini une norme de qualité environnementale pour la somme de tous les PFAS (exprimés en équivalent-PFOA) dans le biote (*milieukwaliteitsnorm in biota*, MKN-biota) « poissons, crustacés et coquillages » à 0,077 µg/kg. Cette norme tient compte d'une consommation journalière de 0,115 kg de poids frais par un adulte de 70 kg pc (soit une donnée de consommation de 1,6 g/kg pc/j) et d'une contribution de maximum 20% à l'ingestion journalière totale aux PFAS (RIVM, 2021b).

Selon la denrée alimentaire, les EAC varient entre 0,02 µg/kg et 0,2 µg/kg, ce qui représente des concentrations extrêmement faibles pour la somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS. Si le gestionnaire de risque souhaite utiliser ces EAC comme limites d'action, il faut que les limites de quantification (LOQ) des analyses ne soient pas supérieures aux valeurs d'EAC.

Or, actuellement, les LOQ des méthodes d'analyse<sup>2</sup>, validées et accréditées, du laboratoire national de référence (LNR) et du laboratoire impliqué dans le programme de contrôle de l'AFSCA pour l'analyse du PFOS et du PFOA, sont supérieures aux EAC. Plus précisément, les LOQ des méthodes validées au LNR se situent entre 0,1-0,5 µg/kg pour le lait, entre 0,4-1,0 µg/kg pour les poissons et à 0,05 µg/kg pour les céréales, pour chacun des 4 PFAS. Pour information complémentaire, des méthodes sont en cours de validation par le LNR dans le cadre du projet FLUOREX (financé par la Recherche Contractuelle du SPF Santé Publique, Sécurité de la chaîne alimentaire et Environnement) et des LOQ individuelles de 0,05 µg/kg pour chacun des 4 composés d'intérêt sont visées dans les différentes matrices à très court terme. Les LOQ du laboratoire impliqué dans le programme de contrôle de l'AFSCA s'élèvent à 5 µg/kg pour chacun des 4 PFAS, et il a été indiqué que cette valeur pourrait descendre jusqu'à 0,5 ou 1,0 µg/kg pour certaines matrices alimentaires.

Pour information, l'EURL-POPs (European Union Reference Laboratory for halogenated Persistent Organic Pollutants) recommande d'obtenir une LOQ de 0,05 µg/kg pour chacun des 4 PFAS dans la viande, le lait, les œufs et les poissons. Des méthodes ont été présentées lors de la réunion du groupe de travail de l'EURL-POPs consacré aux PFAS. Toutefois, étant donné que certains aliments présentent des concentrations inférieures à ce niveau, l'EURL-POPs est d'avis qu'il serait souhaitable d'atteindre une valeur de LOQ de 0,001 µg/kg pour chaque composé dans le futur. Pour le moment, cette valeur n'est atteinte ni par les LNRs des différents pays, ni par l'EURL.

Avec ces informations, il semble donc qu'actuellement, aucune méthode d'analyse validée et accréditée (au niveau des laboratoires agréés en Belgique) ne puisse mesurer des teneurs en somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS aussi faibles que les EAC calculées (voir tableau 1). Une méthode d'analyse validée avec une LOQ de 0,05 µg/kg dans les œufs (LOQ recommandée par l'EURL-POPs) permettrait de mesurer des teneurs en PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS inférieures ou égales à 0,2 µg/kg (EAC pour les œufs). Pour la plupart des autres denrées alimentaires du tableau 1, une LOQ de 0,001 µg/kg pour chaque composé est nécessaire pour mesurer des teneurs en PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS correspondant aux EAC calculées. Néanmoins, une telle LOQ n'est pas atteignable dans l'immédiat.

Le travail reste encore considérable pour diminuer les LOQ des méthodes d'analyse, au vu de la diminution drastique des valeurs toxicologiques de référence pour les PFAS. D'autre part, même si des méthodes d'analyse avec des LOQ suffisamment basses étaient validées à court terme, on ne peut pas écarter l'éventualité que la plupart des aliments analysés présentent des teneurs en PFAS supérieures aux EAC.

Par conséquent, le principe ALARA, sur base de l'occurrence au P95 de données disponibles, pourrait être un scénario temporairement utilisé par le gestionnaire de risque (dans le cas où la EAC est inférieure à la valeur P95 de contamination) jusqu'à ce que des méthodes analytiques plus sensibles

---

<sup>2</sup> Chromatographie liquide à ultra haute performance couplée à la spectrométrie de masse en tandem, UPLC-MS/MS

(LOQ plus faibles) soient développées et utilisées pour obtenir des données belges pour les 4 PFAS dans les aliments produits dans des zones non contaminées. Les données d'occurrence au P95 (scénario *lower bound*, LB) de la somme PFOS + PFAS + PFNA + PFHxS dans les denrées alimentaires sont présentées dans le tableau 2. Ces données proviennent d'un set de données utilisé pour l'avis de l'EFSA de 2020 et complété par des données transmises depuis 2017 par les états membres de l'Union Européenne. Elles ont été rassemblées par la Commission européenne en vue de fixer des futures normes européennes. Ces données proviennent d'échantillons pris hors zone de contamination aux PFAS connue.

Tableau 2. Teneur au P95 en somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les différentes catégories de denrées alimentaires d'intérêt (données utilisées dans EFSA (2020) et complété par les données transmises depuis 2017 par les états membres de l'Union Européenne)

Denrée alimentaire	Teneur P95 en PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS (scénario LB, µg/kg)	Nombre d'échantillons (analyses entre 2016 – 2020)
Viande provenant d'animaux d'élevage (viande bovine, porcine, volaille, etc.)	0,85	554
Viande de gibier	6,38	663
Abats comestibles de gibier	778,57	983
Abats comestibles d'animaux d'élevage	8,62	776
Lait	0,03	606
Œufs	1,55	269
Anguille, perche, gardon, dorade, carpe, babel, éperlan, omble et anchois	39,17	618
Bar, bonite, lotte, mullet gris, hareng de la Baltique, lamproie, brochet, sandre, plie, saumon sauvage, sardine, pilchard, poisson-chat de mer, poisson-loup, sprat, vendace ( <i>Coregonus vandesius</i> ) et corégone blanc	6,70	445
Tous les autres poissons	1,80	3 137
Crustacés et mollusques	2,59	269
Fruits	0,02	168
Légumes	0,05	594

Outre les matrices alimentaires visées par la demande de ce conseil urgent, le SciCom fait simplement remarquer que les limites de la Directive (UE) 2020/2184 pour les PFAS dans l'eau de boisson, destinées à garantir la potabilité de l'eau, pourraient être utilisées, même si la directive n'a pas encore été transposée dans la législation belge. Ces limites sont 0,50 µg/L pour le total des PFAS (totalité des substances alkylées per- et polyfluorées) et 0,10 µg/L pour la somme des PFAS considérées comme préoccupantes pour les eaux destinées à la consommation humaine selon la Directive.

### 3.2. Zone d'échantillonnage à Zwijndrecht

L'étude de Groffen *et al.* (2019a) a étudié la contamination par des PFAS du sol, d'isopodes (*Oniscidae*, famille de cloportes) et d'œufs de mésanges charbonnières (*Parus major*) au niveau du site industriel responsable de la contamination environnementale par les PFAS à Zwijndrecht, et de 4 autres sites situés à des distances croissantes par rapport au site de Zwijndrecht (1 km, 2,3 km, 3 km et 11 km). Dans ces 3 matrices, les concentrations les plus élevées en PFAS ont été retrouvées dans les échantillons prélevés au niveau du site industriel et étaient nettement plus faibles au niveau des 4 autres sites. Il n'empêche qu'une concentration non négligeable de 6,75 µg/kg dans les œuf (poids frais) a été mesurée à 11 km du site industriel. Les concentrations médianes dans des échantillons de sol, d'isopodes et d'œufs selon le lieu de prélèvement sont disponibles en annexe A (tableau 3).

