

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 1^{er} août 2017

AVIS
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,
l'environnement et du travail

relatif à la hiérarchisation des dangers chimiques en alimentation animale

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont rendus publics.

L'Anses a été saisie le 2 avril 2015 par la DGCCRF et DGAL pour la réalisation de l'expertise suivante : hiérarchisation des risques en établissant une classification semi-quantitative des dangers chimiques en alimentation animale

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

1.1 Contexte

Le règlement (CE) n°882/2004 impose aux Etats-membres la réalisation de contrôles officiels fondés sur une analyse de risques. Ces contrôles officiels sont menés selon les modalités définies dans un plan de contrôles pluriannuels.

Dans le secteur de l'alimentation animale, cette obligation se traduit par la réalisation de plusieurs types de contrôles : des plans de prélèvements, des contrôles des entreprises à une fréquence déterminée selon le risque qui leur est associé, des contrôles à l'import, des contrôles suite à des plaintes ou des alertes et des enquêtes thématiques sur des secteurs ou des pratiques considérées comme plus à risque.

Afin d'affiner leur analyse de risques, la DGCCRF et la DGAL ont déjà adressé à l'Anses en 2011 une première saisine conjointe sur la pertinence des couples matrices-analytes ciblés dans le cadre de leurs plans de prélèvements relatifs à la surveillance des substances indésirables en alimentation animale. Cette saisine a donné lieu à un avis le 25 octobre 2012 (Anses, 2012), dont les conclusions ont été prises en compte dans l'élaboration des plans ultérieurs.

La DGCCRF et la DGAL souhaitent à présent étendre cette démarche en réalisant une évaluation semi-quantitative des substances indésirables présentant un danger en alimentation animale, en s'inspirant des travaux menés par le Groupe spécial intergouvernemental sur l'alimentation animale du Codex Alimentarius. Cette évaluation, associée à une saisine parallèle visant à actualiser et à préciser l'avis du 25 octobre 2012 sur l'occurrence des risques dans les différents types d'aliments pour animaux (saisine 2015-SA-0076), permettra d'obtenir une hiérarchisation des différents risques chimiques présents dans les aliments pour animaux.

Elle sera prise en compte pour déterminer les modalités d'action des services de contrôle, notamment en termes de nombre d'analyses à réaliser dans le cadre des plans de prélèvements et de points de contrôles à vérifier en priorité auprès des opérateurs de l'alimentation animale.

La présente saisine vise à remplir une partie de cet objectif de hiérarchisation des risques en établissant une classification semi-quantitative des dangers chimiques en alimentation animale.

1.2 Objet de la saisine

1.2.1 Portée de la saisine

L'Agence est sollicitée afin qu'elle définisse une méthodologie pour pouvoir procéder, pour chaque substance indésirable recensée comme danger par l'Anses, à une évaluation semi-quantitative (niveau élevé, moyen ou faible) du danger pour les trois composantes suivantes :

- la santé animale
- l'environnement
- la santé humaine

La méthodologie développée précisera les critères pris en compte par l'Anses pour déterminer le niveau de danger et permettre de réaliser une évaluation séparée pour chaque composante (santé humaine, santé animale et environnement).

L'Anses appliquera ensuite la méthodologie précédemment définie pour procéder à cette évaluation semi-quantitative des dangers.

Les dangers qui ont été pris en considération dans cette saisine sont ceux qui ont été identifiés comme pertinents dans l'avis de l'Anses relatif à l'analyse des plans de contrôle et de surveillance du 4 août 2016 (saisine 2015-SA-0076) et repris par les autorités françaises dans leur analyse de risque en alimentation animale. La liste des substances étudiées figure dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Liste des dangers retenus par les autorités françaises dans leur analyse de risque en alimentation animale

Mycotoxines	<ul style="list-style-type: none"> - Aflatoxine B1 - Zéaralénone - Fumonisines B1 et B2 - Ochratoxine A - Déoxynivalénole - Toxines T2 et HT2 - Alcaloïdes de l'ergot
Contaminants inorganiques et composés azotés	<ul style="list-style-type: none"> - Plomb - Cadmium - Mercure - Fluor - Arsenic - Mélamine
Composés organochlorés	<ul style="list-style-type: none"> - Dioxines et PCB - Autres composés organochlorés insecticides ou fongicide¹
Toxines endogènes des plantes	<ul style="list-style-type: none"> - Gossypol - Acide cyanhydrique - Essence volatile de moutarde - Vinylthiooxazolidone (5-vinylthiooxazolidone-2-thione) - Théobromine
Impuretés botaniques	<ul style="list-style-type: none"> - Datura - Ambroisie
Autres dangers	<ul style="list-style-type: none"> - Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) - Composés organobromés : Retardateurs de flamme bromés (RFB)

¹ Aldrine, Dieldrine, Camphéchloré (ou toxaphène), Chlordane, DDT, Endosulfan, Endrine, Heptachlore, Hexachlorobenzène, Hexachlorocyclohexane (dont Lindane).

1.2.2 Limite du champ d'expertise

Le présent avis porte uniquement sur une évaluation semi-quantitative pour la santé animale et pour l'environnement. La méthodologie développée précisera les critères pris en compte par l'Anses pour déterminer le niveau de danger et permettre de réaliser une évaluation séparée pour les seules composantes santé animale et environnement.

