



**COMITE SCIENTIFIQUE
DE L'AGENCE FEDERALE POUR LA SECURITE
DE LA CHAINE ALIMENTAIRE**

AVIS 01-2014

Concerne: Liste des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) à rechercher dans l'alimentation animale et limite d'action à utiliser (dossier Sci Com 2013/20).

Avis approuvé par le Comité scientifique le 17 janvier 2014.

Résumé

Il est demandé au Comité scientifique d'émettre un avis sur la liste des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) à utiliser pour l'analyse des aliments pour animaux et sur la limite d'action à appliquer. Actuellement, 12 HAPs (acénaphène, acénaphylène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, indeno(1,2,3-cd)pyrène, fluoranthène, phénanthrène et pyrène) sont analysés dans l'alimentation animale tandis que 4 HAPs (benz(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène et chrysène) sont analysés dans l'alimentation humaine.

Les HAPs les plus fréquemment détectés dans les aliments pour animaux analysés par l'AFSCA en 2010, 2011 et 2012 étaient le phénanthrène, l'acénaphène, le fluoranthène et le pyrène. Ces composés ne sont pas considérés comme génotoxiques et ne sont pas classés par l'IARC (International Agency for Research on Cancer) comme cancérogènes. Ces HAPs sont également fréquemment détectés dans les denrées alimentaires. Ils n'ont pas été retenus comme pertinents dans les denrées alimentaires en raison de leur faible toxicité. Sur base des données disponibles relatives à leur occurrence et leur toxicité, l'EFSA a conclu que l'analyse de 4 congénères de HAPs (appelés HAP4: benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène et chrysène) était suffisante comme indicateur de la présence des HAPs les plus toxiques dans les denrées alimentaires.

Les HAPs ne font pas l'objet d'une bioaccumulation dans les tissus animaux après ingestion d'aliments contaminés. La présence de HAPs dans l'alimentation animale n'implique donc pas une exposition humaine directe aux HAPs, mais une exposition potentielle à leurs métabolites.

Le Comité scientifique estime qu'il est logique d'avoir la même démarche pour l'alimentation animale et humaine. C'est pourquoi, il propose une approche en 2 étapes. En premier lieu, contrôler, dans les aliments pour animaux, les 4 HAPs qui sont pertinents en raison de leur toxicité et de leur occurrence. En deuxième lieu, si l'origine de la contamination doit être recherchée, un groupe plus étendu de HAPs peut être contrôlé pour établir un profil des congénères de HAPs.

Le Comité scientifique recommande d'appliquer une limite d'action de 150 µg/kg et un seuil d'action de 50 µg/kg pour les 4 HAPs pertinents. Le seuil d'action a pour objectif d'attirer

l'attention des gestionnaires de risque sur la nécessité d'investiguer la source de contamination et/ou de vérifier le procédé.

Dans le cadre de la recherche scientifique, le Comité recommande d'analyser les métabolites des HAPs dans les denrées alimentaires d'origine animale et d'évaluer leur pertinence d'un point de vue toxicologique.

Summary

Advice 01-2014 of the Scientific Committee of the FASFC on the list of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) to control in feed and on the action limit to be used

The Scientific Committee is asked to give an opinion on the list of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) to be included in the analysis of feed and on the action limits to be used. Currently, 12 PAHs (acenaphthene, acenaphthylene, benzo(a)anthracene, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, chrysene, dibenzo(a, h)anthracene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, fluoranthene, phenanthrene, and pyrene) are analyzed in feed while 4 PAHs (benz(a)anthracene, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene and chrysene) are analyzed in the human diet.

The PAHs most frequently detected in feed and analyzed by the FASFC in 2010, 2011 and 2012 were phenanthrene, acenaphthene, fluoranthene and pyrene. These compounds are considered non-genotoxic and are not classified as carcinogenic by IARC (International Agency for Research on Cancer). These PAHs are also frequently detected in food. They were not deemed as relevant in foodstuffs due to their low toxicity. Based on available data on their occurrence and toxicity, EFSA concluded that 4 PAHs congeners (called PAH4: benzo(a)anthracene, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene and chrysene) were adequate indicators of the presence of the most toxic PAHs in foodstuffs.

PAHs do not accumulate in animal tissues after ingestion of contaminated feed. Thus, the presence of PAHs in feed does not contribute to a direct human exposure to PAHs, but to a possible exposure to their metabolites.

The Scientific Committee consider that it makes sense to have the same approach for animal and human consumption. Therefore, the Scientific Committee suggests a 2-step approach. First, the monitoring in feed of 4 PAHs that are relevant because of their toxicity and their occurrence. Second, if the origin of the contamination must be sought, a larger group of PAHs could be controlled to establish a pattern of the PAHs congeners.

The Scientific Committee recommends implementing an action limit of 150 µg/kg and a threshold of action of 50 µg/kg for the 4 relevant PAHs. The threshold of action has as goal to draw the attention of the risk manager on the need to search for the source of contamination and/or to check to the process.

In the framework of scientific research, the Scientific Committee recommends to analyze metabolites of PAHs in foodstuffs of animal origin and to evaluate their toxicological relevance.

Mots clés

Hydrocarbures aromatiques polycycliques, alimentation animale, limite d'action

1. Termes de référence

1.1. Question

Il est demandé au Comité scientifique d'émettre un avis sur la liste des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) devant être inclus dans l'analyse des aliments pour animaux et sur la limite d'action à utiliser.

Depuis 2001, en se basant sur un rapport du RIKILT (Traag *et al.*, 2001), l'AFSCA a mis en œuvre des contrôles des HAPs et a fixé une limite d'action de 50 µg BaPEQ/kg et un seuil d'action de 15 µg BaPEQ/kg (seuil au dessus duquel une enquête est demandée à l'opérateur en vue de déterminer la source de contamination et/ou de vérifier le procédé) pour la somme, pondérée par des facteurs d'équivalence toxique (TEF, voir section 3.2.2.), des 12 HAPs repris ci-dessous

- acénaphène
- acénaphylène
- benzo(a)anthracène
- benzo(a)pyrène
- benzo(b)fluoranthène
- benzo(k)fluoranthène
- chrysène
- dibenzo(a,h)anthracène
- indeno(1,2,3-cd)pyrène
- fluoranthène
- phénanthrène
- pyrène

En 2008, l'EFSA a publié un avis sur les HAPs dans les denrées alimentaires. Sur base de cet avis, des limites maximales dans les denrées alimentaires ont été fixées dans la législation européenne pour la somme non pondérée de 4 HAPs (benz(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène et chrysène) (Règlement (UE) N° 835/2011¹).

Bien que l'avis de l'EFSA ne concerne pas les aliments pour animaux, il est interpellant de constater que le contrôle des HAPs dans les aliments pour animaux réalisé par l'AFSCA suit une approche différente de celle préconisée pour les denrées alimentaires, tant du point de vue de la liste des HAPs analysés, que de l'utilisation des TEF.

L'AFSCA souhaite savoir si, avec l'évolution des connaissances scientifiques, le Comité scientifique considère que la liste des HAPs analysés en alimentation animale est toujours d'actualité et, dans le cas où cette liste devrait être changée, à quelle limite le contrôle doit être fait.

1.2. Contexte législatif

Règlement (UE) N° 835/2011 de la Commission du 19 août 2011 modifiant le règlement (CE) N° 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les denrées alimentaires.

1.3. Définitions

- HAP2 = benzo(a)pyrène + chrysène
- HAP4 = benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, chrysène et benzo(b)fluoranthène
- HAP8: HAPs mesurés dans 2 mélanges de goudron utilisés dans l'étude de cancérogénicité de Culp *et al.* (1998) = benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, indeno(1,2,3-cd)pyrène

¹Règlement (UE) N° 835/2011 de la Commission du 19 août 2011 modifiant le règlement (CE) N° 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les denrées alimentaires.

- HAP12 = acénaphthène, acénaphthylène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluoranthène, indeno(1,2,3-cd)pyrène, phénanthrène, pyrène.
- BAPEQ = $\sum (C_{\text{HAP}_i} \times \text{TEF}_{\text{HAP}_i})$: la concentration totale des 12 HAPs, exprimée en équivalents toxiques par rapport au benzo(a)pyrène. Un facteur d'équivalent toxique (TEF) de 1 est attribué au benzo(a)pyrène (substance de référence). Un TEF a été attribué aux autres composés sur base de leur potentiel toxique relatif à celui du benzo(a)pyrène. Le contenu des composés individuels est converti en contenu en équivalents benzo(a)pyrène en multipliant la concentration de chaque composé par son TEF respectif. Pour les analyses de l'alimentation animale, l'AFSCA utilise les TEFs proposés par le RIKILT (2001) pour calculer le BAPEQ.
- Limite d'action: la limite définie par la DG Politique de Contrôle, le cas échéant validée par le comité scientifique de l'AFSCA s'il n'y a pas de norme officielle et en cas de dépassement de laquelle une action doit être entreprise (AFSCA, 2013).
- Seuil d'action: le seuil au delà duquel il convient de déterminer la source de la contamination et de prendre des mesures pour la réduire ou la supprimer (AFSCA, 2013).

Vu les discussions durant la réunion de groupe de travail du 21 octobre 2013 et du 5 décembre 2013 et la séance plénière du 17 janvier 2014,

le Comité scientifique émet l'avis suivant :

2. Introduction

Par le passé, diverses listes de HAPs prioritaires ont été établies par des instances américaines et européennes.















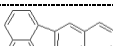



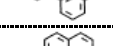


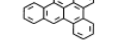


Sur base de leur toxicité et de leur présence dans l'environnement, l'US EPA (1984) a établi une liste de 16 HAPs considérés comme polluants prioritaires, représentant 80% des HAPs trouvés aux Etats Unis (Chahin *et al.*, 2008). Cette liste, reprise ci-après comprend les 12 HAPs contrôlés par l'AFSCA dans l'alimentation animale (notés avec une astérisque): acénaphthène*, acénaphthylène*, benzo(a)pyrène*, anthracène, benzo(a)anthracène*, benzo(b)fluoranthène*, benzo(k)fluoranthène*, benzo(ghi)pérylène, chrysène*, dibenzo(a,h)anthracène*, fluoranthène*, fluorène, indeno(1,2,3-cd)pyrène*, naphthalène, phénanthrène* et pyrène*.