D'autres données sur la contamination du sol dans la région de Zwijndrecht sont disponibles dans une étude portant sur la distribution verticale (dans le sol) de 15 PFAS et leurs associations avec de multiples propriétés physico-chimiques du sol le long d'un gradient de distance par rapport au site industriel (Groffen *et al.*, 2019b). Le détail des résultats dans les échantillons de sol en surface (0 à 5 cm de profondeur), selon la distance par rapport au site industriel (0 km, 1 km, 2,3 km, 3 km et 25 km) est disponible en annexe A (tableau 4).

Des données sur la contamination du sol sont également disponibles dans l'étude de Rijnders *et al.* (2021) portant sur l'accumulation des PFAS dans les escargots (*Cepaea sp.*) autour du site industriel de Zwijndrecht. Les PFAS mesurés dans les échantillons de sol sont le PFBA, le PFOA, le PFUnDA et le PFOS. Les concentrations moyennes mesurées variaient, selon la distance par rapport au site, entre < LOQ et 2,78 µg/kg pour le PFBA, 0,59 – 1,53 µg/kg pour le PFOS, < LOQ et 0,52 µg/kg pour le PFUnDA, et 0,53 et 14 µg/kg pour le PFOS.

De plus, l'étude réalisée en 2019 par l'UAntwerpen sur la contamination en PFOS, PFOA, PFNA et PFHxS dans les œufs (n = 67) et les légumes (n = 21) de particuliers a permis de mettre en évidence une nette contamination jusqu'à une distance maximale de 15 km du site industriel de Zwijndrecht. Le détail des résultats est disponible en Annexe B (tableau 4). Les figures 2 et 3 montrent les teneurs en PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les œufs et les légumes en fonction de la distance par rapport au site industriel.

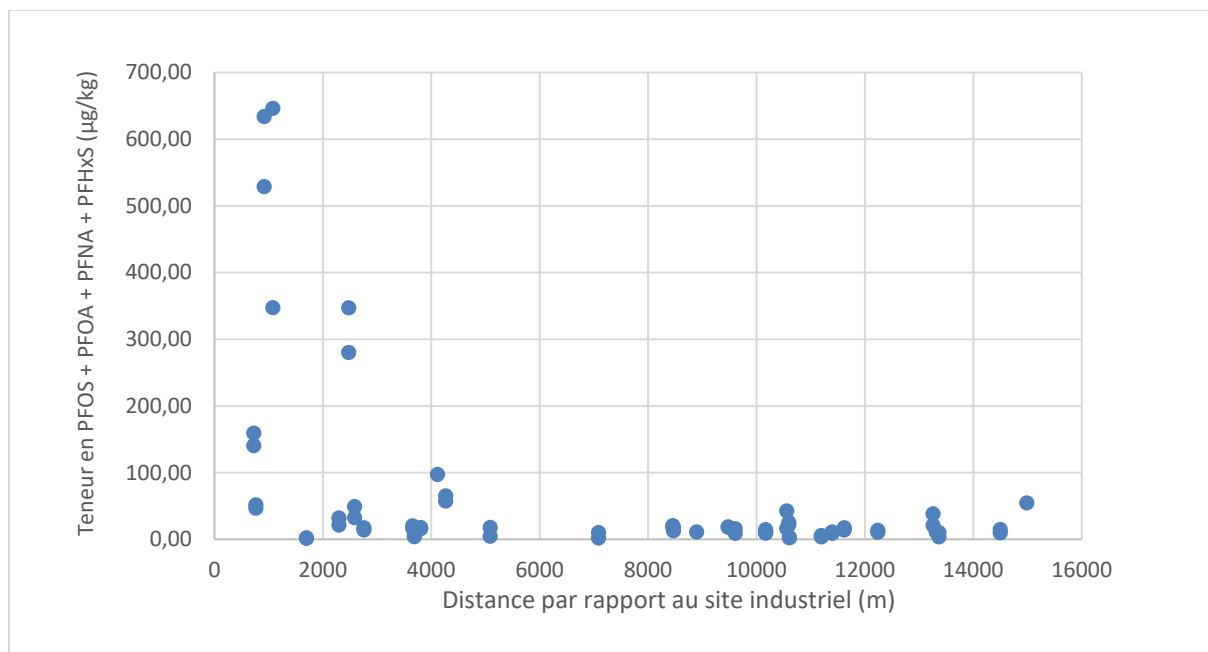


Figure 2. Teneur en PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les oeufs ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en fonction de la distance par rapport au site industriel (m)

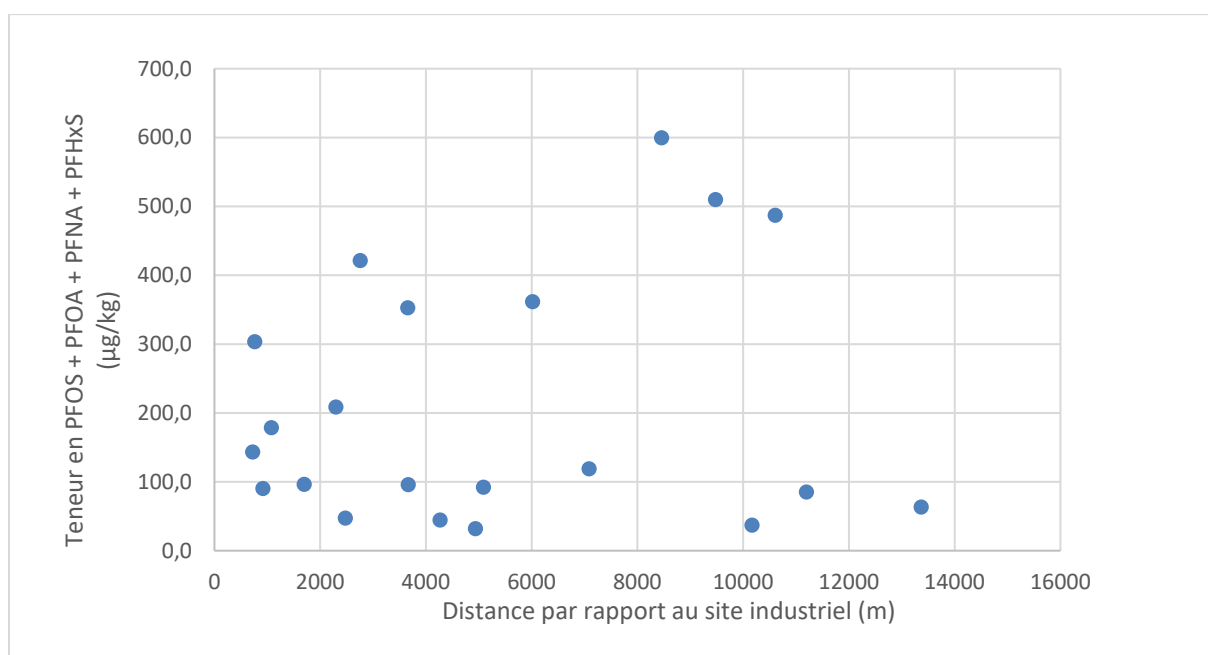


Figure 3. Teneur en PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les légumes ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en fonction de la distance par rapport au site industriel (m)

Sur base des résultats de cette étude, le gouvernement flamand recommande de ne pas consommer les œufs produits dans un rayon de 5 km autour du site industriel (et maximum 1 œuf par semaine dans un rayon inclus entre 5 et 10 km). Le gouvernement flamand a également émis d'autres mesures (« no regret »-maatregelen) qui varient selon la distance par rapport au site industriel, jusqu'à une distance maximale de 10 km (détails disponibles via le lien : <https://www.zwijndrecht.be/no-regret-maatregelen-in-kader-van-pfos-bodemverontreiniging-in-de-omgeving-van-3m> ).