Il ne porte pas sur une évaluation semi-quantitative des dangers pour la santé humaine mais fournit uniquement des éléments relatifs au transfert des contaminants dans les denrées animales. La partie relative à l'exposition de l'Homme aux contaminants chimiques via les denrées animales sera traitée dans une autre saisine reçue par l'Anses afin d'établir une hiérarchisation des dangers chimiques dans l'alimentation humaine, dont le délai n'est pas compatible avec la présente saisine.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

L'Anses a confié au groupe de travail «Hiérarchisation des dangers chimiques», rattaché au comité d'experts spécialisé «Alimentation animale» l'instruction de cette saisine.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement au CES , tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise collective a été réalisée par le comité d'experts spécialisé (CES) « Alimentation animale (ALAN) » sur la base du rapport initial rédigé par le groupe de travail « hiérarchisation des dangers chimiques » lors des réunions du CES ALAN des 21 février, 28 mars et 25 avril 2017.

1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'agence (www.anses.fr).

2. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES ALAN

2.1. Evaluation semi-quantitative des dangers pour la santé animale

2.1.1. Méthodologie

Le principe retenu dans la recherche bibliographique concernant les effets toxiques des différentes substances chimiques a été de prendre comme référence en priorité les monographies issues des organismes scientifiques de référence comme l'EFSA (European food safety agency), le NRC (National research council) ou la FAO (Food and agriculture organisation) sans reprendre l'analyse de ces monographies au niveau de chaque publication référencée. Par ailleurs, en l'absence de données pour certaines espèces animales ou pour certaines molécules dans ces documents de synthèse, l'analyse a été effectuée au cas par cas sur la base de publications scientifiques individuelles.

Les différentes catégories animales étudiées étaient les suivantes : rongeurs, porcs, ruminants, volailles, poissons, lapins, chevaux, carnivores domestiques (chiens, chats).

2.1.1.1. Détermination des critères de recherche et de recensement

Dans un premier temps, un tableau de recensement des effets toxiques de chaque substance chimique et pour chaque catégorie animale a été constitué, en précisant les types d'effets et les doses d'exposition orale associées à ces effets.

A partir de ce premier recensement, les experts ont regroupé et classé différents types d'effets toxiques sur l'animal, en 3 critères :

- ① **Reprotoxicité** : à la suite d'une exposition répétée à une substance chimique, effets négatifs caractérisés par une altération des systèmes de reproduction des femelles ou des mâles (e.g. lésions des organes reproducteurs, altération du système endocrinien associé), de l'organisme en développement observé durant les périodes foetale, périnatale et jusqu'à l'âge de maturité sexuelle (e.g. mortalité, anomalie structurelle, altération de la croissance, déficience fonctionnelle),
- ② **Altération d'une fonction physiologique** : à la suite d'une exposition répétée à une substance chimique, effets négatifs caractérisés par une altération de la fonction physiologique propre à différents organes cibles (e.g. variation du poids des organes, modifications affectant la fonction ou la morphologie des tissus et des organes, modifications des paramètres biochimiques, urinaires et hématologiques, immunotoxicité, neurotoxicité),
- ③ **Altération des performances** : il s'agit de toutes les baisses de production (poids corporel, vitesse de croissance, indice de consommation, production de lait ou d'œufs), ainsi que le taux de mortalité ou de morbidité.

Le critère ③ a été défini par les experts du GT. Pour définir les critères ① et ②, ils ont fait référence à un document de l'U.S. Environmental Protection Agency (EPA) de 2011 (EPA, 2011) repris en 2014 dans « Flame retardant alternatives for HEXABROMOCYCLODODECANE (HBCD) » (US-EPA, 2014).

2.1.1.2. Limites des études recensées

Les études de toxicologie aiguë (DL₅₀ ou CL₅₀) ont été exclues car elles ne correspondent pas au mode d'exposition des animaux *via* l'alimentation qui est plutôt le vecteur d'une exposition plus faible et répétée (chronique).

Les études de toxicité à court, moyen et long termes¹ permettant de définir, dans une expérience, au moins une dose d'exposition la plus basse produisant un effet néfaste observé (LOAEL²), ont été retenues en priorité car elles apportent une information pertinente quant à la présence et la qualification des effets négatifs de la substance. Les études réalisées avec des faibles doses et n'entraînant pas d'effet néfaste chez l'animal n'ont pas été retenues car il n'est pas possible, à partir de ces études, de qualifier la toxicité de la substance. En revanche, les études qui montrent qu'aucun effet néfaste n'a été observé (NOAEL³) à des doses correspondant au seuil supérieur de classement qualitatif des effets des substances sont retenues par les experts car étant donné que les doses provoquant des effets seront plus élevées que les NOAEL, il est alors possible de classer la substance dans la catégorie « dose élevée ».

Dans un certain nombre de cas, les LOAEL n'étaient pas directement indiquées dans les publications en g/kg de PV/j mais en concentration dans l'aliment. Il a donc fallu les extrapoler sur la base des données du tableau 2. Les règles de calcul ont été reprises du document « Guidance for the preparations of dossiers for sensory additives » (EFSA, 2012b) et sont présentées dans le Tableau 2 :

Tableau 2 : Poids corporel et quantité d'aliment ingéré pour les principales espèces animales

animaux	poids corporel (kg)	quantité moyenne d'aliment ingéré par jour (g)
poulet	2	120
dinde	12	400
poule pondeuse	2	120
porcelet	10	1000
porc	100	3000
truie	200	6000
veau	100	2000
ruminant	400	8000
vache laitière	650	20000
chèvre ¹	70	2500
mouton ¹	70	1500
saumon	2	40

¹les données sur la chèvre et le mouton ne proviennent pas de l'EFSA mais du groupe de travail

Dans certains cas, des valeurs dites de « Benchmark doses » étaient disponibles et ont été prises en compte dans la classification du composé.