L'Union Européenne (UE) a établi en 2002 une liste de 15 congénères de HAPs les plus pertinents à analyser et ce d'un point de vue de leur toxicité (en particulier, leur génotoxicité), sur base d'un avis du Comité scientifique de l'alimentation humaine (SCF, 2002). Cette liste, reprise ci-après comprend 7 des 12 HAPs contrôlés par l'AFSCA dans l'alimentation animale (notés avec un astérisque): benzo(a)anthracène*, benzo(b)fluoranthène*, benzo(j)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène*, benzo(ghi)pérylène, benzo(a)pyrène*, chrysène*, cyclopenta(c,d)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène*, dibenzo(a,e)pyrène, dibenzo(a,h)pyrène, dibenzo(a,i)pyrène, dibenzo(a,l)pyrène, indeno(1,2,3-cd)pyrène*, 5-méthylchrysène. Un 16^{ème} HAP a été ajouté par la suite, le benzo(c)fluorène², et cette liste européenne est connue sous le nom de liste des «15 + 1» HAPs prioritaires pour l'UE.

Le tableau 1 présente les deux listes de 16 HAPs prioritaires (US-EPA et EU), et mentionne leur masse moléculaire ainsi que leur structure chimique.

²Congénère de HAP repris par l'EFSA sur base de l'évaluation du Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) (FAO/WHO, 2006).

Tableau 1 : Structure des 16 HAPs prioritaires pour l'US EPA et des 16 HAPs prioritaires pour l'Union Européenne. Les 12 HAPs analysés par l'AFSCA dans l'alimentation animale sont marqués d'un astérisque.

16 HAPs (US EPA)	15 +1HAPs (UE)	Masse moléculaire	Structure
<i>Naphtalène</i>		128	
<i>Acenaphthène*</i>		152	
<i>Acenaphthylène*</i>		152	
<i>Fluorène</i>		166	
<i>Anthracène</i>		178	
<i>Phenanthrène*</i>		178	
<i>Fluoranthène*</i>		202	
<i>Pyrène*</i>		202	
	Benzo[c]fluorène	216	
	Cyclopenta[cd]pyrène	226	
<i>Benzo[a]anthracène*</i>	Benzo[a]anthracène*	228	
<i>Chrysène*</i>	Chrysène*	228	
	5-methylchrysène	242	
<i>Benzo[b]fluoranthène*</i>	Benzo[b]fluoranthène*	252	
<i>Benzo[k]fluoranthène*</i>	Benzo[k]fluoranthène*	252	
<i>Benzo[a]pyrène*</i>	Benzo[a]pyrène*	252	
	Benzo[j]fluoranthène	252	
<i>Indeno[1,2,3-cd]pyrène*</i>	Indeno[1,2,3-cd]pyrène*	276	
<i>Benzo[ghi]perylène</i>	Benzo[ghi]perylène	276	
<i>Dibenzo[a,h]anthracène*</i>	Dibenzo[a,h]anthracène*	278	
	Dibenzo[a,e]pyrène	302	
	Dibenzo[a,h]pyrène	302	
	Dibenzo[a,i]pyrène	302	
	Dibenzo[a,l]pyrène	302	

Alors que jusque 2012, seul le benzo(a)pyrène disposait (dans la législation européenne) d'une limite maximale dans certaines denrées alimentaires, la Commission Européenne a émis en 2005 une Recommandation encourageant les états membres à doser les 15 + 1 HAPs prioritaires dans les denrées alimentaires, afin d'évaluer si le benzo(a)pyrène à lui seul était un bon indicateur de la contamination des denrées alimentaires par les HAPs.

En 2008, l'EFSA a compilé les données de ces 15 + 1 HAPs analysés dans les denrées alimentaires par les états membres de l'Union Européenne, en accordant une attention particulière à un mélange de 8 HAPs cancérigènes et génotoxiques, correspondant à ceux mesurés dans des mélanges de goudron utilisés pour les études de toxicité (HAP 8: benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)perylène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, indeno(1,2,3-cd)pyrène). Il ressort de l'avis de l'EFSA (2008) que le benzo(a)pyrène seul n'est pas un indicateur adéquat de l'occurrence des HAPs dans les denrées alimentaires. Le benzo(a)pyrène peut être détecté dans environ 50% des échantillons. Cependant, dans environ 30% des échantillons d'autres HAPs cancérigènes et génotoxiques ont été détectés en absence de benzo(a)pyrène. Le chrysène était le congénère le plus détecté dans les échantillons dans lesquels le benzo(a)pyrène était absent. Sur base des données disponibles relatives à leur occurrence et leur toxicité, l'EFSA a conclu que 4 congénères de HAPs (appelés HAP4: benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène et chrysène) étaient des indicateurs adéquats de la présence des HAPs les plus toxiques dans les denrées alimentaires.

Depuis l'entrée en vigueur du Règlement (UE) N° 835/2011, le contrôle officiel des HAPs dans les denrées alimentaires se limite aux HAP4.

3. Evaluation des risques

3.1. Identification du danger

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) sont un groupe de plus de 100 composés organiques composés de 2 ou plusieurs noyaux aromatiques constitués uniquement de carbone et d'hydrogène.

3.1.1. Propriétés physico-chimiques

A température ambiante, les HAPs sont solides (Bulder *et al.*, 2006; EFSA, 2008). Généralement, ils ont un point de fusion et d'ébullition élevé, une faible pression de vapeur et une très faible solubilité dans l'eau. Les HAPs sont très lipophiles et chimiquement plutôt inertes.

Dans les environnements aqueux, les HAPs sont généralement trouvés absorbés sur des particules et la matière humique, ou dissous dans les contaminants huileux qui peuvent être présents dans l'eau, les sédiments et le sol (EFSA, 2008). La solubilité des HAPs est inversement proportionnelle au nombre de noyaux aromatiques que la molécule contient.

Les propriétés physico-chimiques et les dangers des HAPs sont hautement liés au nombre de noyaux aromatiques polycycliques (2-6 noyaux pour les 16 polluants prioritaires de l'US EPA).

La structure chimique et la masse moléculaire des 12 HAPs analysés par l'AFSCA dans l'alimentation animale sont présentées dans le tableau 1 (molécules marquées d'une astérisque). Leur log Kow (coefficient de partage octanol/eau, qui est directement proportionnel à l'hydrophobicité) varie de 3,92 pour l'acénaphène à 6,75 pour le dibenzo(a)anthracène (source: chemIDplus).

3.1.2. Sources de contamination par des HAPs

Les HAPs sont principalement formés par la combustion incomplète ou la pyrolyse de matières organiques, pendant les processus industriels, la cuisson et la transformation de denrées alimentaires (EFSA, 2008; FAO/WHO, 2006). Ils sont utilisés comme intermédiaires dans la production de plastiques, de pigments, de colorants et de pesticides (Bulder *et al.*, 2006). Les sources naturelles principales sont les feux de forêts et les volcans (EFSA, 2008). Les sources atmosphériques stationnaires les plus importantes sont la combustion domestique de bois, d'huile, de gaz et de charbon ainsi que la génération d'électricité industrielle, l'incinération, la production d'aluminium, de fer et de métal, le craquage catalytique du pétrole et la production d'asphalte, de charbon et de coke (SCF, 2002). Par conséquent, les sources naturelles et anthropogéniques dans l'environnement sont nombreuses (EFSA, 2008).

D'après Yebra-Pimental *et al.* (2012), les deux types de sources de contamination principales des aliments pour animaux par les HAPs sont la pyrolyse et les dépôts atmosphériques. Les HAPs provenant de l'atmosphère polluée sont généralement transférés vers les plantes par dépôt sur les feuilles ou par absorption dans la phase gazeuse des stomates. L'absorption des substances chimiques gazeuses par les plantes est l'une des voies majeures de contamination de productions agricoles par beaucoup de substances semi-volatils y compris les HAPs. La contamination des aliments pour animaux par les HAPs peut également avoir lieu durant le traitement thermique (séchage, déshydratation et grillage) des matières premières, notamment le séchage par contact direct ou indirect avec les fumées de combustion.

En plus du séchage et des dépôts atmosphériques, Traag *et al.* (2001) mentionne l'emploi de graisses techniques comme source de contamination. La Belgique a interdit l'usage d'huile et de graisses provenant de déchetteries (parcs à conteneur).

L'homme est exposé aux HAPs par plusieurs voies (EFSA, 2008). Pour les non-fumeurs, la voie principale d'exposition est la consommation de denrées alimentaires contaminées par des sources environnementales (dépôt atmosphérique, transfert du sol et dépôt et transfert dans l'eau) ou pendant la transformation des denrées alimentaires (séchage, fumaison) et la cuisson à haute température (grillade, rôtissage, torréfaction, friture) (Bulder *et al.*, 2006). Fumer des cigarettes augmente l'exposition aux HAPs de manière significative.

Les surfaces cireuses des végétaux et des fruits sont capables de concentrer les HAPs. Les processus industriels de fumaison, chauffage et séchage peuvent être une source de contamination des denrées alimentaires. Les HAPs sont aussi formés durant certains processus de préparation à la maison comme les grillades, le rôtissage ou la fumaison. Des concentrations élevées en HAPs ont été rapportées dans les denrées (viandes grasses) grillées sur du charbon (barbecue), dans des denrées (poissons) fumées par des techniques traditionnelles et dans les moules et autres produits de la mer provenant d'eaux polluées. La présence de HAPs a également été rapportée dans des grains de café, des fèves de cacao et des feuilles de thé (EFSA, 2008). Les compléments alimentaires à base de plantes peuvent également contenir des quantités élevées de HAPs (Danyi *et al.*, 2009).

3.2. Caractérisation du danger

3.2.1. Toxicité des HAPs pour l'homme

Il ressort des données expérimentales chez l'animal que certains HAPs pouvaient induire de nombreux effets néfastes sur la santé (des effets hépatiques, hématologiques et immunologiques, le développement d'athérosclérose, des effets néfastes sur la reproduction ainsi que des effets génotoxiques et cancérigènes) (INERIS, 2003, JRC, 2010; FAO/WHO, 2006; SCF, 2002, SciCom, 2010). Le JECFA (FAO/WHO, 2006) a conclu que 13 HAPs sont clairement cancérigènes et génotoxiques (voir tableau ci-dessous - **en gras les HAP12**):

Classification IARC	Substance	Génotoxique
1 (cancérogène pour l'homme)	benzo(a)pyrène	X
2A (Probablement cancérogène pour l'homme)	cyclopenta(c,d)pyrène dibenzo(a,h)anthracène dibenzo(a,l)pyrène	X X X
2B (peut être cancérogène pour l'homme)	benzo(a)anthracène benzo(b)fluoranthène benzo(j)fluoranthène benzo(k)fluoranthène chrysène dibenzo(a,h)pyrène dibenzo(a,i)pyrène indeno(1,2,3-cd)pyrène 5-méthylchrysène	X X X X X X X X
3 (Pas classifiable quant à leur cancérogénicité pour l'homme)	acénaphène anthracène benzo(c)fluorène benzo(ghi)pérylène dibenzo(a,e)pyrène fluoranthène phénanthrène pyrène	X
Pas classé	acénaphylène	

Le benzo(a)pyrène (BaP) serait le HAP le plus toxique. Comme les autres HAPs, après absorption dans l'organisme, le BaP est métabolisé (par oxydation des noyaux aromatiques suivi de la formation de conjugués au glutathion, acide glucuronique et sulfate). Le BaP ne s'accumule pas. Différentes voies métaboliques peuvent mener à des intermédiaires très réactionnels (par exemple des diolépoxydes), qui se lient de façon covalente aux acides nucléiques et aux protéines et sont impliqués dans les effets mutagènes/cancérigènes des HAPs (EFSA, 2008).