Sur base de ces données, spécifiques au cas de Zwijndrecht, de la recommandation du gouvernement flamand sur les œufs, et dans un scénario du pire (*worst case scenario*), le SciCom propose d'étendre la zone d'échantillonnage des denrées alimentaires à un rayon de 15 km autour du site industriel responsable de l'émission des PFAS dans l'environnement à Zwijndrecht. L'échantillonnage doit se faire à une distance graduelle croissante du site industriel, afin de voir s'il existe un gradient décroissant de la contamination en fonction de la distance. Il convient cependant d'examiner de manière critique s'il existe d'autres sources importantes d'émission de PFAS dans les environs. Les cercles de contamination de différentes sources peuvent se chevaucher. En outre, des échantillons doivent également être prélevés dans une zone qui n'est pas connue pour être contaminée aux PFAS (site de référence pour comparaison des données). La zone d'échantillonnage pourra être adaptée, en fonction des résultats d'analyse. Par exemple, si les résultats démontrent que la contamination des PFAS se situe sur une(des) direction(s) bien définie(s), que la contamination de la chaîne alimentaire ne s'étend pas jusqu'à 15 km ou, à l'inverse, reste constante jusqu'à 15 km et pourrait donc aller au-delà, ...

### **3.3. Types de PFAS à surveiller dans le rayon d'échantillonnage**

Pour rappel, le PFOS, le PFOA, le PFNA et le PFHxS représentaient environ la moitié de l'exposition (considérée à la limite inférieure) aux PFAS pour lesquels des données d'occurrence étaient disponibles, la contribution restante provenant principalement du PFBA et du PFHxA, deux PFAS à courte demi-vie. En l'absence de suffisamment de données, l'EFSA considère que ces composés ont la même toxicité sur le système immunitaire (EFSA, 2020).

Le SciCom est d'avis qu'une priorité doit être donnée à l'analyse de la somme PFOS (formes linéaire et ramifiées) + PFOA (formes linéaire et ramifiées) + PFNA + PFHxS, en raison de leur caractère hautement toxique sur le système immunitaire<sup>3</sup> et de leur accumulation dans l'organisme (EFSA, 2020). Il s'agit en outre de composés analysables dans un même cycle analytique.

Selon l'EFSA (2020), les catégories "Fish meat", "Fruit and fruit products" et "Eggs and egg products" sont celles qui contribuent le plus à l'exposition de la population aux PFOS, PFOA, PFNA et PFHxS. Sur base de cette information, des teneurs au P95 pour les 4 PFAS dans le tableau 2 et des informations communiquées sur le type de denrées alimentaires produites dans la région de Zwijndrecht<sup>4</sup>, le SciCom recommande de mettre une priorité sur l'analyse des abats comestibles, des œufs, de la viande de gibier, de la viande provenant d'animaux d'élevage et du lait.

### **3.4. Transfert des aliments pour animaux vers les animaux producteurs de denrées**

D'une manière générale, il ressort de la littérature scientifique que les processus de bioaccumulation sont plus complexes pour les chaînes alimentaires terrestres qu'aquatiques. Le potentiel de bioaccumulation est positivement corrélé à la longueur de la chaîne carbonée fluorée (EFSA, 2020).

---

<sup>3</sup> Le SciCom tient toutefois à faire remarquer que, en l'absence de connaissance précise sur les effets toxiques des PFOS, PFNA et PFHxS, l'EFSA a considéré que leur toxicité sur le système immunitaire étant équivalente à celle du PFOA (EFSA, 2020).

<sup>4</sup> La région de Zwijndrecht concentre principalement des producteurs d'animaux d'élevage et des plantations de fruits et légumes (pas de pisciculture).

Les bovins ont fait l'objet de plus d'études sur les PFAS que les autres espèces de bétail, et ces travaux ont démontré que les concentrations de PFAS chez les animaux exposés seront les plus élevées dans le sang, le foie et les reins, avec une certaine accumulation dans la graisse et les muscles, et un transfert potentiel dans le lait (review Death *et al.*, 2021).

Comme la région de Zwijndrecht présente des élevages d'animaux producteurs de denrées alimentaires, et qu'il s'agit d'une demande de conseil urgent, le SciCom s'est prioritairement intéressé au transfert des aliments pour animaux vers les œufs, la viande provenant d'animaux d'élevage (boeuf, porc), et le lait de vache. Des informations peuvent être trouvées dans la littérature sur le transfert dans d'autres denrées alimentaires d'origine animale [lait de brebis, tissu musculaire, foie et rein de moutons, chair de volaille, etc. (review Death *et al.*, 2021) ; miel (Surma *et al.*, 2016 et Sonter *et al.*, 2021) ; viande de gibier (Kowalczyk *et al.*, 2018)] et végétale [cultures agricoles (review Ghisi *et al.*, 2019) ; céréales, fruits, mais aussi sucreries et sels (D'Hollander *et al.*, 2015) ; légumes (review de Zhou *et al.*, 2021)].

### 3.4.1. Oeufs

L'étude de Wilson *et al.* (2020) s'est penchée sur l'accumulation des PFAS dans les œufs de poules pondeuses après exposition des poules à de l'eau contaminée aux PFAS (doses allant jusqu'à 300 µg/L). Des poules pondeuses ont été exposées via l'eau de boisson contaminée à différentes concentrations de 4 composés PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS et acide perfluorohexanoïque (PFHxA)) pendant 61 jours. Les résidus de PFAS dans les œufs ont été évalués 30 jours après la fin de l'exposition. On a constaté une corrélation linéaire entre les concentrations de PFAS dans l'eau potable donnée aux poules et celles détectées dans les œufs. Des facteurs de transfert (transfer factor, TF) ont été calculés selon la formule suivante :

$$TF = \frac{(TEM - SAA)kg \times ALE[PFAS](\mu g/kg) \times ANEPD(\mu g/day)}{ALW[PFAS](\mu g/kg) \times ADWI(L/d)}$$

Où TEM = total egg mass ; SAA = shell and attachments ; ALE = average level in eggs ; ANEPD = average number of eggs per day ; ALW = average level in water ; ADWI = average daily water intake.

Les TF variaient entre 1,1-1,3 pour le PFOS, 0,4-0,5 pour le PFOA, 0,6-0,9 pour le PFHxS et 0,005 pour le PFHxA. Les valeurs de TF supérieures à 1 (pour le PFOS) indiquent que les poules excrétaient plus de PFOS quotidiennement dans leurs œufs qu'elles n'en ingéraient quotidiennement, au moment de l'étude. Ceci est dû à la présence de précurseurs du PFOS. Les données de Wilson *et al.* (2020) ont clairement démontré une distribution plus élevée de PFAS dans le jaune d'œuf par rapport à l'albumine de l'œuf. Ces résultats sont conformes à ceux de Xie *et al.* (2015), qui ont examiné la distribution des PFAS dans les œufs de poule commerciaux en Chine et ont signalé que 98 à 100 % de tous les résidus de PFAS dans les œufs se trouvaient dans le jaune d'œuf. La demi-vie des PFAS chez les poules pondeuses (excrétion via les œufs) était de 3,5 jours pour le PFOS, 5,4 jours pour le PFOA, 7 jours pour le PFHxS, et 2 jours pour le PFHxA. Les concentrations de PFAS dans les œufs ont diminué sous la limite de rapportage (0,3 µg/kg pour le PFOS et le PFOA et 0,5 µg/kg pour le PFHxS et le PFHxA) en deux à trois semaines (Wilson *et al.*, 2020).