¹ Exposition répétée de 2 à 4 semaines (court terme), de 4 à 13 semaines (moyen terme) et > 13 semaines (long terme) pour les études de toxicité générale.

² Lowest Observed Adverse Effect Level

³ No Observable Adverse Effect Level

Une **Benchmark dose (BMD)** est une dose (ou plus souvent la limite inférieure de son intervalle de confiance à 95 % appelée BMDL) produisant un effet non nul, correspondant à une modification du niveau de réponse par rapport à un groupe témoin. Le principe repose sur une modélisation des données expérimentales prenant en compte l'ensemble de la relation dose-réponse, le niveau de réponse, fixé *a priori*, dépendant de la nature de ladite réponse, dichotomique (présence ou absence de l'effet chez l'individu étudié au niveau d'une population) ou continue (mesure d'un indicateur biologique au niveau d'un organisme, comme par exemple le poids d'un organe ou la concentration sanguine d'une enzyme).

Pour la classification des composés, les effets cancérigènes et mutagènes n'ont pas été considérés car non pertinents pour juger de la santé de l'animal du fait de la durée d'élevage des animaux de production qui n'est en général pas suffisamment longue pour observer des signes cliniques ou lésions de cancérogénèse ou de mutagénèse.

Cependant, les experts ont choisi de recenser cette information en indiquant la classification par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) car elle renseigne sur la dangerosité du contaminant pour l'Homme et par extrapolation pour les animaux à durée de vie longue (chiens, chats, chevaux).

Pour rappel, le classement des molécules par le CIRC est le suivant :

Group 1	L'agent est <i>cancérogène pour l'Homme</i>
Group 2A	L'agent est <i>probablement cancérogène pour l'Homme</i>
Group 2B	L'agent est <i>peut-être cancérogène pour l'Homme</i>
Group 3	L'agent est <i>inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme</i>
Group 4	L'agent n'est <i>probablement pas cancérogène pour l'Homme</i>

Cette classification est globale et ne diffère donc pas entre espèces animales. Seul un commentaire a été fait dans le rapport pour certains contaminants vis-à-vis des espèces à vie plus longue, si la notation finale du contaminant et son caractère cancérogène étaient en opposition.

2.1.1.3. Classification des doses toxiques

Les experts ont classé les doses caractérisant les effets toxiques observés sur les animaux selon quatre classes : « dose minimale », « dose faible », « dose moyenne » ou « dose élevée », en considérant que plus une substance provoque des effets néfastes à une dose faible, plus elle est considérée comme « dangereuse ». En conséquence, le niveau 'dose minimale' correspond à une molécule présentant des effets toxiques à des doses très faibles.

Les experts ont retenu les règles présentées dans le Tableau 3, en s'inspirant des documents de référence précédemment cités de l'EPA (EPA, 2011, US-EPA, 2014).

Tableau 3 : Classification des doses du contaminant et de son effet sur la santé animale

classe des teneurs (mg/kg PV/j)	dose minimale	dose faible	dose moyenne	dose élevée
effets reprotoxiques	< 1	entre 1 et 10	entre 10 et 100	>100
effets sur les fonctions physiologiques				
effets sur les performances				

2.1.1.4. Choix des études retenues pour la classification de la molécule

Dans la majorité des cas, plusieurs études ont recensé la survenue d'effets toxiques chez la même espèce animale pour une molécule donnée. Pour chaque critère de toxicité (①, ② et ③) et pour chaque espèce animale, les experts ont choisi de retenir l'étude recensée faisant état de la dose la plus faible.

Exemple pour la zéaralénone :

Sont surlignées en jaune les études retenues qui serviront de classement pour la substance (Tableau 4). Elles correspondent aux études aboutissant à la LOAEL la plus faible pour une espèce donnée.

Tableau 4 : Exemple des études retenues pour les différentes espèces pour le contaminant zéaralénone

	espèce	précision espèce	effet	LOAEL (mg/kg PV/j)	NOAEL (mg/kg PV/j)	classe de la dose
zéaralénone	Ruminant	vache laitière	Reprotoxique	0,048		minime
	Ruminant	vache laitière	Reprotoxique	0,385		minime
	Ruminant	mouton (brebis)	Reprotoxique	0,06	0,03	minime
	Porc	cochette	Reprotoxique	0,018	0,01	minime
	Porc	cochette	Reprotoxique	0,2	0,04	minime
	Volaille	poulet	Reprotoxique	0,4	0,2	minime
	Volaille	poulet	Reprotoxique	0,048	0,024	minime
	Volaille	pondeuse	Reprotoxique	0,4	0,2	minime
	Volaille	dinde	Physiologique	0,027	0,013	minime
	Lapin		Physiologique	10		faible
Chien		Reprotoxique	0,025		minime	

Lorsqu'il n'y avait pas de données disponibles sur les espèces cibles dans les monographies, les experts ont recherché des études publiées dans la littérature scientifique. Ces études ont été identifiées en italique dans le tableau de synthèse pour les différencier des monographies de référence. En effet, les experts ont choisi de ne pas extrapoler les résultats d'études d'une espèce à l'autre.