La formation d'adduits par les métabolites électrophiles est considérée comme l'une des étapes les plus précoces de la cancérogénicité des HAPs mutagènes. Toutefois, il y a une faible relation quantitative entre les niveaux d'adduits dans les tissus et la formation de tumeurs. Ceci indique que d'autres facteurs sont apparemment critiques pour le développement de tumeurs provoquées par le BaP et certains autres HAPs (FAO/WHO, 2006).

Certains HAPs et certains métabolites des HAPs se lient également au récepteur Ah (aryl hydrocarbon), résultant en une régulation positive de différents enzymes impliqués dans le métabolisme des HAPs, ce qui peut mener à des relations «dose-réponses» complexes et potentiellement non linéaires pour des mélanges d'HAPs (Source: SciCom, 2010).

3.2.2. Utilisation des facteurs d'équivalence toxique (Toxicological Equivalent Factor - TEF)

Le concept de facteur d'équivalence toxique (Toxicological Equivalent Factor - TEF) a été développé en 1977 afin d'établir une valeur toxicologique **pour des effets cancérigènes** d'un mélange de composés chimiquement proches ayant le même mécanisme d'action. Ce concept a d'abord été appliqué aux polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes (PCDD/Fs), puis étendu à d'autres hydrocarbures aromatiques polycycliques halogénés, comme les polychloro biphényles (PCBs) de type dioxine et les HAPs (INERIS, 2003).

Différents auteurs ont cherché à établir des valeurs TEF pour les HAPs. Une première approche a été proposée par l'US EPA en 1984. Par la suite d'autres auteurs ont affiné la démarche initiale proposée par l'US EPA et ont publié d'autres tables de valeurs TEF (INERIS, 2003). Le rapport de l'INERIS (2003) présente les principales tables de valeurs TEF disponibles.

Les valeurs TEF utilisées par l'AFSCA pour calculer la teneur en BAPEQ dans l'alimentation animale sont celles proposées par le RIKILT (Traag *et al.*, 2001; Bulder *et al.*, 2006) et sont les suivantes:

Substance	Valeurs TEF proposés
benzo(a)pyrène	1
dibenzo(a,h)anthracène	1
benzo(a)anthracène	0,1
benzo(b)fluoranthène	0,1
benzo(k)fluoranthène	0,1
indeno(1,2,3-cd)pyrène	0,1
chrysène	0,01
acénaphthylène	0,01
fluoranthène	0,01
acénaphène	0,001
phénanthrène	0,001
pyrène	0,001

Le benzo(a)pyrène (BaP) serait le HAP le plus toxique sur base de la cancérogénicité. Des puissances relatives de cancérogénicité des HAPs par rapport au BaP ont été déterminées par le RIKILT (Traag *et al.*, 2001) en comparant les données provenant principalement d'études d'exposition par voie dermique (Bulder *et al.*, 2006). Cette approche peut fournir une indication de la puissance relative par rapport au BaP, exprimé en BaP équivalent (BaPEQ).

Des controverses existent concernant l'emploi de TEF pour caractériser la cancérogénicité relative des différents HAPs, car les HAPs n'induisent pas tous un cancer via des mécanismes identiques. De plus, des données sur des études d'exposition par voie orale sont limitées et l'absorption et le métabolisme peuvent jouer un rôle important dans les effets (Bulder *et al.*, 2006).

D'après l'EFSA (2008), il y a plusieurs problèmes dans l'utilisation de l'approche TEF pour l'évaluation des risques des HAPs dans les denrées alimentaires. L'emploi de l'approche TEF requiert que les composés en question exercent leur effet toxique par le même mécanisme d'action, comme par exemple les PCDD/Fs via le récepteur Ah. Bien qu'un nombre de HAPs se lient au récepteur Ah, ce mécanisme n'est pas le seul qui détermine le potentiel cancérigène des HAPs. Ainsi, le groupe CONTAM de l'EFSA (2008) a conclu que l'approche TEF pour la caractérisation du risque des HAPs dans les denrées alimentaires n'est pas considérée comme étant scientifiquement validée. En effet, il manque des résultats sur la cancérogénicité par voie orale pour les différents HAPs et sur les modes d'action. En outre,

les valeurs TEF actuellement proposées ont une valeur médiocre de prédiction du potentiel cancérigène des mélanges de HAPs.

Comme indiqué plus haut, le contrôle officiel des HAPs dans les denrées alimentaires est basé sur la mesure de 4 HAPs (HAP4), sans tenir compte d'aucun TEF, alors que les TEF sont utilisés dans le cadre du contrôle des HAPs dans l'alimentation animale.

Le Comité scientifique se pose la question de la pertinence d'utiliser les TEF pour contrôler la présence de HAPs dans l'alimentation animale, alors que cette contamination n'implique pas une exposition humaine. (Il n'y a pas de bioaccumulation des HAPs, les HAPs sont métabolisés par les animaux et les facteurs de transfert sont faibles, voir plus loin).

De plus, il est interpellant de constater que le chrysène, un des 4 HAPs pour la somme desquels il existe une limite maximale (absolue) dans les denrées alimentaires (Règlement (CE) N° 1881/2006), est considéré avec un TEF de 0,01 dans le cadre du monitoring de l'alimentation animale réalisé par l'AFSCA. La concentration absolue de chrysène est donc divisée par 100 pour calculer le BAPEQ dans l'alimentation animale, alors que pour l'alimentation humaine, la concentration absolue de chrysène est prise en compte.

3.2.3. Valeurs toxicologiques de référence pour l'homme

Pour les effets cancérigènes

L'EFSA (2008) a dérivé des valeurs BMDL₁₀³ (benchmark dose lower confidence limit) comme marqueur de la cancérigénicité des HAPs dans les denrées alimentaires à partir de deux mélanges de goudron utilisés dans les études de cancérigénicité par Culp *et al.* (1998). Les valeurs BMDL₁₀ les plus basses pour la somme des HAP2, HAP4 et HAP8 sont de 0,17, 0,34 et 0,49 mg/kg poids corporel (pc)/jour, respectivement.

Sur base d'une étude de 3 ans d'exposition par voie orale chez des rats, le RIVM a dérivé une limite de 5 ng BaP/kg pc par jour (à partir d'une LOEL (Low Observed Effect Level) de 10 mg/kg pc par jour pour l'incidence de tumeurs) qui correspondrait à un risque de cancer de 1X10⁶. Sur base des données d'occurrence et du potentiel cancérigène des HAPs disponibles, en appliquant un facteur de correction de 10, les auteurs ont dérivé une «Virtual Safe Dose» de 0,5 ng BaP/kg pc par jour (Bulder *et al.*, 2006).

Pour les effets non cancérigènes

Plusieurs instances (US EPA, ATSDR, RIVM) ont établi des valeurs toxicologiques de référence pour les effets systémiques à seuils pour 8 HAPs: acénaphthène, anthracène, benzo(ghi)pérylène, fluoranthène, fluorène, naphthalène, pyrène et phénanthrène (INERIS, 2003).

3.2.4. Métabolisation et transfert des HAPs vers les produits animaux

Absorption

En général, chez les mammifères, l'absorption des HAPs de faible masse moléculaire (anthracène, phénanthrène, fluoranthène ou pyrène) est élevée comparée aux HAPs de masse moléculaire élevée et très lipophiles (EFSA, 2008). Les taux d'absorption chez des porcs castrés de 40 kg, alimentés avec du lait contenant du benzo(a)pyrène ou du phénanthrène radioactif étaient de 30,5% et 86,1%, respectivement. Grova *et al.* (2002b) ont estimé des taux d'absorption (digestibilité apparente) chez des chèvres de 75 et 12% pour le phénanthrène et le benzo(a)pyrène respectivement, après ingestion d'une seule dose.

³La BMDL ou 'Lower Benchmark dose' est un point de référence normalisé obtenu par la modélisation mathématique de données expérimentales tirées d'essais sur des animaux. La benchmark dose (BMD) est une estimation de la dose qui va induire une réponse faible mais mesurable (benchmark response - BMR) (en général 5 ou 10% d'incidence au-dessus du contrôle). La 'lower benchmark dose' ou BMDL constitue la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95% de la BMD pour une augmentation de 10% des tumeurs chez les animaux.

Métabolisation

Les HAPs sont rapidement métabolisés chez les mammifères ainsi que chez les oiseaux (Fournier *et al.*, 2010). Ils sont convertis en HAPs monohydroxylés. Par la suite, les HAPs peuvent être conjugués à des glucuronides, sulfates et glutathion avant d'être excrétés via l'urine et la bile.

Elimination et transfert des HAPs

Les études sur le transfert des HAPs dans la chaîne alimentaire à partir d'animaux terrestres semblent être limitées parce que ces composés sont connus pour être fortement métabolisés. Kan et Meijer (2007) ont publié une revue au sujet du risque de contamination des denrées alimentaires par des substances toxiques présentes dans l'alimentation animale, mais l'exposition humaine indirecte aux HAPs par transfert à partir des aliments pour animaux contaminés vers les produits d'origine animale a été peu abordée.

Des études disponibles, il ressort, que les métabolites de HAPs avec 2 et 3 noyaux aromatiques sont préférentiellement excrétés dans l'urine tandis que les molécules de poids moléculaire plus élevé sont excrétées dans les fèces (Rey-Salgueiro *et al.*, 2008).

Transfert dans le lait

Le transfert des HAPs dans le lait a été évalué récemment par plusieurs auteurs. Le but de ces études était de caractériser le transfert des composés parents et de leurs principaux métabolites hydroxylés. Grova *et al.* (2002a) ont analysé les HAPs dans du lait provenant de fermes situées à proximité de sources mobiles (trafic sur les autoroutes) ou de sources fixes (cimenteries, aciéries, incinérateurs de déchets). Des fermes «contrôle», c'est-à-dire éloignées de toutes les sources potentielles de contamination (30 km), ont aussi été sélectionnées. L'analyse a révélé la présence de HAPs dans tous les échantillons. Les concentrations totales en HAPs variaient de 20 à 30 ng/g de graisse. Sur les 16 HAPs analysés, seulement les 10 HAPs suivants ont été détectés: naphthalène, acénaphthylène, acénaphthène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo [a] anthracène et chrysène.