L'étude de Kowalczyk *et al.* (2020) a porté sur le transfert des PFAS depuis l'alimentation des poules à leurs œufs. Dans cette étude, le taux de transfert (*transfer rate*, TR) du PFOS a été calculé puis corrigé

afin de tenir compte de ses 4 précurseurs. Le TR corrigé du PFOS dans les œufs est de 0,99. Le TR du PFOA est de 0,49. Dans leur article, ils déclarent que tous les TR de leur étude concordent bien avec les TF calculées dans Wilson *et al.* (2020).

Le SciCom constate que le transfert du PFOS vers les œufs est de 100%. Ceci amène le SciCom à considérer les œufs comme des denrées alimentaires prioritaires à surveiller pour les PFAS dans la région de Zwijndrecht.

### 3.4.2. Viande provenant d'animaux d'élevage

#### a. La viande porcine

Les demi-vies d'élimination des PFAS chez les porcs sont plus longues que chez la plupart des autres animaux (review Death *et al.*, 2021).

Le transfert d'un mélange de PFAS à partir d'aliments contaminés dans les tissus comestibles de 24 porcs d'engraissement a été étudié par Numata *et al.* (2014). Les animaux ont été exposés pendant 21 jours via une alimentation contaminée (foin et orge, concentration en PFAS variant entre 10 - 137 µg/kg d'aliments). La concentration moyenne du PFOS était de  $137 \pm 13$  µg/kg de viande et représentait environ 30 % des PFAS totaux, tandis que la concentration moyenne de PFOA était de  $22,4 \pm 2,6$  µg/kg de viande. Le facteur de bioaccumulation (rapport de la concentration dans les tissus par rapport à la concentration dans les aliments) pour le PFOS était de 17,9 dans les animaux entiers, 9,7 dans la viande et 503 dans le foie. Le facteur de bioaccumulation pour le PFOA était de 7,9 dans les animaux entiers, 5,3 dans la viande et 32,8 dans le foie.

À ce stade, le SciCom fait remarquer qu'en Belgique, l'aliment d'engraissement des porcs élevés en intérieur se compose principalement de matières premières qui peuvent être produites localement (en Belgique) ou importées depuis les pays voisins. Dans le cas spécifique de la contamination environnementale par les PFAS à Zwijndrecht, il serait important de savoir si le fourrage donné aux porcs d'élevage est cultivé ou non dans la zone contaminée. Néanmoins, même si c'est le cas, les rations sont probablement fortement diluées avec d'autres rations non contaminées et d'autres composants, dans les entreprises qui fabriquent les aliments composés.

Suite à l'exposition unique de porcs à un mélange de PFAS par voie orale (3 mg de chacun des PFAS par kg de poids corporel), Guruge *et al.* (2016) ont constaté que le foie était le principal site d'accumulation du PFOS et des PFAS à chaîne plus longue. D'une manière générale, les résultats montrent une accumulation croissante des PFAS avec la longueur de la chaîne de carbone fluorée. Le PFNA (chaîne carbonée de 9 carbones) a montré la charge corporelle la plus élevée des PFAS administrés. La demi-vie des différents PFAS dans le sang variait entre 1,6 - 86,6 jours.

#### b. La viande bovine

Kowalczyk *et al.* (2013) ont étudié le transfert d'un mélange de PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS et PFBS) vers le plasma, le foie, les reins, les tissus musculaires, l'urine et le lait de vache. Six vaches laitières (Holstein) ont été nourries pendant 28 jours avec de l'ensilage d'herbe et du foin contaminé par ce mélange de PFAS. Après la période d'alimentation avec l'aliment contaminé par les PFAS, trois vaches ont été abattues tandis que les autres ont été nourries avec des aliments sans PFAS pendant 21 jours supplémentaires (période de dépuración). L'apport quotidien moyen des vaches laitières était de 7,6



$\pm 3,7 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$  pour le PFOS,  $2,0 \pm 1,2 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$  pour le PFOA,  $4,6 \pm 1,0 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$  pour le PFHxS et  $3,4 \pm 0,7 \mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$  pour le PFBS. Le détail des résultats est disponible en Annexe C (tableau 7).

D'une manière générale, les niveaux les plus faibles pour chacun des 4 PFAS ont été détectés dans les tissus musculaires, tandis que les niveaux les plus élevés ont été mesurés dans le foie et le rein pour le PFOS et le PFHxS, et dans le plasma et le lait pour le PFOA et le PFBS. Après l'arrêt de l'exposition alimentaire, les concentrations de PFOS ont continué à augmenter dans les muscles, les reins, le plasma et le foie, tandis que le PFHxS a diminué linéairement pendant la période de dépuración.

Concernant le foie et le rein, plus précisément : les niveaux de PFOS étaient les plus élevés dans le foie ( $2\,952 \pm 718 \mu\text{g}/\text{kg}$  et  $3\,964 \pm 718 \mu\text{g}/\text{kg}$  sans et avec période de dépuración), suivi des reins ( $1\,074 \pm 153 \mu\text{g}/\text{kg}$  et  $1\,408 \pm 303 \mu\text{g}/\text{kg}$  sans et avec période de dépuración), sans différences significatives avec ou sans période de dépuración. Les niveaux de PFHxS les plus élevés ont été détectés dans le foie et les reins des vaches abattues sans période de dépuración ( $61 \pm 24 \mu\text{g}/\text{kg}$  et  $98 \pm 31 \mu\text{g}/\text{kg}$ , respectivement).

La fraction (pourcentage) des PFOS ingérés retrouvée au niveau du foie, des reins et des tissus musculaires par était de 18 %, 1 % et 43 %, respectivement. Cette fraction était similaire chez les vaches abattues avant ou après la période de dépuración. Ces calculs ont été réalisés par les auteurs de l'étude (Kowalczyk *et al.*, 2013) en supposant que le poids du foie, des reins et des tissus musculaires des vaches représente 1,2 %, 0,23 % et 59,4 % du poids corporel total.

Lupton *et al.* (2011, 2014, 2015) ont réalisé plusieurs études sur des bovins en utilisant diverses doses de PFOS et de PFOA.

Lupton *et al.* (2011) ont étudié l'élimination d'une dose orale unique et élevée (1 mg/kg) de PFOA chez quatre bovins Angus aux États-Unis et ont constaté qu'il était rapidement absorbé, mais également rapidement excrété (le PFOA n'a pas persisté dans les tissus comestibles). Cette constatation rejoint les observations de Kowalczyk *et al.* (2013), où des quantités négligeables de PFOA ont été observées dans les tissus bovins.

Après l'administration d'une dose orale unique et élevée (environ 8 mg/kg) de PFOA à trois bovins Angus, Lupton *et al.* (2014) ont constaté que les concentrations tissulaires diminuaient dans l'ordre suivant : foie > graisse dorsale > rein > graisse intrapéritonéale > poumon > rate > muscle. Les concentrations élevées de PFOS dans le foie et la bile, ainsi que la présence prolongée de PFOS dans le plasma, indiquent le rôle important que joue le système entéro-hépatique dans l'élimination et la distribution du PFOS.

Deux bovins Angus ayant reçu une seule dose orale de PFOS (0,098 mg/kg pc) et abattus 343 jours plus tard ont présenté des concentrations moyennes similaires de PFOS dans le foie et le plasma ( $0,15 \mu\text{g}/\text{g pc}$  et  $0,15 \mu\text{g}/\text{mL}$ ), alors que les concentrations dans les muscles ( $0,005 \mu\text{g}/\text{g pc}$ ) étaient beaucoup plus faibles (Lupton *et al.*, 2015). Deux génisses ont reçu une dose orale de PFOS presque 100 fois plus élevée (9,1 mg/kg pc). Après 343 jours (abattage), les concentrations en PFOS mesurées dans le plasma, le foie et le muscle étaient de  $8,3 \mu\text{g}/\text{mL}$ ,  $4,7 \mu\text{g}/\text{g}$  et  $0,28 \mu\text{g}/\text{g pc}$ , respectivement.