A partir des critères recensés dans les monographies ou essais, les substances ont toutes été classées selon les effets observés chez les différentes espèces animales (rongeur, porc, volailles, ruminants, lapin, chevaux, chien/chat ou autre) et selon la dose du contaminant à laquelle elle produit des effets négatifs (cf tableau 3). L'étude recensant un effet négatif à la dose la plus faible a été retenue et surlignée dans les tableaux de recensement. Ces études ont ensuite été rassemblées dans un tableau de synthèse en indiquant la classification de la dose la plus faible produisant un effet négatif, tous effets observés confondus (reprotoxique ou physiologique ou altération des performances). Un exemple est présenté dans le Tableau 5 pour différents éléments traces métalliques (ETM) et le fluor.

Les cases vides signifient qu'il n'y avait pas de donnée disponible.

Tableau 5 : Exemple de classification finale des doses retenues produisant un effet toxique

	plomb	mercure	cadmium	arsenic	fluor
rongeur	faible	minime	minime	faible	
porc		minime	minime	moyenne	faible
ruminant	minime	minime	minime	faible	faible
volaille	minime	minime	minime	moyenne	moyenne
poisson		minime	faible	minime	moyenne
lapin				minime	faible
cheval					
chien/chat	faible	minime			
autres					

Pour un même contaminant, une forte variabilité du classement des doses en fonction des espèces animales peut apparaître. Pour tenir compte de cette variabilité et de l'absence de données pour certaines molécules, une règle de décision concernant la classification de dangers de ces molécules a été élaborée pour aboutir à 6 catégories (Tableau 6).

Tableau 6 : Présentation des catégories et de leurs règles d'élaboration

signification	règle d'élaboration	catégorie
Dose minime	doses globalement minimales (par consensus du collectif d'expert)	DANGER ÉLEVÉ
Dose faible	doses globalement faibles (par consensus du collectif d'expert)	DANGER MOYEN
Dose moyenne	doses globalement moyennes (par consensus du collectif d'expert)	DANGER FAIBLE
Dose élevée	doses globalement élevées (par consensus du collectif d'expert)	DANGER MINIME
Données hétérogènes	Pas de consensus	HETEROGENE
Peu ou pas de données	Moins de 3 espèces renseignées	MANQUE DE DONNEES

En fonction de la dose, les contaminants peuvent donc être classés en 4 types de dangerosité décroissante :

- Danger élevé : doses globalement minimales
- Danger moyen : doses globalement faibles

- Danger faible : doses globalement moyennes
- Danger minime : doses globalement élevées

Concernant les contaminants classés en catégorie « **hétérogène** » (données hétérogènes), les experts ont indiqué que cette catégorie prend en compte à la fois la variabilité des doses entre espèces animales et l'hétérogénéité chimique au sein du groupe de contaminants (par exemple les glucosinolates).

Dans le cas d'un manque de données la catégorie est indiquée à dire d'expert (entre parenthèses et en italique) si un consensus d'experts a permis de conclure sur une catégorie de dangerosité.

2.1.2. Application de la méthode aux différentes substances chimiques

Les différents tableaux de recensement des études complétés selon la méthodologie exposée dans le chapitre 2.2.1 sont présentés en annexe 2. Les tableaux de synthèse présentant le classement des molécules en fonction de la dose retenue sont présentés ci-dessous.

2.1.2.1. Mycotoxines

Le classement des mycotoxines selon la méthodologie exposée au chapitre précédent est présenté dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Classement des mycotoxines en fonction de la dose¹

	aflatoxine B1	zéaralénone	alcaloïde de l'ergot	toxine T2 et HT2	déoxynivalénol	ochratoxine A	fumonisine B1 et B2
<i>CIRC</i>	1	3		3	3	2B	2B
rongeur							
porc	minime	minime	minime	minime	minime	minime	minime
ruminant	minime	minime	minime	minime	faible		faible
volaille	minime	minime	minime	minime	minime	minime	faible
poisson		minime		minime	minime		faible
lapin		faible		minime	minime		
cheval			minime		minime		minime
chien/chat		minime		minime	minime	minime	
autres					foie : minime		
classement	DANGER ÉLEVÉ	DANGER ÉLEVÉ	DANGER ÉLEVÉ	DANGER ÉLEVÉ	DANGER ÉLEVÉ	DANGER ÉLEVÉ	DANGER MOYEN

¹ selon la méthodologie décrite au tableau 6

La toxicité des mycotoxines est variable ; certaines exercent un pouvoir hépatotoxique comme l'aflatoxine, d'autres se révèlent œstrogéniques comme la zéaralénone, immuno/hématotoxiques comme les trichothécènes ou les fumonisines ou néphrotoxiques comme l'ochratoxine A. Toutes les mycotoxines entraînent également des effets sur les performances des animaux. A la suite d'une exposition répétée par voie orale, les effets de ces toxines chez les animaux de production, de compagnie ou de loisir sont observés le plus souvent à des doses minimales. Globalement, ces contaminants naturels sont donc classés comme des toxiques présentant un danger élevé à l'exception de la fumonisine (danger moyen).

2.1.2.2. Mélamine et métaux

Le classement de la mélamine et des éléments traces métalliques selon la méthodologie exposée au chapitre précédent est présenté dans le Tableau 8.