Tous les composés détectés comprenaient moins de quatre noyaux aromatiques (Grova *et al.*, 2002a). La présence de HAPs dans du lait conventionnel a conduit les auteurs à étudier le transfert vers le lait de certains composés, pris comme modèles, dans le cadre d'expérimentations contrôlées.

Transfert dans le lait de chèvre

Grova *et al.* (2002b) ont étudié la cinétique d'élimination du benzo(a)pyrène, du phénanthrène ou du pyrène radioactif (ayant des log Kow de 4,3, 4,5 et 6,5 respectivement), administrés par voie orale à des chèvres en lactation. L'excrétion cumulative de la radioactivité dans le lait pendant les 5 jours qui ont suivi l'administration était de 0,2, 1,5 et 1,9% de la dose, respectivement. Le taux de radioactivité associé au BaP, phénanthrène et pyrène dans les urines (6%, 11% et 40% respectivement) suggère une biotransformation. Cette étude a montré que la radioactivité liée aux HAPs est transférée dans le lait à de très faibles niveaux. Les travaux de Grova *et al.* (2005) ont permis de spécifier le phénomène de biotransformation des HAPs au sein de l'organisme et la distribution des molécules natives et de leurs métabolites dans les produits d'excrétion.

Lapole *et al.* (2007) ont étudié le transfert du phénanthrène, du pyrène et du BaP et de leurs métabolites hydroxylés majeurs vers le lait et l'urine après une seule administration par voie orale (100 mg de chaque composé /animal) chez 4 chèvres en lactation. Le benzo(a)pyrène, le phénanthrène et le pyrène ont été rapidement détectés dans le plasma, alors que l'hydroxypyrene (1-OH pyrène) et le 3-hydroxyphénanthrène (3-OH phénanthrène) sont apparus plus tard. Ces données suggèrent que le pyrène et le phénanthrène sont progressivement métabolisés dans l'organisme. Les taux de récupération du pyrène et du phénanthrène dans le lait sur une période de 24h sont très faibles (0,014 et 0,006%, respectivement), alors que les taux de transferts de leurs métabolites sont significativement plus élevés (0,44% pour 1-OH pyrène, 0,073% pour le 3-OH phénanthrène). Le taux de récupération dans l'urine est significativement (1 à 10 fois) plus élevé que le taux de récupération dans le lait. Le 1-OH pyrène est le métabolite le plus important dans l'urine ainsi que dans le lait. Ainsi, ce métabolite peut être considéré comme un marqueur de l'exposition

des ruminants aux HAPs. Lapole *et al.* (2007) ont aussi noté que le BaP et le 3-OH BaP étaient transférés dans le lait et l'urine en très faible quantité (moins de 0,005%). Ce taux de transfert très limité suggère un **risque faible d'exposition humaine au BaP ou à son métabolite majeur via le lait ou les produits laitiers**.

Il est également nécessaire de mieux caractériser la biodisponibilité des HAPs à partir des aliments pour animaux ou du sol. Costera *et al.* (2009) ont comparé les taux de transfert des métabolites de HAPs vers le lait et l'urine des chèvres en lactation recevant soit du foin contaminé ou du sol contaminé par des HAPs. Les HAPs étaient principalement excrétés dans l'urine, les concentrations en métabolites étant environ 20 fois plus élevées dans l'urine que dans le lait. La biodisponibilité des HAPs liée au sol était similaire à la biodisponibilité des HAPs présents dans d'autres matrices (foin).

Chahin *et al.* (2008) ont administré par voie orale à 4 chèvres 3 quantités différentes d'un mélange de pyrène, phénanthrène et BaP. Ils ont observé une corrélation linéaire ($R^2 = 1$) entre les quantités de pyrène administrées et d'hydroxypyrene (1-OH pyrène) retrouvées dans le lait et ont proposé une équation de transfert du pyrène sous forme de 1-OH pyrène dans le lait.

Guiavarc'h *et al.* (2011) ont administré par voie orale un mélange de pyrène, phénanthrène et BaP (1 ou 50 mg/jour) pendant 40 jours à des chèvres. Les niveaux de 1-hydroxypyrene dans le lait et l'urine, ainsi que les niveaux urinaires de 2 et 3-hydroxyphénanthrène ont été déterminés à 10 jours d'intervalle. Il a été constaté que l'excrétion de 1-OH pyrène a augmenté significativement dans le lait et l'urine et a atteint un plateau après 10 jours. Le taux de transfert de 1-OH pyrène dans le lait était de 0,5%. Les auteurs indiquent que le 1-OH pyrène peut être utilisé comme biomarqueur pour évaluer l'exposition des ruminants laitiers aux HAPs.

Une fraction considérable des HAPs ingérés apparaît dans le lait des ruminants sous forme de HAPs monohydroxylés (OH-HAPs), en tant que produits de détoxification (Knobel & Camiglia, 2013). D'après Knobel & Camiglia, le monitoring des OH-HAPs, en tant que biomarqueur de l'exposition aux HAPs, est pertinent. Il est à noter que les métabolites monohydroxylés des HAPs peuvent se lier aux récepteurs estrogènes et avoir des effets œstrogènes (Suzuki *et al.*, 2009; Siever *et al.*, 2013).

Transfert dans le lait de vache

Kan *et al.* (2003) ont nourri des vaches laitières avec de l'herbe sèche contenant des teneurs élevées en HAPs. Ils ont rapporté des transferts de HAPs dans le lait très faibles. L'acénaphthène, le phénanthrène, le fluoranthène, le pyrène et le chrysène ont été détectés dans une certaine mesure dans le lait mais les HAPs de masse moléculaire plus élevée n'étaient pas présents à des teneurs supérieures à la limite de détection de 0,1 ng/g graisse (Bulder *et al.*, 2006). Les travaux de Cavret *et al.* (2003, 2005) ont montré pour certains HAPs un certain niveau d'absorption intestinale ainsi que le passage à travers l'épithélium mammaire.

Lutz *et al.* (2006) ont déterminé la cinétique de transfert des HAPs liés au sol vers le lait des vaches en lactation. Ils n'ont pas détecté de composés natifs, mais ont trouvé les métabolites hydroxylés du fluorène, phénanthrène et pyrène dans le lait des vaches qui ont été exposées pendant 28 jours aux HAPs, suite à l'ingestion de sol contaminé. Ils ont également observé une augmentation significative des métabolites des HAPs dans le lait (jusque 1,6% de la quantité initiale de HAPs). Ces résultats suggèrent un métabolisme notable des composés parents durant le transfert digestif.

Les taux de transfert, exprimés en pourcent, des HAPs de l'alimentation animale vers le lait rapportés par Bulder *et al.* (2006) sont présentés au tableau ci-dessous:

		ACE	ACY	BAA	BAP	BBF	BKF	CHR	DBA	PHE	FLU	IDP	PYR
Lutz 2005	Native PAH				0					0			0
	Metabolite				0					0.03			1.62
Grova 2002	PAH related C14				0.20					1.60			1.90
Kan 2003	Native PAH	1.35						0.05		3.21	0.44		0.39
	Metabolites not done												
Applied in this Risk Assessment		1.35	1.90	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.20	3.21	1.90	0.20	1.90

Table A4. Transfer rates of PAHs from feed to milk in percentages. Data taken from literature and calculation. ACE=Acenaphthene, ACY=Acenaphthylene, BAA=Benz[a]anthracene, BAP=Benzo[a]pyrene, BBF=Benzo[b]fluoranthene, BKF=Benzo[k]fluoranthene, CHR=Chrysene, DBA=Dibenzo[a,h]anthracene, PHE=Phenanthrene, FLU=Fluoranthene, IDP=Indeno[1,2,3-c,d]pyrene, PYR=Pyrene.

Les métabolites ne sont généralement pas inclus dans les systèmes de contrôle «classiques» des HAPs. Il est probable que les HAPs de faible poids moléculaire, avec moins de 5 noyaux aromatiques, soient transférés dans le lait en tant que composés natifs après exposition par voie orale. De plus, les preuves de la littérature suggèrent que plusieurs HAPs seraient transférés sous forme de métabolites, y compris éventuellement les HAPs de poids moléculaire élevé (Bulder *et al.*, 2006).

Par conséquent, la possibilité d'un transfert vers le lait ne devrait pas être écartée. Cela expliquerait les différences de teneurs en HAPs dans les échantillons de lait provenant de différentes régions de la Finlande (Hietaniemi, 1996) et aux USA (Schaum *et al.*, 2003).

Transfert dans les œufs

Fournier *et al.* (2010) ont étudié la cinétique du transfert des HAPs dans les jaunes d'œufs. Un mélange de 6 mg de 3 HAPs (phénanthrène, pyrène et BaP) a été administré par voie orale pendant 3 jours consécutifs à des poules. Les concentrations en HAPs et en leurs métabolites hydroxylés principaux ont été déterminées dans le jaune d'œuf. Les concentrations maximales mesurées après 3 jours étaient de 34, 12 et 15 ng/g de jaune d'œuf (poids sec) pour le phénanthrène, le pyrène et le BaP, et de 180, 27 et 95 ng/g de jaune d'œuf (poids sec) pour le 2-OH phénanthrène, le 3-OH phénanthrène et le 1-OH pyrène, respectivement. Le taux de transfert des 3 HAPs était faible après 12 jours, 0,089% pour le phénanthrène, 0,034% pour le pyrène et 0,006% pour le BaP. L'expérimentation confirme la biotransformation active et rapide des HAPs chez les poules et le faible taux de récupération dans le jaune d'œufs. L'exposition journalière et la concentration en HAPs et métabolites dans le jaune d'œuf sont directement proportionnels, indiquant qu'il n'y a pas d'accumulation des HAPs dans la graisse et qu'ils sont rapidement hydroxylés après ingestion.

3.2.5. Toxicité des HAPs pour les animaux de rente

Bulder *et al.* (2006) n'ont pas trouvé d'information dans la littérature sur les effets des HAPs sur les bovins. L'ingestion calculée de HAPs par les bovins est de 65 à 100 fois plus élevée que l'ingestion calculée par l'homme. Etant donné le temps de vie plus court des bovins, une comparaison aux valeurs toxicologiques de référence pour l'homme n'est pas pertinente. Des cas de cancers du tractus gastro-intestinal ont été observés chez des bovins, ce qui pourrait être une indication du potentiel cancérigène des composés présents dans l'alimentation animale (Bulder *et al.*, 2006).