Sur base de ces informations et au vu de la teneur élevée en somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS au P95 dans les abats comestibles (tableau 2), il ressort clairement que les abats comestibles sont les parties de l'animal qui concentrent majoritairement les PFAS. Ceci conforte l'idée que les abats comestibles (en particulier le foie), au même titre que les œufs, devraient être considérés comme des matrices prioritaires pour la surveillance des PFAS dans la région contaminée de Zwijndrecht.

### c. Lait de vache

Une étude de Vestergren *et al.* (2013) s'est penchée sur la bioaccumulation des PFAS chez les vaches laitières dans un environnement naturellement contaminé. Cette étude a montré que les PFAS provenant de l'alimentation des vaches migrent facilement vers le lait et la viande. En revanche, on a constaté une faible contribution du sol (via les dépôts atmosphériques et en raison de la faible biodisponibilité).

L'étude de Kowalczyk *et al.* (2013) a montré que l'excrétion cumulative dans le lait pour le PFOS ( $14 \pm 3,6 \%$ ) et le PFHxS ( $2,5 \pm 0,2 \%$ ), tandis que le PBFS et le PFOA étaient à peine excrétés dans le lait. Dans l'ensemble, la cinétique du PFOA était semblable à celle du PBFS et différait considérablement de celle du PFHxS et du PFOS. Cette étude a montré que plus la chaîne carbonée est longue, plus le taux d'élimination par l'urine et le lait est faible, ce qui correspond à une accumulation plus importante dans les tissus.

Van Asselt *et al.* (2013) ont élaboré un modèle PBPK pour le transfert du PFOS de l'alimentation au lait en utilisant les données de Kowalczyk *et al.* (2013). La demi-vie du PFOS chez la vache laitière (via l'excrétion dans le lait) a été estimée à 56 jours. Une forte corrélation a été montrée entre les concentrations de PFOS dans le sang et le lait, et les calculs du modèle ont montré qu'une fois un certain état d'équilibre atteint, presque tout le PFOS ingéré est excrété dans le lait des vaches.

Sur base de ces informations, le transfert vers le lait de vache semble donc être mineur. Mais, dans le cas de vaches laitières fortement exposées aux PFAS (via l'ingestion d'aliments produits dans une zone contaminée aux PFAS et/ou une exposition environnementale), le transfert de ces contaminants vers le lait de vache pourrait être préoccupant. Sur base de l'étude de Kowalczyk *et al.* (2013), le PFOS semble être le plus pertinent en termes de transfert vers le lait de vache.

### d. Incertitudes

Il y a actuellement peu de données sur la contamination du sol, et le SciCom n'a pas connaissance de l'étendue et de la direction exacte de la (ou des) zone(s) contaminée(s), ni de l'ensemble des PFAS (autres que les PFOS, PFOA, PFNA et PFHxS) libérés dans l'environnement.

De plus, concernant la TWI pour les PFOS, PFOA, PFNA et PFHxS (établie par l'EFSA, 2020), le SciCom rappelle que l'EFSA a considéré que la toxicité sur le système immunitaire était similaire pour les 4 composés, même si cet effet n'a été réellement mesurable que pour le PFOA. La toxicité (mais aussi leur cinétique d'absorption) des autres PFAS n'est pas prise en compte.

Il manque des résultats d'analyse dans les denrées alimentaires d'origine animale et végétale produites dans la région contaminée de Zwijndrecht et l'exposition du consommateur n'est pas encore connue. Il n'est pas certain que la contamination de la chaîne alimentaire puisse être correctement étudiée, tant que des méthodes d'analyse validées avec une plus faible LOQ pour chacun des PFAS ne sont pas disponibles. En outre, des incertitudes existent autour des facteurs de transfert et de bioaccumulation des PFAS dans la chaîne alimentaire.

Concernant le travail d'abaissement des LOQ des méthodes d'analyse, le SciCom se demande s'il est vraiment possible d'atteindre des LOQ aussi basses que 0,001 µg/kg, et que de telles limites soient applicables dans des méthodes d'analyses validées (il faudra impérativement des blancs sans contamination et éviter tout effet de matrice).

Actuellement, il n'y a pas de donnée qui permette d'étudier une différence de contamination chez les animaux élevés dans des étables fermées et ceux qui auraient accès à l'extérieur. Le SciCom pense néanmoins que les œufs de poules ayant accès à un parcours extérieur sont peut-être plus contaminés que ceux de poules n'ayant pas cet accès. Le SciCom pense également que les animaux nourris principalement avec des aliments d'origine végétale produits localement, dans les zones contaminées, peuvent être plus contaminés que les animaux nourris avec des aliments d'origine différente. Il n'y a également pas de donnée qui permette d'étudier certains aspects pertinents comme la contamination chez les animaux monogastriques comparée à celle des ruminants, la contamination des légumes à feuilles comparée à celle d'autres types de légumes (par exemple), etc. Des données manquent également sur la contamination d'autres produits alimentaires comme, par exemple, les produits laitiers comme le beurre et le yaourt, les produits végétaux comme le miel, etc.

Le SciCom rappelle que d'autres sites sont déjà connus pour être également contaminés aux PFAS (comme à Malines et autour des casernes de pompier). Dans ces sites, il est recommandé de surveiller également la contamination de la chaîne alimentaire par les PFAS.

Dans le cadre de ce conseil urgent, et vu le court délai demandé, le SciCom a étudié en priorité le transfert des PFAS depuis les aliments pour animaux vers les œufs, la viande d'élevage et le lait de vache. Cela ne doit pas laisser penser que le transfert vers d'autres denrées alimentaires d'origine animale et végétale n'a pas lieu. Des articles scientifiques pertinents ont été cités et mériteraient une étude plus approfondie.

## e. Conclusions

Le SciCom a calculé des EAC pour les PFAS dans les denrées alimentaires d'intérêt. Ces EAC sont cependant très inférieures aux LOQ des méthodes d'analyse actuelles (et probablement futures). Par conséquent, le principe ALARA, sur base de l'occurrence au P95 des données de la Commission européenne (tableau 2), pourrait être un scénario temporairement utilisé par le gestionnaire de risque (dans le cas où la EAC est inférieure à la donnée de contamination au P95). Cependant, le SciCom fait remarquer que le contexte européen n'est pas représentatif du contexte belge (qui présente des zones à forte densité de population et très industrialisées, ayant conduit à une contamination historique de l'environnement par des PFAS). Afin d'assurer la sécurité des denrées alimentaires, le SciCom recommande d'appliquer dès que possible ce principe ALARA en tenant compte des niveaux de contamination au P95 de la contamination de base provenant de données belges. Ces données de contamination de base dans les aliments devront être obtenues avec des méthodes analytiques plus sensibles (avec des LOQ plus faibles) que celles utilisées actuellement pour les contrôles officiels réalisés par l'AFSCA.

Les limites de la Directive (UE) 2020/2184 pour les PFAS dans l'eau de boisson, destinées à garantir la potabilité de l'eau, pourraient être utilisées, même si la directive n'a pas encore été transposée dans la législation belge. Par conséquent, le principe ALARA, sur base de l'occurrence au P95 de données de

la Commission européenne, pourrait être un scénario temporairement utilisé par le gestionnaire de risque (dans le cas où la EAC est inférieure à la valeur P95 de contamination).