Tableau 8: Classement de la mélamine et des ETM en fonction de la dose¹

	mélamine	plomb	mercure	cadmium	arsenic	fluor
<i>CIRC</i>	3	2A	3	1	1	<i>non classé</i>
rongeur	élevée	faible	minime	minime	faible	faible
porc	élevée		minime	minime	faible	faible
ruminant	élevée	minime	minime	minime	faible	faible
volaille		minime	minime	minime	faible	moyenne
poisson			minime	faible	minime	moyenne
lapin					minime	faible
cheval						
chien/chat	élevée	faible	minime	minime	faible	moyenne
autres						
classement	DANGER MINIME	DANGER ÉLEVÉ	DANGER ÉLEVÉ	DANGER ÉLEVÉ	DANGER MOYEN	HETEROGENE

¹ selon la méthodologie décrite au tableau 6

A la suite d'une exposition orale répétée au plomb et au mercure, les effets toxiques sont observés chez les animaux de production, de compagnie ou de loisir à des doses, le plus souvent minimales, plus rarement faibles. Le plomb et le mercure, contaminants non intentionnels, sont donc classés comme des métaux présentant un danger élevé pour toutes les espèces animales. A l'inverse, à la suite d'une exposition orale répétée à la mélamine, les effets toxiques sont toujours observés à des doses élevées. La mélamine, contaminant intentionnel, est donc classée comme une substance présentant un danger minimal pour les espèces animales.

La toxicité des composés de l'arsenic dépend de leur forme chimique et, par conséquent, de leur valence, les formes inorganiques étant plus toxiques que les formes organiques ; la toxicité est plus élevée pour les formes trivalentes que les formes pentavalentes. Les signes d'intoxication chronique incluent une réduction de la croissance et de l'efficacité alimentaire, un comportement ataxique et mal coordonné, et un dysfonctionnement du système nerveux central. Les signes d'intoxication aiguë sont caractérisés par une hypothermie, des vomissements et la mort de l'animal. Le caractère carcinogène de l'arsenic ne semble pas marqué pour les animaux. L'ensemble des données pour les différentes espèces animales montre que ces dangers apparaissent pour des doses minimales à moyennes ; le danger a donc été caractérisé comme moyen.

L'ingestion chronique de cadmium affecte tous les organes, plus particulièrement le foie et le rein, ce dernier montrant un développement d'une fibrose du cortex rénal, avec une perturbation de la filtration du glucose, des acides aminés et des protéines. Chez les animaux d'élevage, l'exposition chronique au cadmium induit des retards de croissance, des fonctions de reproduction perturbées

et des développements de tumeurs. L'exposition au cadmium peut également induire des perturbations du métabolisme osseux. L'ensemble des données pour les différentes espèces animales montre que ces dangers apparaissent pour des doses minimales à faibles ; le danger a donc été caractérisé comme élevé.

L'exposition orale répétée au fluor chez l'animal d'élevage, le plus souvent *via* l'eau de boisson, se traduit par une fluorose. Cette fluorose, dentaire dans un premier temps, puis affectant le squelette dans une seconde étape, se caractérise par une ostéogénèse perturbée, une accélération de l'ostéolyse et, dans certains cas, une résorption osseuse. L'ensemble des données pour les différentes espèces animales montre que ces dangers apparaissent pour des doses faibles à moyennes ; le danger a donc été caractérisé comme hétérogène.

2.1.2.3. Dioxine, PCB et HAP

Le classement des dioxines, PCB et HAP selon la méthodologie exposée au chapitre précédent est présenté dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Classement des dioxines, PCB et HAP en fonction de la dose¹

	HAP (benzoapyrène)	dioxines et PCB-DL	PCB-NDL
<i>CIRC</i>	1	1	<i>non classé</i>
rongeur	faible	moyenne	
porc		minime	
ruminant		minime	
volaille		minime	
poisson	minime	minime	
lapin			
cheval			
chien/chat			
autres		vison : minime	
classement	(DANGER MOYEN)	DANGER ÉLEVÉ	(DANGER ÉLEVÉ)

¹ selon la méthodologie décrite au tableau 6

Les HAP sont un groupe de 16 composés qui peuvent avoir des effets différents. L'analyse des effets sur la santé animale se fonde sur celle des effets du benzo[a]pyrène considéré comme molécule modèle de ce groupe. Un effet reprotoxique et une altération des performances ont été démontrés pour des doses faibles ou minimales chez le rongeur et le poisson ; il manque des données pour les autres espèces. Le benzo[a]pyrène a été classé pour l'Homme comme cancérigène. Les experts se sont accordés pour conclure à un danger moyen pour les HAP.

Les dioxines-furanes (PCDD/Fs) et les PCB de type dioxine (PCB-DL) démontrent des effets reprotoxiques et une altération des performances, dès l'exposition orale à des doses minimales pour de nombreuses espèces, y compris les animaux de production. Les 12 congénères de PCB de type dioxine et la 2,3,7,8-TCDD ont été classés comme cancérigènes pour l'Homme mais pas les autres PCDD/Fs. Globalement, le danger a été caractérisé comme élevé.

Peu de données sont disponibles pour renseigner la toxicité des PCB non dioxine like (PCB-NDL) qui démontrent dès l'exposition orale à des doses minimales des effets reprotoxiques et des altérations des performances pour les PCBs 28, 128 et 153, essentiellement chez le rongeur. La

cancérogénicité pour l'Homme de ces congénères n'est pas renseignée par le CIRC. Les experts se sont accordés pour conclure à un danger élevé pour les PCB-NDL.