3.3. Occurrence des HAPs

3.3.1. Occurrence des HAPs dans les produits d'origine animale

La viande, le lait et les œufs ne devraient pas contenir de niveaux élevés de HAPs en raison du métabolisme rapide de ces composés chez les animaux de rente.

Au Koweït, une analyse de la présence de 12 HAPs a été effectuée dans 327 échantillons de denrées alimentaires provenant d'animaux élevés localement afin d'évaluer l'impact de la guerre du golfe de 1991 et en particulier les nombreux épisodes d'incendies de sites d'exploitation pétrolière (Husain *et al.*, 1997). Les HAPs ont été détectés dans tous les échantillons analysés : foie de poulet et œufs ; foie, rein et lait de brebis ; foie et reins de chèvre ; et lait de vache. Les HAPs non cancérigènes étaient détectés en quantité élevées dans plusieurs denrées alimentaires (jusqu'à 294,8 µg/kg pour le phénanthrène dans les œufs). Les concentrations en HAPs cancérigènes étaient relativement faibles dans la plupart des échantillons étudiés. Parmi les HAPs cancérigènes détectés, le chrysène était présent en plus forte concentration (jusqu'à 32,4 µg/kg dans le lait de brebis).

Les niveaux de HAPs dans les produits de viandes, les produits de la mer, les végétaux, les fruits, les sucreries, les produits céréaliers, les boissons, les graisses et huiles et les produits laitiers ont été considérés par un groupe d'expert conjoint FAO/WHO (2006). Dans les produits de viande, le BaP et les HAPs ont été retrouvés à de faibles niveaux, allant de valeurs < limite de détection jusqu'à 10 µg/kg, mais dans les viandes fumées et grillées au bois, des niveaux plus élevés jusqu'à 618 µg/kg (phénanthrène) ont été trouvés. Les concentrations en BaP rapportées dans les produits laitiers étaient inférieures à 1,3 µg/kg. La concentration la plus élevée était de 8 µg/kg pour le fluoranthène.

Aguinaga *et al.* (2007) ont analysé 16 HAPs dans 13 échantillons différents de lait. Ils ont rapporté des faibles concentrations en fluoranthène ($1,04 \pm 0,18$ et $0,83 \pm 0,02$ µg/L) et en pyrène ($1,12 \pm 0,25$ et $0,63 \pm 0,14$ µg/L) dans deux échantillons de lait entier, tandis que les autres HAPs n'ont pas été détectés. Les HAPs n'ont pas été détectés dans les échantillons de lait demi-écrémé et écrémé.

Les concentrations en HAPs rapportées par l'EFSA (2008) dans les produits laitiers et autres viandes que les viandes grillées et fumées sont :

	BaP (µg/kg)		HAP4 (µg/kg)		HAP8 (µg/kg)	
	LB	UB	LB	UB	LB	UB
Produits laitiers	0,08	0,13	0,28	0,49	0,34	0,84
Autres viandes que viande grillé, fumée et préparés au barbecue	0,05	0,10	0,25	0,46	0,32	0,79

LB = Lower bound, UB = Upper bound

A titre de comparaison, les limites maximales dans les denrées alimentaires sont reprises ci-dessous (Règlement (UE) N°835/2011):

Denrée	Teneur maximale en benzo(a)pyrène (µg/kg)	Teneur maximale (µg/kg) Somme de benzo(a)pyrène, benz(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène et chrysène
Huiles et graisses (à l'exclusion du beurre de cacao et de l'huile de coco) destinées à la consommation humaine directe ou à une utilisation comme ingrédients de denrées alimentaires	2,0	10,0
Fèves de cacao et produits dérivés	5,0 µg/kg de graisses à compter du 1 ^{er} avril 2013	35,0 µg/kg de graisses du 1 ^{er} avril 2013 au 31 mars 2015 30,0 µg/kg de graisses à compter du 1 ^{er} avril 2015
Huile de coco destinée à la consommation humaine directe ou à une utilisation comme ingrédient de denrées alimentaires	2,0	20,0
Viandes fumées et produits de viande fumés	5,0 jusqu'au 31 août 2014 2,0 à compter du 1 ^{er} septembre 2014	30,0 du 1 ^{er} septembre 2012 au 31 août 2014 12,0 à compter du 1 ^{er} septembre 2014
Chair musculaire de poissons fumés et produits de la pêche fumés, à l'exclusion des Sprat et sprat en conserve (<i>sprattus sprattus</i>) fumés; mollusques bivalves (frais, réfrigérés ou congelés) ; viandes traitées thermiquement et produits à base de viande traités thermiquement vendus au consommateur final et des mollusques bivalves (fumés)	5,0 jusqu'au 31 août 2014 2,0 à compter du 1 ^{er} septembre 2014	30,0 du 1 ^{er} septembre 2012 au 31 août 2014 12,0 à compter du 1 ^{er} septembre 2014
Sprat et sprat en conserve (<i>sprattus sprattus</i>) fumés; mollusques bivalves (frais, réfrigérés ou congelés) ; viandes traitées thermiquement et produits à base de viande traités thermiquement vendus au consommateur final	5,0	30,0
Mollusques bivalves (fumés)	6,0	35,0
Préparations à base de céréales et aliments pour bébés destinés aux nourrissons et enfants en bas âge	1,0	1,0
Préparations pour nourrissons et préparations de suite, y compris le lait pour nourrissons et le lait de suite	1,0	1,0
Aliments diététiques destinés à des fins médicales spéciales spécifiquement pour les nourrissons	1,0	1,0

3.3.2. Occurrence des HAPs dans l'alimentation animale

3.3.2.1. Résultats d'analyses du plan de contrôle de l'AFSCA

Les résultats d'analyses du plan de contrôle de l'AFSCA des années 2010, 2011 et 2012 ont été collectés pour évaluer l'occurrence des HAPs dans l'alimentation animale.

Sur les 3 années, 716 échantillons d'aliments pour animaux ont été analysés. Les 21 congénères de HAPs analysés sont le 5-méthylchrysène, l'acénaphène, l'acénaphthylène, le benzo(a)anthracène, le benzo(a)pyrène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(c)fluorène, le benzo(ghi)pérylène, le benzo(j)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène, le chrysène, le cyclopenta(c,d)pyrène, le dibenzo(a,e)pyrène, le dibenz(a,h)anthracène, le dibenzo(a,h)pyrène, le dibenzo(a,i)pyrène, le dibenzo(a,l)pyrène, le fluoranthène, l'indeno(1,2,3-cd)pyrène, le phénanthrène et le pyrène.

Les HAPS sont dosés dans l'alimentation animale par GC-MS (Source: <http://www.favv-afsca.fgov.be/laboratoires/methodes/afsc/>).

Les limites de détermination⁴ (Ldtm) ($\mu\text{g}/\text{kg}$) renseignées dans la description de la méthode d'analyse (http://www.favv-afsca.fgov.be/laboratoires/methodes/afsc/imet_flvvt-107.asp) sont les suivantes:

Acénaphthylène	<1
Acénaphène	<1
phénanthrène	<1
fluoranthène	<1
pyrène	<1
Benzo(c)fluorène	<1
Benzo(a)anthracène	<1
chrysène	<1
Cyclopenta(c,d)pyrène	<1
5 méthyl-chrysène	<1
Benzo(b)fluoranthène	<1
Benzo(k)fluoranthène	<1
Benzo(j)fluoranthène	<1
Benzo(a)pyrène	<0,9
Dibenzo(a,h)anthracène	<1
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	<1
Benzo(ghi)pyrène	<1
Dibenzo(a,l)pyrène	<1
Dibenzo(a,e)pyrène	<1
Dibenzo(a,i)pyrène	<3
Dibenzo(a,h)pyrène	<3

Pour le calcul des statistiques descriptives, l'approche lower bound (c'est à dire qu'une valeur égale à zéro est attribuée aux concentrations en HAPs inférieures à la limite de détermination) a été utilisée pour le traitement des résultats.

Dans le cadre du plan de contrôle de l'AFSCA, les matrices sont classées en 5 niveaux de matrices (N). Le détail des classes N3 à N5 pour les aliments pour animaux est présenté ci-dessous (tableau 2). Pour le traitement des résultats d'analyses des HAPs, le niveau de classe N4 a été choisi comme niveau de détail.

Tableau 2: Détail des classes N3 à N5 pour les aliments pour animaux

⁴Selon le Codex alimentarius, la "limite de détermination" est la concentration la plus faible d'un résidu de pesticide ou d'un contaminant pouvant être identifiée et mesurée quantitativement dans une denrée alimentaire, un produit agricole ou un aliment pour animaux donné avec un degré acceptable de certitude par une méthode d'analyse réglementaire (source: <http://www.codexalimentarius.net/pestres/data/reference/glossary.html?lang=fr>).

N3	N4	N5
Aliments composés	Aliments complémentaires pour animaux	All mash Aliment minéral Aliment mélassé
	Aliments complets pour animaux	
Matières premières	Produits et sous-produits agro-alimentaires	Produits et sous-produits de boulangerie ou de la fabrication de pâtes
	Produits d'animaux terrestres	Graisses animales
	Céréales: produits et sous-produits	Gluten feed de maïs ⁵
		Amidon de blé
		Amidon de riz
		Avoine
		DDGS Distiller's dried grains solubles ⁶
		Épeautre
		Farine basse de blé
		Farine fourragère de maïs
		Froment
		Germes de blé
		Gluten de blé
		Gluten de maïs ⁷
		Issues d'avoine
		Issues d'orge
		Maïs
		Orge
		Radicelles de malt
		Remoulage de blé
Seigle		
Son de blé		
Sorgho		
Triticale		

Les concentrations moyennes, minimales, maximales, P50, P95 et P99 des 21 congénères de HAPs analysés dans les aliments pour animaux sont présentées au tableau 3. 'HAP somme BAQ' représente la somme, exprimée en BaPEQ, des 12 congénères de HAPs analysés dans l'alimentation animale. Les 21 congénères de HAPs ont été classés sur base de la fréquence de détection (c'est à dire % présents en concentration supérieure à la limite de détermination).

Les HAPs non cancérigènes que sont le phénanthrène, l'acénaphthène, le fluoranthène et le pyrène sont détectés dans au moins 66% des 716 échantillons analysés. Les pourcentages de détection des HAPs génotoxiques détectés sont de 26% pour le chrysène, 19% pour le benzo(ghi)pérylène et cyclopenta(c,d)pyrène, 18% pour le benzo(b)fluoranthène, 13% pour l'indeno(1,2,3-cd)pyrène et le benzo(a)anthracène, 8% pour le benzo(k)fluoranthène, 7% pour le benzo(j)fluoranthène, 5% pour le dibenzo(a,l)pyrène, 4% pour le dibenzo(a,i)pyrène et 3% pour le benzo(a)pyrène.