Pour ce qui est du rayon d'échantillonnage, sur base des données de contamination aux PFAS du sol, des œufs et des légumes à Zwijndrecht, de la recommandation du gouvernement flamand concernant la consommation d'œufs produits localement, et dans un scénario du pire (*worst case scenario*), le SciCom propose d'étendre la zone d'échantillonnage des denrées alimentaires à un rayon de 15 km autour du site industriel responsable de l'émission des PFAS dans l'environnement. L'échantillonnage doit se faire à une distance graduellement croissante du site industriel, afin de voir si les concentrations en PFAS diminuent en fonction de la distance par rapport à la source. Il convient cependant d'examiner de manière critique s'il existe d'autres sources importantes d'émission de PFAS dans les environs. Les cercles de contamination de différentes sources peuvent se chevaucher. En outre, des échantillons doivent également être prélevés dans une zone qui n'est pas connue pour être contaminée par les PFAS (site de référence pour comparaison des données). La zone d'échantillonnage pourra être adaptée, en fonction des résultats d'analyse. Par exemple, si les résultats démontrent que la contamination des PFAS se situe sur une(des) direction(s) bien définie(s), que la contamination de la chaîne alimentaire ne s'étend pas jusqu'à 15 km ou, à l'inverse, reste constante jusqu'à 15 km et pourrait donc aller au-delà, ...

L'analyse doit porter sur la somme PFOS (formes linéaire et ramifiées) + PFOA (formes linéaire et ramifiées) + PFNA + PFHxS.

## f. Recommandations

Sur base des données disponibles et de l'opinion des experts, le SciCom recommande de réaliser des analyses de l'ensemble de la chaîne alimentaire avec en priorité des analyses sur les œufs, les abats comestibles (en particulier le foie), la viande de gibier, la viande provenant d'animaux d'élevage et le lait.

En outre, une fois que des méthodes d'analyse seront validées avec des LOQ plus basses, il est recommandé de déterminer la contamination de fond de la chaîne alimentaire. Il est recommandé de réaliser des analyses pour la somme PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS dans les denrées alimentaires, les aliments pour animaux et l'eau destinée aux animaux.

Le SciCom recommande également de réaliser des analyses autour de chaque zone connue pour être contaminée aux PFAS en Belgique (comme à Malines et autour des casernes de pompier), c'est-à-dire de réaliser des analyses de denrées alimentaires d'origine animale et végétale sur base des résultats d'analyses du sol. Des informations sur l'ensemble des analyses des PFAS dans le sol en Flandres et en Wallonie peuvent être obtenues auprès de l'OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij ; <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling>) et de l'ISSEP (Institut Scientifique de Service Public ; <https://www.issep.be/qualite-des-sols/>), respectivement.

Enfin, afin d'évaluer l'exposition de la population belge dans les zones contaminées et les zones non contaminées, le SciCom recommande à l'AFSCA de suivre les résultats du biomonitoring.

Pour le Comité scientifique,

Dr. Lieve Herman (Sé)  
Présidente  
Le 25/06/2021

## Références

AFSCA (2014). Inventaire des actions et des limites d'action et propositions d'harmonisation dans le cadre des contrôles officiels.

Claeys W., De Meulenaer B., De Saeger S., Matthys C., Pussemier L., Rajkovic A., Scippo M.-L., Vleminckx C., Van Huffel X., Hoet P. (2021). Position paper on the use of an "estimated acceptable concentration" (EAC) as basis for a control policy's action level for carcinogens unintentionally present in food. *Trends in Food Science & Technology*, 107:324-332.

Death C., Bell C., Champness D., Milne C., Reichman S., Hagen T. (2021). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in livestock and game species: A review. *Science of the Total Environment*, 774:144795.

D'Hollander W., Herzke D., Huber S., Hajslova J., Pulkrabova J., Brambilla G, Paola De Filippis S., Bervoets L., de Voogt P. (2015). Occurrence of perfluorinated alkylated substances in cereals, salt, sweets and fruit items collected in four European countries. *Chemosphere*, 129:179-185.

EFSA (2008). 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 (2018). Scientific Opinion of the Panel on Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA Journal*, 16(12):5194.

EFSA (2020). Scientific Opinion of the Panel on Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal*, 18(9) :6223.

Ghisi R., Vameralia T., Manzetti S. (2019). Accumulation of perfluorinated alkyl substances (PFAS) in agricultural plants: A review. *Environmental Research*, 169 :326-341.

Groffen T., Eens M., Bervoets L. (2019a). Do concentrations of perfluoroalkylated acids (PFAAs) in isopods reflect concentrations in soil and songbirds? A study using a distance gradient from a fluorochemical plant. *Science of the Total Environment*, 657,111-123.

Groffen T., Rijnders J., Verbrugghe N., Verbruggen E., Prinsen E., Eens M., Bervoets L. (2019b). Influence of soil physicochemical properties on the depth profiles of perfluoroalkylated acids (PFAAs) in soil along a distance gradient from a fluorochemical plant and associations with soil microbial parameters. *Chemosphere*, 236:124407.

Guruge K.S., Noguchi M., Yoshioka K., Yamazaki E., Taniyasu S., Yoshioka M., Yamashita N. (2016). Microminipigs as a new experimental animal model for toxicological studies: comparative pharmacokinetics of perfluoroalkyl acids. *Journal of Applied Toxicology*, 36 (1):68–75.

Kowalczyk J., Ehlers S., Oberhausen A., Tischer M., Furst P., Schafft H., Lahrssen-Wiederholt M. (2013). Absorption, distribution, and milk secretion of the perfluoroalkyl acids PFBS, PFHxS, PFOS, and PFOA by dairy cows fed naturally contaminated feed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 2903–2912.

Kowalczyk J., Numata J., Zimmermann B., Klinger R., Habedank F., Just P., Schafft H., Lahrssen-Wiederholt M. (2018). Suitability of Wild Boar (*Sus scrofa*) as a Bioindicator for Environmental

Pollution with Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic Acid (PFOS). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 75:594–606.

Kowalczyk J., Göckener B., Eichhorn M., Kotthoff M., Bücking M., Schafft H., Lahrssen-Wiederholt M., Numata J. (2020). Transfer of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) from Feed into the Eggs of Laying Hens. Part 2: Toxicokinetic Results Including the Role of Precursors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68, 12539-12548.

Lupton, Sara J., Huwe, Janice K., Smith, David J., Dearfield, Kerry L., Johnston, John J. (2011). Absorption and excretion of <sup>14</sup>C-Perfluorooctanoic Acid (PFOA) in Angus Cattle (*Bos taurus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 1128–1134.

Lupton, Sara J., Huwe, Janice K., Smith, David J., Dearfield, Kerry L., Johnston, John J. (2014). Distribution and excretion of perfluorooctane sulfonate (PFOS) in beef cattle (*Bos taurus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62:1167–1173.

Lupton, Sara J., Dearfield, Kerry L., Johnston, John J., Wagner, Sarah, Huwe, Janice K. (2015). Perfluorooctane sulfonate plasma half-life determination and long-term tissue distribution in beef cattle (*Bos taurus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63:10988–10994.

Numata J., Kowalczyk J., Adolphs J., Ehlers S., Schafft H., Fuerst P., Mueller-Graf C., Lahrssen-Wiederholt M., Greiner M. (2014). Toxicokinetics of seven perfluoroalkyl sulfonic and carboxylic acids in pigs fed a contaminated diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 6861–6870.

OECD (2011). Environment Directorate, Joint Meeting of the Chemicals Committee and The Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology. OECD MRL Calculator: user guide. OECD Environment, Health and Safety Publications, Series on Pesticides, No. 56, 1-16.

Rijnders J., Bervoets, L., Prinsen E., Eens M., Beemster G.T.S., Abdelgawad H., Groffen T., (2021). Perfluoroalkylated acids (PFAAs) accumulate in field-exposed snails (*Cepaea* sp.) and affect their oxidative status. *Science of the Total Environment*, 790, 148059.