2.1.2.4. Composés organochlorés (autres que les dioxines et les PCB)

Le classement des composés organochlorés (autres que les dioxines et les PCB) selon la méthodologie exposée au chapitre précédent est présenté dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Classement des composés organochlorés (autres que les dioxines et les PCB) en fonction de la dose¹

	toxaphène	endosulfan	heptachlore	aldrine	dieldrine	chlordan	HCH	HCH gamma	endrine	DDT, DDE, DDD	HCB
CIRC	2B	NC	2B	3	3	2B	2B	1	3	2A	2B
rongeur	minime	minime	faible	minime	minime	minime	minime	minime	minime	minime	faible
porc			faible			élevée					minime
ruminant		faible	faible	faible	faible			élevée		élevée	
volaille	minime	faible	minime	minime	faible			faible		minime	faible
poisson	minime	minime			minime						
lapin		faible			faible			minime		faible	
chien/chat	faible	faible		minime	minime				minime		minime
cheval											
autres			vison : faible					vison : minime			
classement	DANGER ÉLEVÉ	DANGER MOYEN	DANGER MOYEN	DANGER ÉLEVÉ	DANGER ÉLEVÉ	(DANGER ÉLEVÉ)	(DANGER ÉLEVÉ)	DANGER ÉLEVÉ	(DANGER ÉLEVÉ)	HETERO GENE	HETEROG ENE

¹ selon la méthodologie décrite au tableau 6

Il existe peu de données toxicologiques sur ces contaminants organochlorés concernant les animaux de compagnie ou de production. La plupart des études disponibles sont anciennes ; elles ont été réalisées avant 1980 et le nombre d'animaux utilisés dans chaque étude est souvent faible. Très peu de doses (parfois une seule) sont testées et souvent les marqueurs d'effet enregistrés sont assez peu sensibles. Les données toxicologiques obtenues à partir d'études réalisées sur des animaux de laboratoire sont plus nombreuses et plus fiables. En fonction des données disponibles, le toxaphène, l'endosulfan, l'heptachlore, l'aldrine, le dieldrine et le lindane (HCH gamma) sont classés dans les catégories DANGER ÉLEVÉ ou DANGER MOYEN (Tableau 10). Le chlordan, l'endrine et les isomères alpha et beta de l'hexachlorocyclohexane (HCH) sont classés dans la catégorie « manque de données », mais si on tenait compte des résultats provenant des études réalisées sur des animaux de laboratoire, ils seraient classés dans la catégorie DANGER ÉLEVÉ. Enfin, le DDT et l'HCB sont classés dans la catégorie « Hétérogène » car les résultats sont trop variables en fonction des espèces animales.

2.1.2.5. Retardateurs de flamme bromés

Le classement des retardateurs de flamme bromés selon la méthodologie exposée au chapitre précédent est présenté dans le Tableau 11.

Tableau 11: Classement des retardateurs de flamme bromés en fonction de la dose¹

	HBCDD	TBBPA	PBDE	PBB
<i>CIRC</i>	NC	2 A	3	2A
rongeur	moyenne	élevée	minime	minime
porc				faible
ruminant				minime
volaille	crécerelle : minime			faible
poisson	moyenne			
lapin				
cheval				
chien/chat				
autres			vison : faible	
classement	manque de données	(DANGER MINIME)	manque de données	DANGER MOYEN

¹ selon la méthodologie décrite au tableau 6

A l'exception des PBB, peu d'études permettent de classer ces substances, en particulier pour les espèces animales d'intérêt.

Chez les rats, les souris et chez les poissons, les HBCDD sont des substances reprotoxiques à doses moyennes ; chez les oiseaux, cet effet toxique a été observé à doses très faibles. Sur la base d'études conduites sur les rats, le TBBPA entraîne des effets reprotoxiques à doses élevées. Les experts se sont accordés pour conclure à un DANGER MINIME pour les TBBPA.

Les PBDE sont reprotoxiques à doses faibles voire minimales chez les rats et souris. Cependant, les experts ne se sont pas accordés sur un consensus et concluent à un manque de données.

Les PBB sont hépatotoxiques et présentent des effets sur l'immunité à des doses faibles chez les porcs et volailles, voire minimales chez les bovins. Le danger a été classé en DANGER MOYEN.

2.1.2.6. Impuretés botaniques et toxines endogènes

Le classement des impuretés botaniques et toxines endogènes selon la méthodologie exposée au chapitre précédent est présenté dans le Tableau 12

Tableau 12 : Classement des impuretés botaniques et toxines endogènes en fonction de la dose²

	gossypol	théobromine	VTO/ITC/AITC et glucosinolates	alcaloïdes tropaniques (TA)	ambrosie ¹
<i>CIRC</i>	non classé	3	non classé	non classé	sans objet
rongeur	faible	élevée	minime	minime	sans objet
porc	faible	moyenne	moyenne	minime	sans objet
ruminant	faible	moyenne	faible	minime	sans objet
volaille	moyenne	moyenne	élevée	minime	sans objet
poisson	faible	élevée	faible		sans objet
lapin	faible	moyenne	minime		sans objet
autres					sans objet
cheval		faible		minime	sans objet
chien/chat	faible	moyenne			sans objet
classement	DANGER MOYEN	DANGER FAIBLE	HETEROGENE	DANGER ÉLEVÉ	sans objet

¹L'ambrosie n'est pas un danger pour l'animal

² selon la méthodologie décrite au tableau 6

Le gossypol n'est ni génotoxique, ni tumorigène. La toxicité aiguë du gossypol administré par voie orale est modérée chez toutes les espèces. En exposition chronique, la toxicité se traduit par une dyspnée et une diminution des performances de croissance consécutive à une anorexie. Les effets reprotoxiques chez les mâles sont bien documentés : diminution de la spermatogenèse avec une diminution de la production spermatique et une baisse de la motilité des spermatozoïdes. Les effets reprotoxiques chez la femelle se traduisent par une perturbation du cycle œstral, de la gestation et du développement fœtal précoce. Des doses faibles en gossypol suffisent à produire des effets sur les performances zootechniques ou sur la reproduction dans toutes les espèces domestiques ou de laboratoire. Le contaminant est donc classé parmi les dangers moyens.