⁵ **Gluten feed de maïs** : Produit de l'amidonnerie de maïs composé de son et de solubles de maïs. Le produit peut également comprendre des brisures de maïs et des résidus de l'extraction à l'huile de germes de maïs. D'autres produits d'amidonnerie et de raffinage ou de fermentation de produits amylacés peuvent être ajoutés.

⁶ Sous produits de l'industrie du bioéthanol utilisés en alimentation animale.

⁷ **Gluten de maïs**: Produit de l'amidonnerie de maïs constitué principalement de gluten obtenu lors de la séparation de l'amidon.

Parmi les 21 HAPs analysés, le phénanthrène (5,2 µg/kg) montre la concentration moyenne la plus élevée. Parmi les HAPs cancérigènes, le cyclopenta(c,d)pyrène (1,3 µg/kg) et le chrysène (0,7 µg/kg) présentent les concentrations moyennes les plus élevées. Le fluoranthène (279 µg/kg), suivi du phénanthrène (216 µg/kg), pyrène (150 µg/kg) et cyclopenta(c,d)pyrène (120 µg/kg) présentent les concentrations maximales les plus élevées.

Actuellement, la limite d'action est fixée à 50 µg BaPEQ/kg et le seuil d'action est fixé à 15 µg BaPEQ/kg pour la somme des HAP12. Pour les résultats des années 2010, 2011 et 2012, aucun échantillon n'avait une concentration en BaPEQ supérieure à la limite d'action. Seul un échantillon dépassait le seuil d'action de 15 µg BaPEQ/kg. La concentration maximale mesurée pour les HAP12 était de 26,3 µg BaPEQ/kg dans un échantillon d'aliment complémentaire pour animaux.

Tableau 3: Classement des congénères analysés dans les aliments pour animaux sur base de la fréquence de détection – fréquence de détection la plus élevée à la plus basse (les 4 HAPs pertinents dans les denrées alimentaires sont surlignés en jaune)

	Nb	Nb<Ldtm	%<Ldtm	Moyenne (µg/kg)	Min (µg/kg)	Max (µg/kg)	P50 (µg/kg)	P95 (µg/kg)	P99 (µg/kg)
Phénanthrène	716	93	13	5,2	0	216	3,35	12,525	36,565
Acénaphthène	716	281	39	2,3	0	33,4	1,4	8,7	17,42
Fluoranthène	716	301	42	3,0	0	279	1,3	7,55	30,495
Pyrène	716	308	43	2,5	0	150	1,2	7,625	26,275
Acénaphthylène	716	503	70	1,3	0	95,8	0	6,1	14,055
Chrysène	716	532	74	0,7	0	20,3	0	2,925	8,7
Benzo(ghi)perylène	716	577	81	0,5	0	17,9	0	2,225	6,955
Cyclopenta(c,d)pyrène	716	579	81	1,3	0	120	0	5,25	17,47
Benzo(b)fluoranthène	704	577	82	0,5	0	15	0	2,585	8,397
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	716	622	87	0,4	0	31,5	0	1,7	6,385
Benzo(a)anthracène	716	623	87	0,4	0	19	0	1,725	9,315
Dibenzo(a,e)pyrène	716	646	90	0,3	0	35,6	0	1,6	4,4
Benzo(k)fluoranthène	704	647	92	0,2	0	14,4	0	1,3	4,288
Benzo(j)fluoranthène	704	657	93	0,2	0	46,1	0	1,2	5,088
Dibenzo(a,l)pyrène	716	678	95	0,2	0	26,5	0	1,025	3,27
Dibenzo(a,h)pyrène	716	684	96	0,3	0	53,8	0	0	6,97
Dibenzo(a,i)pyrène	716	684	96	0,3	0	60,4	0	0	7,34
Benzo(c)fluorène	716	689	96	0,1	0	7,2	0	0	1,985
HPA Somme BAQ	716	691	97	0,2	0	26,3	0	0	5,51
Benzo(a)pyrène	716	696	97	0,1	0	16,1	0	0	3,225
Dibenzo(a,h)anthracène	716	704	98	0,0	0	3,6	0	0	1,6
5-Methylchrysène	716	705	98	0,1	0	14,7	0	0	1,3

Les 4 congénères les plus détectés (par ordre décroissant) par type de matrice sont présentés ci-dessous:

Aliments complémentaires pour animaux	Aliments complets pour animaux	Céréales: produits et sous-produits	Graisses animales	Produits et sous-produits agro-alimentaires
Phénanthrène	Phénanthrène	Phénanthrène	Phénanthrène	Phénanthrène
Fluoranthène	Fluoranthène	Acénaphthène	Pyrène	Acénaphthène
Pyrène	Acénaphthène	Fluoranthène	Fluoranthène	Fluoranthène
Chrysène	Pyrène	Pyrène	Acénaphthène	Pyrène

Les 4 congénères de HAPs les plus détectés comprennent des HAPs de faible masse moléculaire repris dans la liste des HAPs de l'US EPA. Ces HAPs reflètent une contamination environnementale ou une contamination due au procédé, mais, excepté le chrysène, ne sont pas considérés comme génotoxiques.

Les 3 tableaux ci-dessous présentent les fréquences de détection ainsi que les concentrations moyennes, P50, P95, P99, minimales et maximales pour la somme des 21 congénères de HAPs, des HAP12, HAP4 et HAP8 dans les différents types d'aliments pour animaux (N4) analysés.

Les fréquences de détection des HAP12 sont identiques aux fréquences de détection de la somme des 21 HAPs analysés dans les aliments pour animaux. Ceci indique que la liste des HAP12 est une bonne indication de la présence des HAPs dans les aliments pour animaux.

Excepté pour les aliments complémentaires pour animaux, la fréquence de détection est inférieure à 50% pour la somme des HAP4 et HAP8.

Tableau 4: Tableau récapitulatif des concentrations de la somme des 21 congénères de HAPs mesurés dans les aliments pour animaux (tous type d'aliments confondus et par type d'aliments)

	Aliments pour animaux	Aliments complémentaires pour animaux	Aliments complets pour animaux	Céréales: produits et sous-produits	Graisses animales	Produits et sous-produits agro-alimentaires
Nombre (Nb)	716	198	154	193	84	87
Nb<Ldtm	51	1	5	32	0	13
%<Ldtm	7,1	0,5	3,2	16,6	0,0	14,9
Moyenne (µg/kg)	19,7	39,0	15,3	7,2	23,5	7,9
min (µg/kg)	0	0	0	0	2	0
max (µg/kg)	732,3	732,3	251	118,2	67,1	63,4
P50 (µg/kg)	10	19,45	8,5	4,1	21,55	4,1
P95 (µg/kg)	52,5	95,2	35,3	26,7	49,2	25,5
P99 (µg/kg)	190,6	578,1	205,8	34,7	62,3	49,7

Tableau 5: Tableau récapitulatif des HAP12 analysés dans les aliments pour animaux (tous type d'aliments confondus et par type d'aliments)

	Aliments pour animaux	Aliments complémentaires pour animaux	Aliments complets pour animaux	Céréales: produits et sous-produits	Graisses animales	Produits et sous-produits agro-alimentaires
Nombre (Nb)	716	198	154	193	84	87
Nb<Ldtm	51	1	5	32	0	13
%<Ldtm	7,1	0,5	3,2	16,6	0,0	14,9
Moyenne (µg/kg)	16,5	32,0	13,1	6,4	19,6	6,9
min (µg/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	2	0
max (µg/kg)	549,1	549,1	191,0	103,1	67,1	39,8
P50 (µg/kg)	9,4	17,6	8,2	3,8	18,7	4,1
P95 (µg/kg)	41,2	70,8	29,8	21,3	39,0	22,7
P99 (µg/kg)	123,0	411,6	145,4	30,6	62,3	31,1

Tableau 6: Tableau récapitulatif des HAP4 et HAP8 dans tous les types d'aliments pour animaux confondus et dans différents types d'aliments pour animaux

	Aliments pour animaux		Aliments complémentaires pour animaux		Aliments complets pour animaux		Céréales: produits et sous-produits		Graisses animales		Produits et sous-produits agro-alimentaires	
	HAP4	HAP 8	HAP4	HAP 8	HAP4	HAP 8	HAP4	HAP 8	HAP4	HAP 8	HAP4	HAP 8
Nb	716	716	198	198	154	154	193	193	84	84	87	87
Nb<Ldtm	505	470	63	61	118	113	183	176	68	48	73	72
%<Ldtm	70,5	65,6	31,8	30,8	76,6	73,4	94,8	91,2	81,0	57,1	83,9	82,8
Moyenne (µg/kg)	#NOM?	2,7	4,2	6,9	1,1	1,8	0,3	0,4	0,6	1,5	0,9	1,3
min (µg/kg)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
max (µg/kg)	58,8	119,2	58,8	119,2	34,8	51,7	15,9	24,0	6,2	12,6	19,0	19,2
P50 (µg/kg)	0,0	0,0	1,9	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P95 (µg/kg)	4,8	7,8	8,3	14,3	2,7	4,2	0,0	0,0	2,2	4,4	1,8	3,2
P99 (µg/kg)	26,7	41,6	42,8	76,1	20,4	37,4	7,0	10,0	6,1	9,0	16,2	19,0

Les HAPs ne sont pas recherchés par l'AFSCA dans les fourrages grossiers tel que ensilage de maïs et d'herbe produits à la ferme.

Rey-Salgueiro *et al.* (2008) ont analysé les HAPs dans le fumier de plusieurs espèces animales (bovins, chevaux, porcs et lapins). Les concentrations en HAPs dans le fumier de bovins et de chevaux étaient plus élevées que dans le fumier de porcs et de lapins. Suivant les auteurs ceci est la conséquence du mode d'élevage et des sources d'aliments de ces animaux. Les vaches et les chevaux pâturent à l'extérieur et consomment plutôt des aliments produits à la ferme. Ceci n'est pas le cas des porcs et des lapins qui sont plutôt élevés à l'étable et consomment des aliments commerciaux. Les HAPs pourraient être transmis aux vaches et chevaux via les aliments produits à la ferme.

3.3.2.2. Corrélation entre les différentes listes de HAPs

Le tableau 7 présente les équations de corrélation et le coefficient de corrélation entre les concentrations en HAP15+1 et HAP4, HAP15+1 et HAP8, HAP8 et HAP4, HAP12 et HAP4, HAP12 et HAP8 et HAP12 (BAPEQ) et HAP4 dans les aliments pour animaux (analyses réalisées par l'AFSCA, de 2010 à 2012). La figure 1 illustre la corrélation entre les HAP12 (BAPEQ) et HAP4 dans les aliments pour animaux.