RIVM (2021). Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde.

RIVM (2021b). Biotanorm voor PFAS in vis volgens de methodiek van de Kaderrichtlijn water.

SciCom (2017). Avis 15-2017 du Comité Scientifique institué auprès de l'AFSCA relatif aux 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.

Sonter C. A., Rader R., Stevenson G., Stavert J. R., Wilson S. C. (2021). Biological and behavioral responses of European honey bee (*Apis mellifera*) colonies to perfluorooctane sulfonate exposure. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 0:1–11.

Surma M., Zielinski H., Piskula M. (2016). Levels of Contamination by Perfluoroalkyl Substances in Honey from Selected European Countries. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 97:112–118.

Van Asselt E. D., Kowalczyk J., van Eijkeren J. C. H., Zeilmaker M. J., Ehlers S., Fürst P., Lahrssen-Wiederholt M., van der Fels-Klerx H. J. (2013). Transfer of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) from contaminated feed to dairy milk. *Food Chemistry*, 141:1489–1495.

Vestergren R., Orata F., Berger U., Cousins T. I. (2013). Bioaccumulation of perfluoroalkyl acids in dairy cows in a naturally contaminated environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(11):7959-7969.

Wieneke B., Zeilmaker M., Fragki S., Lijzen J., Verbruggen E., Bokkers B. (2020). Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(3), 859-870.

Wilson T. B., Stevenson G., Crough R., de Araujo J., Fernando N., Anwar A., Scott T., Quinteros J. A., Scott P. C., Archer M. J. G. (2020). Evaluation of residues in hen eggs after exposure of laying hens to water containing per- and polyfluoroalkyl substances. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(3), 735-743.

Xie L., Jing H., Liu B., Chai Z., Shen J., Yang B. (2015). Residues and risk assessment of perfluorinated compounds in eggs. *Food and Fermentation Industries*, 1:225–229.

Zeilmaker M., Fragki S., Verbruggen E., Bokkers B., Lijzen J. (2018). Mixture exposure to PFAS: A Relative Potency Factor approach. RIVM Report 2018-0070.

Zhou Y., Zhou Z., Lian Y., Sun X., Wu Y., Qiao L., Wang M. (2021). Source, transportation, bioaccumulation, distribution and food risk assessment of perfluorinated alkyl substances in vegetables: A review. *Food Chemistry*, 349 :129-137.



## Présentation du Comité scientifique institué auprès de l'AFSCA

Le Comité scientifique est un organe consultatif institué auprès 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](mailto:Secretariat.SciCom@afsca.be)

## Membres du Comité scientifique

Le Comité scientifique est composé des membres suivants:

A. Clinquart, P. Delahaut, A. Geeraerd, N. Gillard, K. Houf, N. Korsak, L. Maes, B. De Meulenaer, N. De Regge, J. Dewulf, L. De Zutter, L. Herman, M. Mori, A. Rajkovic, N. Roosens, C. Saegerman, M.-L. Scippo, P. Spanoghe, Y. Vandenplas, K. Van Hoorde, S. Vlaeminck, F. Verheggen.

## 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 l'expert qui a préparé le projet d'avis.

## Composition du groupe de travail

Le groupe de travail était composé de:

Membres du Comité scientifique :	M.-L. Scippo (rapporteur), B. De Meulenaer, N. Gillard, S. Vlaeminck
Experts externes :	L. Bervoets (UAntwerpen), G. Eppe (ULiège), L. Joly (Sciensano), M. Van Holderbeke (VITO), E. Van Pamel (ILVO)
Gestionnaire du dossier :	Maurine Leroy
Observateurs :	K. Beullens (AFSCA), E. Moons (AFSCA), V. Vromman (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.

## Annexe A. Données de Groffen *et al.* (2019a, 2019b)

Tableau 3. Concentrations médianes dans le sol (1), les isopodes (2) et les œufs de mésanges charbonnières (3) selon la distance du lieu d'échantillonnage par rapport au site industriel (Groffen *et al.*, 2019a)

Distance par rapport au site industriel (km)	Concentration médiane en PFOS (µg/kg)			Concentration médiane en PFOA (µg/kg)			Concentration médiane en PFNA (µg/kg)			Concentration médiane en PFHxS (µg/kg)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	606	185	29.958	8,07	7,56	18	0,34	< LOQ	8,09	< LOQ	< LOQ	NA
1	21	1,8	241	1,94	< LOQ	1,65	< LOQ	< LOQ	1,07	< LOQ	< LOQ	NA
2,3	2,41	< LOQ	409	2,89	< LOQ	1,56	< LOQ	< LOQ	1,33	< LOQ	< LOQ	NA
3	7,51	2,31	79	1,98	< LOQ	1,75	< LOQ	< LOQ	0,81	< LOQ	< LOQ	NA
11	8,03	< LOQ	27	1,83	< LOQ	1,01	< LOQ	< LOQ	1,0	< LOQ	< LOQ	NA

NA : non analysé

Tableau 4. Concentrations moyennes des PFAS mesurés dans le sol (µg/kg) selon la distance du lieu d'échantillonnage par rapport au site industriel (Groffen *et al.*, 2019b)

Distance par rapport au site industriel (km)	Concentration moyenne en PFOS (µg/kg)	Concentration moyenne en PFOA (µg/kg)	Concentration moyenne en PFBA (µg/kg)	Concentration moyenne en PFUnDA (µg/kg)
0	6,77	0,89	< LOQ	< LOQ
1	8,91	0,94	0,82	0,52
2,3	14,0	1,53	2,78	< LOQ
3	3,95	0,99	1,11	< LOQ
25	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

## Annexe B. Données de l'UAntwerpen

Tableau 5. Concentration en PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS et somme de ces 4 PFAS ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) dans les oeufs ( $n = 67$ ) et légumes ( $n = 21$ ) de jardins privés, échantillonnés et analyses par l'UAntwerpen en 2019

Distance par rapport au site industriel (m)	Concentration en PFOS ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Concentration en PFOA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Concentration en PFNA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Concentration en PFHxS ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Concentration pour la somme ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
<b>Oeufs (n = 67)</b>					
728	136,06	1,08	1,18	1,96	140,28
728	155,25	1,32	1,22	1,26	159,05
767	44,70	0,52	0,14	0,97	46,34
767	48,96	0,31	0,30	1,81	51,38
920	520,38	2,21	0,97	5,02	528,58
920	621,79	2,86	1,23	7,85	633,74
1080	333,37	6,74	0,42	6,52	347,05
1080	634,12	5,72	0,55	5,54	645,94
1700	0,93	0,21	0,04	< LOQ	1,18
1700	1,68	0,29	0,11	< LOQ	2,07
2300	20,76	0,28	0,27	< LOQ	21,31
2300	30,91	0,47	0,46	< LOQ	31,83
2480	340,80	2,13	1,13	2,94	347,00
2480	272,36	3,28	1,13	3,23	280,00
2590	48,03	0,36	0,43	< LOQ	48,83
2590	31,54	0,47	0,24	< LOQ	32,26
2760	13,29	0,32	0,24	< LOQ	13,85
2760	16,39	0,56	0,21	< LOQ	17,16
3660	15,83	0,36	0,16	< LOQ	16,35
3660	19,37	0,42	0,20	< LOQ	19,98
3690	3,26	0,23	0,08	< LOQ	3,57
3690	4,62	0,23	0,15	< LOQ	5,00
3810	11,20	5,93	0,11	< LOQ	17,24
3810	7,38	8,14	0,08	< LOQ	15,60
4120	95,56	0,68	0,72	< LOQ	96,97
4270	49,29	4,93	0,98	2,07	57,27
4270	56,63	4,89	0,96	2,47	64,96
5090	4,20	0,21	0,05	< LOQ	4,46
5090	10,78	5,97	0,72	< LOQ	17,47
7090	9,38	0,32	0,24	< LOQ	9,94
7090	1,52	0,20	0,12	< LOQ	1,84
8460	15,10	4,54	0,40	0,29	20,33
8460	11,88	6,38	0,33	< LOQ	18,58
8470	6,13	6,38	0,11	< LOQ	12,62
8470	9,09	7,91	0,27	< LOQ	17,27
8900	6,77	4,02	0,17	< LOQ	10,97
9480	10,58	7,24	0,33	< LOQ	18,15
9480	9,04	8,75	0,23	< LOQ	18,02
9610	2,40	6,21	0,12	< LOQ	8,73
9610	9,40	5,88	0,27	< LOQ	15,56
10170	2,91	7,12	0,14	< LOQ	10,17