La théobromine montre des effets toxiques modérés après exposition orale aiguë dans différentes espèces de laboratoire. La théobromine a un effet faible au niveau du système nerveux central. Chez les rongeurs, la théobromine induit des effets sur les testicules et le thymus. Chez les chiens, elle est à l'origine de cardiomyopathie en cas d'exposition prolongée. Elle induit aussi des effets *in utero* chez les souris et les lapins. La théobromine ne semble pas être génotoxique ni cancérigène. Le cheval est l'espèce domestique la plus sensible avec des effets gastrointestinaux ou portant sur le comportement alimentaire (anorexie) qui peuvent être marqués chez certains individus. Dans les autres espèces, une exposition à des doses moyennes à fortes induit une diminution des performances zootechniques. Le danger est classé comme faible.

Ambrosia spp. est une plante de la famille des Astéracées (*Asteraceae*) qui appartient à la liste des produits et contaminants d'origine naturelle qui font l'objet d'un contrôle réglementaire, non pour une quelconque implication toxico-alimentaire chez l'Homme ou les espèces domestiques, mais du simple fait de la propagation possible des graines d'ambrosie par des aliments à base de graines non transformées distribuées essentiellement en oisellerie. Le pollen de cette adventice envahissante provoque en effet des allergies sévères chez l'Homme. Le classement de l'ambrosie est donc sans objet pour la santé animale via l'alimentation.

Chez l'animal de laboratoire, les effets toxiques des alcaloïdes tropaniques⁴ concernent en priorité les mécanismes de la vision (dilatation de la pupille) et le comportement. A plus forte dose, des effets sévères sur la sécrétion salivaire, la déglutition et la déshydratation sont notés. Aucun effet génotoxique, mutagène ou cancérigène n'a été noté. Chez les animaux de production, principalement les bovins et les chevaux nourris avec du foin contaminé par du datura, des cas d'intoxication aiguë, voire de mortalité, ont été décrits. Les signes cliniques les plus fréquents sont une hyposalivation, une hyperventilation, une tachycardie, une dilatation des pupilles, un état nerveux, des tremblements musculaires et des convulsions. Le danger est classé comme élevé. Les glucosinolates retrouvés dans les végétaux de la famille des *Brassicaceae* regroupant la famille des choux, colza et moutarde et autres utilisés en alimentation humaine ou animale sont nombreux et induisent directement des effets toxiques ou bien par le biais des produits de dégradation tels que les dérivés isothiocyanates (ITC), instables évoluant en oxazolidinethiones (vinyl thiooxazolidones : VTO et 5-VTO), ou thiocyanates (TC) et des nitriles entre autres composés toxiques.

La toxicité des produits d'hydrolyse des glucosinolates tels que TC, ITC et VTO/5-VTO est liée à une séquestration de l'iode nécessaire à la biosynthèse des hormones thyroïdiennes T₃ et T₄

⁴ Les graines de mauvaises herbes et les fruits non moulus ni broyés peuvent contenir des alcaloïdes, des glucosides ou autres substances toxiques, isolément ou ensemble. Leurs teneurs dans les grains ou graines ou mélanges destinés à l'alimentation animale doivent être contrôlés. C'est le cas de *Datura sp.* qui contient comme métabolites secondaires, des alcaloïdes tropaniques (TA), plus précisément l'(-)-hyoscyamine et la (-)-scopolamine.

- *Datura stramonium* est très largement répandu sous les climats tempérés ou tropicaux. Pour cette raison, les graines de datura ont été retrouvées comme impuretés botaniques dans les graines de lin, de millet, de tournesol, de sarrasin ou de soja ou leurs sous-produits.
- Les alcaloïdes tropaniques (TA), comme l'(-)-hyoscyamine et la (-)-scopolamine, sont des agonistes des récepteurs muscariniques de l'acétylcholine et possèdent des propriétés pharmacologiques documentées ; ils sont utilisés en thérapeutique humaine ou vétérinaire.

entraînant une hypothyroïdie et la formation d'un goitre. Le porc, le lapin et la truite sont les espèces les plus sensibles. Des répercussions sur la croissance des animaux et leur reproduction sont notées. Les nitriles peuvent entraîner une irritation de la muqueuse gastrointestinale et un dysfonctionnement hépatique ou rénal transitoire. Les données de toxicité des glucosinolates chez l'animal sont limitées ; leur toxicité varie avec la quantité incorporée dans l'aliment mais aussi, largement, avec leur nature chimique. Le danger est de ce fait classé dans la catégorie HETEROGENE car les résultats sont trop hétérogènes et trop variables en fonction des espèces animales renseignées pour asseoir un classement fiable. Néanmoins, les recommandations d'incorporation des matières premières en contenant, la sélection de variétés en produisant peu, certains procédés de réduction, principalement dans les tourteaux de colza, des glucosinolates et leurs produits de dégradation, limitent le risque d'intoxication et de chute de production des espèces en consommant ou de dégradation de la qualité organoleptique des produits animaux.