Tableau 7: Equation de la droite et coefficient de corrélation pour les différents groupes de HAPs (à partir des données d'analyses de HAPs réalisées par l'AFSCA dans l'alimentation animale, de 2010 à 2012)

Relation	Equation de la droite	Coefficient de corrélation (R ²)
HAP15+1 et HAP4	Y= 3,2799X + 0,0638	0,618
HAP15+1 et HAP8	Y= 2,0848 X - 0,2403	0,7403
HAP8 et HAP4	Y= 1,6684X - 0,0105	0,9388
HAP12 et HAP4	Y= 6,9784 X + 5,0702	0,7715
HAP12 et HAP8	Y= 3,9912 X + 5,6368	0,7483
HAP12 (BAPEQ) et HAP4	Y= 2,7115 X + 1,0767	0,6168

Le coefficient de corrélation (R²) entre les concentrations en HAP12, exprimées en BAPEQ, et les concentrations en HAP4, exprimées en µg/kg, est de 0,62.

La corrélation entre les HAP4 et HAP8 dans l'alimentation animale est de 0,94 (R²), ce qui est cohérent avec les résultats trouvés par l'EFSA (2008) qui avait établi une corrélation entre HAP4 et HAP8 de 0,99 dans les denrées alimentaires.

Notons une assez bonne corrélation entre HAP4 (approche de l'EFSA pour les denrées alimentaires) et HAP12, avec un R² de 0,77.

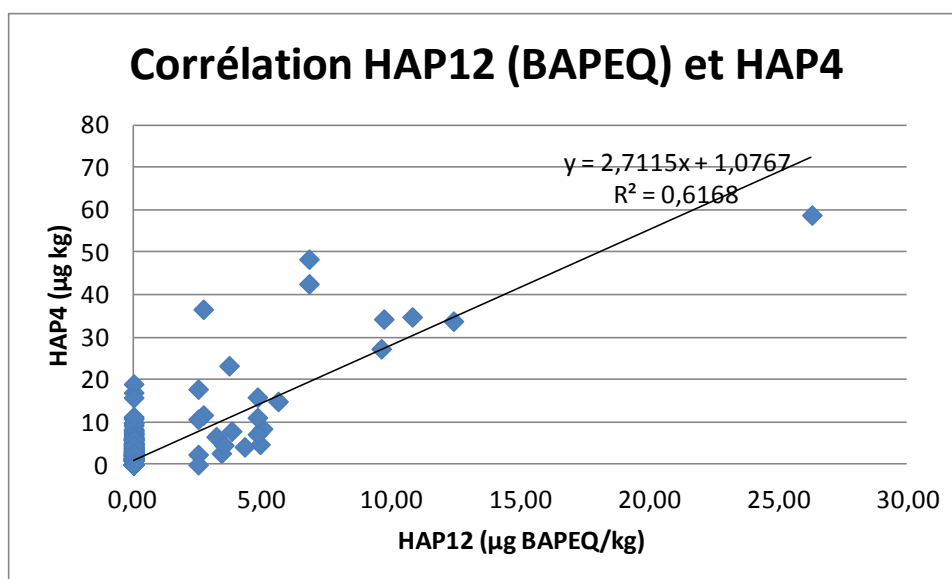


Figure 1: Corrélation entre les concentrations en HAP12 exprimées en BAPEQ et en HAP4 (à partir des données d'analyses de HAPs réalisées par l'AFSCA dans l'alimentation animale, de 2010 à 2012)

4. Proposition d'une limite d'action

Le Comité scientifique estime que, comme pour les denrées alimentaires, le contrôle des HAPs dans les aliments pour animaux pourrait être limité aux 4 HAPs (benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène et chrysène) qui sont pertinents en raison de leur toxicité.

Plusieurs approches sont proposées pour établir une limite d'action pour les HAP4.

Une première approche est de considérer la limite maximale la plus élevée pour les denrées alimentaires (35 µg/kg pour les HAP4) comme limite d'action pour les aliments pour animaux. Le nombre de non-conformités par rapport à cette limite de 35 µg/kg dans les aliments pour animaux analysés en 2010, 2011 et 2012 est de 4 (tableau 8). Tous les échantillons non conformes sont des aliments complémentaires pour animaux. Les concentrations mesurées sont de 36,6, 42,6, 48,4 et 58,8 µg/kg (voir tableau ci-dessous).

Cette approche fait apparaître des non-conformités qui étaient inexistantes selon l'approche utilisée jusqu'à présent. En effet, aucun dépassement de la limite d'action de 50 µg BaPEQ/kg n'a été constaté pour les résultats des années 2010, 2011 et 2012. Seul un échantillon d'aliment complémentaire pour animaux dépassait le seuil d'action de 15 µg BaPEQ/kg. Une raison à cela est le TEF de 0,01 attribué au chrysène.

Le Comité scientifique n'a pas retenu cette approche, vu qu'il n'y a pas de bioaccumulation des résidus de HAPs dans les tissus animaux.

Tableau 8: Aliments pour animaux dont la concentration en HAP4 dépasse 35 µg/kg

	Benzo(a)anthracène (µg/kg)	Benzo(a)pyrène (µg/kg)	Benzo(b)fluoranthène (µg/kg)	Chrysène (µg/kg)	HAP4 (µg/kg)	Somme 12 HAP (µBAPEQ/kg)
Aliments complémentaires pour animaux	11,20	0,00	14,70	16,70	42,6	6,80
Aliments complémentaires pour animaux	15,40	0,00	15,00	18,00	48,4	6,80
Aliments complémentaires pour animaux	14,00	0,00	2,30	20,30	36,6	2,70
Aliments complémentaires pour animaux	14,30	16,10	12,60	15,80	58,8	26,30

Une deuxième approche est de prendre en considération les facteurs de transfert rapportés par Bulder *et al.* (2006) pour le lait et les appliquer à la limite maximale en HAP4 dans le lait.

Les facteurs de transfert pour les HAP4 varient de 0,05% à 0,2%. La concentration maximale autorisée en HAP4 dans le lait (préparations pour nourrissons) est de 1 µg/kg (Règlement (CE) N° 1881/2006). Sur base d'un facteur de transfert de 0,2%, la concentration dans l'alimentation animale pour ne pas dépasser la limite maximale dans le lait serait de 500 µg/kg.

Une **troisième approche** est de convertir la concentration de 50 µg BAPEQ/kg pour la somme des HAP12 en concentration exprimée en µg/kg pour les HAP4 à partir de l'équation de corrélation $Y = 2,7115 X + 1,0767$, obtenue à partir des données de 700 aliments pour animaux analysés pendant 3 ans (figure 1).

Pour $X = 50$ µg BAPEQ/kg (limite d'action actuelle), $Y = 136,65$ µg/kg

Pour $X = 15$ µg BAPEQ/kg (seuil d'action actuel), $Y = 41,75$ µg/kg

Une **quatrième approche** pourrait être de fixer la limite maximale en prenant la concentration la plus élevée ou le P99 suivant la distribution des concentrations et en regardant ensuite si cette valeur est acceptable d'un point de vue toxicologique, notamment par des études de transfert dans les produits animaux (comme cela se fait généralement pour les aliments pour animaux lorsqu'il n'y a pas de limite légale).

Sur base du tableau 8, la concentration maximale pour les HAP4 est de 58,8 µg/kg. Cette teneur est non problématique d'un point de vue de la santé publique puisque sur base des facteurs de transfert disponibles dans le lait (approche 2), une concentration de 500 µg/kg dans l'aliment conduit à une concentration de 1 µg/kg dans le lait qui est la limite la plus basse fixée dans les denrées alimentaires.

Le Comité scientifique estime cependant qu'une limite de 500 µg/kg est trop élevée car il n'y a pas de certitude sur le transfert.

Selon l'approche 3 (corrélation entre la teneur en BAPEQ pour la somme des HAP12 et la teneur en HAP4), la limite d'action actuelle de 50 µg BAPEQ/kg pour les 12 HAPs conduirait à une limite de 136,65 µg/kg pour les HAP4.

Sur base de cette corrélation, le Comité scientifique estime qu'une valeur de 150 µg/kg pourrait être prise comme limite d'action pour les HAP4 (valeur de 136,65 arrondie à 150). Cette proposition rencontre les approches 2 à 4.

Le Comité propose de fixer le seuil d'action à 50 µg/kg. Ce seuil d'action a pour objectif d'attirer l'attention des gestionnaires sur la nécessité d'investiguer la source de contamination et/ou de vérifier le procédé. Sur base des résultats du tableau 8, il ressort que les limites proposées sont en concordance avec les précédentes limites puisque seul un échantillon dépasse le seuil d'action.

Le Comité scientifique estime que les limites proposées devront être revues dès que plus d'informations seront disponibles notamment sur la toxicité des métabolites formés.

5. Conclusion

Il a été demandé au Comité scientifique d'émettre un avis sur la liste des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) devant être inclus dans l'analyse des aliments pour animaux et sur la limite d'action à utiliser. Actuellement, 12 HAPs (acénaphène, acénaphylène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, indeno(1,2,3-cd)pyrène, fluoranthène, phénanthrène et pyrène) sont analysés dans l'alimentation animale tandis que 4 HAPs (benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène et chrysène) sont analysés dans l'alimentation humaine.

Les HAPs les plus fréquemment détectés dans les aliments pour animaux analysés par l'AFSCA en 2010, 2011 et 2012 étaient le phénanthrène, l'acénaphène, le fluoranthène et le pyrène. Ces composés ne sont pas considérés comme génotoxiques et ne sont pas classés par l'IARC comme cancérogènes. Ces congénères font partie de la liste des 16 HAPs prioritaires selon l'US EPA et sont des marqueurs d'une contamination 'environnementale' mais aussi d'une contamination survenant lors de la transformation des aliments (ex. séchage). Ces HAPs sont également fréquemment détectés dans les denrées alimentaires. Ils n'ont pas été retenus comme pertinents dans les denrées alimentaires en raison de leur faible toxicité.

Sur base des données disponibles relatives à leur occurrence et leur toxicité, l'EFSA a conclu que 4 congénères de HAPs (appelés HAP4: benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène et chrysène) étaient des indicateurs adéquats de la présence des HAPs les plus toxiques dans les denrées alimentaires.

Les HAPs ne font pas l'objet d'une bioaccumulation dans les tissus animaux après ingestion des aliments contaminés. La présence de HAPs dans l'alimentation animale n'implique donc pas une exposition humaine directe. Par contre, une fois ingérés par l'animal, les HAPs sont métabolisés en composés potentiellement toxiques. C'est pourquoi, le Comité scientifique émet des recommandations concernant la présence de ces métabolites dans les produits d'origine animale.