10170	2,42	6,46	0,11	< LOQ	8,99
10170	5,94	8,16	0,18	< LOQ	14,29
10170	5,07	6,66	0,18	< LOQ	11,91
10560	35,65	6,55	0,15	< LOQ	42,36
10560	8,10	7,77	0,00	< LOQ	15,87
10600	14,18	7,21	0,28	< LOQ	21,67
10600	19,01	5,92	0,14	< LOQ	25,06
10610	1,72	0,38	0,05	< LOQ	2,15
10610	1,68	0,58	0,07	< LOQ	2,33
11200	2,71	0,62	0,10	< LOQ	3,42
11200	4,76	0,57	0,11	< LOQ	5,44
11400	2,90	7,92	0,10	< LOQ	10,93
11400	1,34	7,17	0,11	< LOQ	8,62
11620	8,78	7,94	0,33	< LOQ	17,05
11620	7,19	6,15	0,32	< LOQ	13,66
12240	6,47	6,58	0,25	< LOQ	13,30
12240	4,53	5,61	0,15	< LOQ	10,28
13260	29,32	8,27	0,50	< LOQ	38,08
13260	14,83	5,63	0,27	< LOQ	20,73
13320	3,24	7,95	0,23	< LOQ	11,41
13320	3,52	6,95	0,18	< LOQ	10,65
13370	2,33	7,60	0,07	< LOQ	9,99
13370	1,79	1,42	0,12	< LOQ	3,33
14500	6,07	8,22	0,17	< LOQ	14,45
14500	2,12	7,10	0,14	< LOQ	9,36
14990	43,50	8,13	0,80	1,84	54,27
<b>Légumes (n = 21)</b>					
728	<LOQ	0,57	<LOQ	<LOQ	0,57
767	0,83	0,38	<LOQ	<LOQ	1,21
920	<LOQ	0,36	<LOQ	<LOQ	0,36
1080	0,29	0,43	<LOQ	<LOQ	0,71
1700	<LOQ	0,39	<LOQ	<LOQ	0,39
2300	<LOQ	0,83	<LOQ	<LOQ	0,83
2480	<LOQ	0,19	<LOQ	<LOQ	0,19
2760	0,13	1,55	<LOQ	<LOQ	1,68
3660	<LOQ	1,41	<LOQ	<LOQ	1,41
3670	0,11	0,28	<LOQ	<LOQ	0,38
4270	<LOQ	0,18	<LOQ	<LOQ	0,18
4940	<LOQ	0,13	<LOQ	<LOQ	0,13
5090	<LOQ	0,37	<LOQ	<LOQ	0,37
6020	0,24	1,20	<LOQ	<LOQ	1,45
7090	<LOQ	0,48	<LOQ	<LOQ	0,48
8460	0,13	2,27	<LOQ	<LOQ	2,40
9480	0,19	1,85	<LOQ	<LOQ	2,04
10170	<LOQ	0,15	<LOQ	<LOQ	0,15
10610	0,66	1,28	<LOQ	<LOQ	1,95
11200	<LOQ	0,34	<LOQ	<LOQ	0,34
13370	<LOQ	0,25	<LOQ	<LOQ	0,25

Annexe C. Données de Kowalczyk *et al.* (2013)Tableau 6. Concentrations en PFAS dans le foie, les reins, les tissus musculaires et le lait de vache ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) et pourcentage de la dose ingérée, après 28 jours de consommation d'alimentation contaminée (groupe 1) et après 28 jours de consommation d'alimentation contaminée suivis de 21 jours de dépuración (groupe 2)

	PFBS		PFHxS		PFOS		PFOA	
	concn	% of ingested dose	concn	% of ingested dose	concn	% of ingested dose	concn	% of ingested dose
liver ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ FM)								
group 1 <sup>a</sup>	0.3 $\pm$ 0.3 <sup>c</sup>	0.005 $\pm$ 0.004	60.8 $\pm$ 23.7	0.58 $\pm$ 0.14	2952 $\pm$ 718	17.93 $\pm$ 2.91	10.1 $\pm$ 1.9	0.23 $\pm$ 0.02
group 2 <sup>b</sup>	<LOD	<0.001	18.6 $\pm$ 9.9	0.16 $\pm$ 0.05	3964 $\pm$ 1035	20.74 $\pm$ 1.35	0.8 $\pm$ 0.7	0.02 $\pm$ 0.01
<i>p</i> value <sup>e</sup>	0.191	0.187	0.046	0.007	0.237	0.204	0.001	<0.001
kidney ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ FM)								
group 1	1.0 $\pm$ 0.3	0.003 $\pm$ <0.001	98.2 $\pm$ 30.8	0.182 $\pm$ 0.032	1074 $\pm$ 153	1.26 $\pm$ 0.13	8.7 $\pm$ 3.9	0.036 $\pm$ 0.011
group 2	<LOD	<0.001	39.4 $\pm$ 22.4	0.062 $\pm$ 0.025	1408 $\pm$ 303	1.42 $\pm$ 0.13	0.4 <sup>d</sup>	<0.001
<i>p</i> value <sup>e</sup>	0.033	0.022	0.056	0.007	0.164	0.204	0.019	0.031
muscle tissue ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ FM)								
group 1	<LOD	<0.001	19.1 $\pm$ 7.1	9.06 $\pm$ 1.99	145 $\pm$ 36	43.11 $\pm$ 3.09	0.6 $\pm$ 0.3	0.69 $\pm$ 0.28
group 2	<LOD	<0.001	4.9 $\pm$ 2.7	2.02 $\pm$ 0.66	178 $\pm$ 48	46.47 $\pm$ 7.69	<LOD	0.034 $\pm$ 0.058
<i>p</i> value <sup>e</sup>			0.032	0.004	0.387	0.522	0.028	0.017
milk ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )								
group 1	0.016 $\pm$ 0.041	0.013 $\pm$ 0.021	1.86 $\pm$ 1.36	1.47 $\pm$ 0.54	9.06 $\pm$ 9.17	4.68 $\pm$ 1.50	0.07 $\pm$ 0.07	0.10 $\pm$ 0.06
group 2	<LOD	0.004 $\pm$ 0.003	1.75 $\pm$ 1.56	2.45 $\pm$ 0.19	33.09 $\pm$ 6.42	14.08 $\pm$ 3.62	<LOD	0.09 $\pm$ 0.03
<i>p</i> value <sup>f</sup>	0.094	0.517	0.895	0.022	<0.001	0.001	<0.001	0.705

<sup>a</sup>Slaughtered after PFAS-feeding period ( $n = 3$ , day 29). <sup>b</sup>Slaughtered after PFAS-free feeding period ( $n = 3$ , day 50). <sup>c</sup>Two of three dairy cows with levels above LOD. <sup>d</sup>Two dairy cows with levels below LOD. <sup>e</sup>Comparison between the groups for the same substance in tissue samples was performed using *t* test. <sup>f</sup>Comparison between the groups for the same substance in milk was performed using Kruskal–Wallis test.