En ce qui concerne la liste des HAPs à rechercher, le Comité scientifique estime qu'il est logique d'avoir la même démarche pour l'alimentation animale et humaine. Il est important de préciser que l'analyse d'un nombre restreint de HAPs ne permet pas d'identifier les sources de contamination.

Le Comité scientifique propose une approche en 2 étapes. En premier lieu, contrôler les 4 HAPs qui sont pertinents en raison de leur toxicité et de leur occurrence. En deuxième lieu, si l'origine de la contamination doit être recherchée, un groupe plus étendu de HAPs peut être contrôlé pour établir un profil des congénères de HAPs.

6. Recommandations

Le Comité scientifique émet les recommandations suivantes:

- Pour l'AFSCA, il recommande d'analyser les 4 HAPs de la liste des «HAP4» avec une limite d'action, pour la somme des 4 HAPs, de 150 µg/kg et un seuil d'action de 50 µg/kg. Le seuil d'action a pour objectif d'attirer l'attention des gestionnaires de risque sur la nécessité d'investiguer la source de contamination et/ou de vérifier le procédé. Le Comité scientifique estime que les limites proposées devront être revues dès que plus d'informations seront disponibles notamment sur la toxicité des métabolites formés.
- Pour la recherche scientifique: il recommande d'analyser les métabolites des HAPs dans les denrées alimentaires d'origine animale et d'évaluer leurs pertinences d'un point de vue toxicologique.

Pour le Comité scientifique,
Le Président,

Prof. Em. Dr. Pharm. C. Van Peteghem (Sé.)

Bruxelles, le 24/01/2014

Références

AFSCA (Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire), 2013. Inventaire des actions et des limites d'action et propositions d'harmonisation dans le cadre des contrôles officiels – Contaminants chimiques, résidus et additifs.

Aguinaga N., Campillo N., Viñas P., Hernández-Córdoba M. 2007. Determination of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons in milk and related products using solid-phase microextraction coupled to gas chromatography–mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 596, 285–290.

Bulder A.S., Hoogenboom L.A.P., Kan C.A., Raamsdonk L.W.D. van Traag W.A., Bouwmeester H. 2006. Initial Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Feed (materials). Report 2006.001. Institute of Food Safety in the Netherlands.

Cavret S., Laurent C., Feidt C., Laurent F., Rychen G. 2003. Intestinal absorption of ¹⁴C from ¹⁴Cphenanthrene and ¹⁴C-benzo(a)pyrene and ¹⁴C-tetrachlorodibenzo-*para*-dioxin: approaches with the Caco-2 cell line and with portal adsorption measurements in growing pigs. *Reproduction Nutrition Development*, 43 (2), 145–154.

Cavret S., Feidt C., Le Roux Y., Laurent F. 2005. Study of mammary epithelial role in polycyclic aromatic hydrocarbons transfer to milk. *Journal of Dairy Science*, 88 (1), 67–70.

Chahin A., Guivarc'h Y. P., Dziurla M. A., Toussaint H., Feidt C., Rychen G. 2008. 1-Hydroxypyrene in Milk and Urine as a Bioindicator of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Exposure of Ruminants. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56, 1780–1786.

Costera A., Feidt C., Dziurla M. A., Monteau F., Le Bizec B., Rychen G. 2009. Bioavailability of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from Soil and Hay Matrices in Lactating Goats. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57, 5352–5357.

Danyi S., Brose F., Brasseur B., Schneider Y.-J., Larondelle Y., Pussemier L., Robbens J., De Saeger S., Maghuin-Rogister G., Scippo M.-L. HPLC/UV-FLD method for the 15(+1) EU priority polycyclic aromatic hydrocarbons analysis in food supplements. *Analytica Chimica Acta*, 633, 293–299.

EFSA (European Food Safety Authority), 2008. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. *The EFSA Journal*, 724, 1-114.

FAO/WHO, 2006. Evaluation of certain food contaminants. WHO Food Additive Report Series, No. 55, 2006. International Programme on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva, pp. 563–743.

Fournier A., Feidt C., Dziurla M.-A., Grandclaude C., Jondreville C. Transfer kinetics to egg yolk and modeling residue recovered in yolk of readily metabolized molecules: Polycyclic aromatic hydrocarbons orally administered to laying hens. *Chemosphere*, 78, 1004–1010.

Grova N., Feidt C., Crépineau C., Laurent C., Lafargue PE, Hachimi A, Rychen G. 2002a. Detection of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Levels in Milk Collected Near Potential Contamination Sources. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 4640-4642

Grova N., Feidt C., Laurent C., Rychen G. 2002b. ¹⁴C Milk, urine and faeces excretion kinetics in lactating goats after an oral administration of ¹⁴C polycyclic aromatic hydrocarbons. *International Dairy Journal*, 12, 1025–1031.

Grova N., Monteau F., Le Bizec B., Feidt C., Andre F., Rychen G. 2005. Determination of phenanthrene and hydroxyphenanthrenes in various biological matrices at trace levels using gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Analytical Toxicology*, 29(3), 175-81.

Guiavarec'h Y.P., Chahin A., Dziurla M.A., Yen F.T., Jondreville C., Rychen G. 2011. EROD activity in peripheral blood lymphocytes and 1-hydroxypyrene in urine and milk as biomarkers of PAH exposure in dairy ruminants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30 (6), 1346-1353.

Hietaniemi V., 1996. Levels and trends of PCBs, organochlorine pesticide residues and carcinogenic or mutagenic PAH compounds in Finnish and imported foods and diets. In: *Natural Antioxidants and Food Quality in Atherosclerosis and Cancer Prevention*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp. 432–436.

Husain A, Naeemi E, Dashti B, al-Omirah H, al-Zenki S. 1997. Polycyclic aromatic hydrocarbons in food products originating from locally reared animals in Kuwait. *Food Additives and Contaminants*, 14(3), 295-299.

IARC, 2010. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans volume 92 <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf>

INERIS, 2003. Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérigènes : Approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique - FET) et approche par mélanges Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérigènes: Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). INERIS-DRC-03-47026-ETSC-BDo-N°03DR177.doc.

JRC (Joint Research Centre), 2010. PAH factsheet. JRC technical notes. EU

Kan C.A., Traag W.A., Hoogenboom L.A.P. 2003. Voorkomen van PAK's in voer, omgeving van dieren, melk en zuivelproducten alsmede een oriënterende studie in melkvee. ASG Report 03/0027745, 22 pp.

Kan C.A., Meijer G.A.L. 2007. The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 133, 84–108.

Knobel G., Campiglia D. 2013. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites in milk by a quick, easy, cheap, effective, rugged and safe extraction and capillary electrophoresis. *Journal of Separation Science*, 36, 2291–2298.

Lapole D., Rychen G., Grova N., Monteau F., Le Bizec B., Feidt C. 2007. Milk and urine excretion of polycyclic aromatic hydrocarbons and their hydroxylated metabolites after a single oral administration in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 90: 2624-2629.

Lutz S., Feidt C., Monteau F., Rychen G., Le Bizec B., Jurjanz S. 2006. Effect of exposure to soil-bound polycyclic aromatic hydrocarbons on milk contaminations of parents compounds and their monohydroxylated metabolites. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54, 263-268.

Rey-Salgueiro L., García-Falcón M. S., Martínez-Carballo E., González-Barreiro C., Simal-Gándara J. 2008. The use of manures for detection and quantification of polycyclic aromatic hydrocarbons and 3-hydroxybenzo[a]pyrene in animal husbandry. *Science of the total environment*, 406 (1-2), 279-286.

SCF (Scientific Committee on Food), 2002. Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food. EUROPEAN COMMISSION, HEALTH and CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL Directorate C - Scientific Opinions, SCF/CS/CNTM/PAH/29 Final http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/index_en.html

Schaum J., Schuda L., Wu C., Winters D.L., Sears R., Ferrario J., Andrews K., 2003. A national survey of persistent, bioaccumulative, and toxic (PBT) pollutants in the United States milk supply. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 13 (3), 177–186.

SciCom (Comité scientifique), 2010. Annexe avis 09-2010: Fiche 1.10. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). <http://www.favv-afsca.fgov.be/comitescientifique/avis/documents/Annexe1-fiche1.10.HAP.pdf>

Siever C.K., Shanle E.K., Bradfield C.A., Xu W. 2013. Differential action of monohydroxylated polycyclic aromatic hydrocarbons with estrogen receptors α and β . *Toxicological Science*, 132 (2), 359 -397.

Suzuki N., Hayakawa K., Kameda T., Triba A., Tang N., Tabata M. J. , Takada K., Wada S., Omori K., Srivastav A. K., Mishima H., Hattori A. 2009. Monohydroxylated polycyclic aromatic hydrocarbons inhibit both osteoclastic and osteoblastic activities in teleost scales. *Life Sciences*, 84, 482–488.

Traag W., Hoogenboom L.A.P. Weg G;v.d., Baars A.J., Schouten T. 2001. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in animal feeds, animal fats, vegetable oils/fats, fatty acids. State Institute for Quality Control of Agricultural Products (RIKILT).

United States Environmental Protection Agency (US-EPA). 1984. Polynuclear hydrocarbons, vol 10. US-EPA, Washington, DC.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), 1993. Provisional guidance for quantitative risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons. Cincinnati, OH: Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office.

Yebra-Pimentel I., Fernández-González R., Martínez Carballo E., Simal-Gándara J. 2012. Searching ingredients polluted by polycyclic aromatic hydrocarbons in feeds due to atmospheric or pyrolytic sources. *Food Chemistry*, 135, 2043–2051.

Membres du Comité scientifique

Le Comité scientifique est composé des membres suivants:

D. Berkvens, A. Clinquart, G. Daube, P. Delahaut, B. De Meulenaer, L. De Zutter, J. Dewulf, P. Gustin, L. Herman, P. Hoet, H. Imberechts, A. Legrève, C. Matthys, C. Saegerman, M.-L. Scippo, M. Sindic, N. Speybroeck, W. Steurbaut, E. Thiry, M. Uyttendaele, T. van den Berg, C. Van Peteghem

Conflits d'intérêts

Aucun conflit d'intérêts n'a été constaté.

Remerciements

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

Membres du Comité scientifique	M.-L. Scippo (rapporteur), B. De Meulenaer, C. Van Peteghem.
Experts externes	V. Hanot (ISP), A. Huyghebaert (UGent), L. Pussemier (Ex. CERVA).

Cadre juridique de l'avis

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 09 juin 2011.

Disclaimer

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