2.1.3. Conclusion

En conclusion, ce chapitre a évalué le danger que représentent les différents contaminants pour la santé animale. Les contaminants ont été classés à partir des LOAEL induisant des effets reprotoxiques, physiologiques ou diminuant les performances. Les principales conclusions sont les suivantes :

- Les mycotoxines présentent globalement un danger élevé ;
- Les métaux lourds et métalloïdes présentent globalement aussi un danger élevé, sauf pour l'arsenic (danger moyen) et le fluor pour lequel les données sont hétérogènes ;
- La mélamine, contaminant intentionnel, présente un danger minime ;
- Les dioxines et PCB de type dioxine ainsi que les PCB non dioxine like présentent un danger élevé tandis que les quelques données sur les HAP les classent dans la catégorie danger moyen ;
- Il existe peu de données sur la toxicité des insecticides ou fongicides organochlorés sur les animaux de compagnie ou de production ; ces substances ont globalement été classées dans les catégories danger moyen ou élevé ;
- A l'exception des PBB classés en danger moyen, peu d'études permettent de classer les retardateurs de flamme bromés, en particulier pour les espèces animales de production ;
- Les toxines endogènes et les impuretés botaniques sont réparties dans différentes classes : la théobromine présente un danger faible, le gossypol un danger moyen et les alcaloïdes tropaniques (contenus notamment dans le datura) un danger élevé. La toxicité des glucosinolates et de leurs dérivés est hétérogène selon les espèces considérées ;
- L'ambrosie n'est pas un danger pour l'animal *via* l'alimentation.

2.2. Evaluation semi-quantitative des dangers pour l'environnement

Les contaminants étudiés dans cette saisine sont des contaminants de l'environnement. Leur dangerosité vis-à-vis de l'environnement est donc une réalité, que l'on prenne en compte ou non l'alimentation animale. Ainsi, si les animaux ne métabolisent ces contaminants ni au niveau digestif, ni au niveau tissulaire, les aliments pour animaux contaminés interviennent alors comme des vecteurs, qui peuvent éventuellement modifier leur répartition spatiale. Si les animaux métabolisent les contaminants, ils ne provoquent pas un enrichissement de la molécule parente pour l'environnement. La prise en compte des métabolites dans l'évaluation des dangers pour l'environnement n'a pu être réalisée du fait de leur diversité et par manque de données permettant une analyse exhaustive. En conséquence, la classification des dangers ne porte que sur les molécules parentes.

Les mycotoxines et toxines endogènes présentes dans les aliments sont le plus souvent métabolisées par l'animal. Le retour de ces molécules parentes dans l'environnement *via* les déjections animales ne se fait donc qu'à des quantités faibles et n'en induit pas l'enrichissement. Ces molécules ont donc été classées dans une catégorie de danger minime pour l'environnement.

L'ambrosie, qui est une impureté botanique envahissante, peut être disséminée *via* ses graines non transformées principalement par l'eau de ruissellement ou par voie aérienne. L'épandage des déjections des animaux qui en ont consommé dans des aliments composés en contenant est sans risque pour l'environnement. Dans le cas d'initiation de dissémination de l'ambrosie dans des secteurs géographiques indemnes, ceci proviendrait d'une contamination par les graines d'ambrosie des graines de mil ou millet utilisées en oisellerie. Ces cas sont donc très marginaux en comparaison des élevages standards. Ainsi, on peut considérer que la contribution de l'alimentation animale à l'augmentation de la dissémination de l'ambrosie est minime.

Les polluants organiques persistants, tels que les insecticides organochlorés, les PCB, et les composés organobromés, sont d'origine anthropique et ubiquistes. La production et l'usage des PCB et de la plupart des insecticides organochlorés et composés organobromés sont interdits ou restreints. Sauf accident, leur présence dans les aliments est à une concentration qui est le reflet de la contamination générale de l'environnement. Par ailleurs, ces composés étant assez bien absorbés par les êtres vivants, les quantités éliminées par voie fécale et urinaire sont réduites. Le retour de ces contaminants à l'environnement *via* les déjections animales ne contribue donc pas à son enrichissement. Ces molécules ont donc été classées dans une catégorie de danger minime pour l'environnement.

Contrairement aux autres composés organochlorés, les dioxines ne sont pas produites volontairement. Elles peuvent se trouver dans certaines matières premières comme les argiles. Cependant, comme les autres composés organochlorés, les dioxines sont assez bien absorbées par les êtres vivants si bien que leur retour à l'environnement *via* les déjections animales ne contribue pas à son enrichissement. Les dioxines ont donc été classées dans une catégorie de danger minime pour l'environnement *via* l'alimentation animale.

Les HAP sont principalement d'origine pyrolytique. Ils peuvent se trouver dans certains fourrages séchés par chauffage. Cependant, ils sont très rapidement métabolisés par les animaux si bien que leur retour dans l'environnement *via* les déjections animales est faible et ne contribue pas à son enrichissement. Les HAP ont donc été classés dans une catégorie de danger minime pour l'environnement.

Au contraire, les éléments traces métalliques (métaux lourds et métalloïdes) sont naturellement présents dans certaines matières premières comme les minéraux, les argiles, introduites dans les aliments pour animaux. L'usage de telles matières premières peut donc conduire à l'enrichissement de l'environnement *via* ces déjections animales, dans lesquelles ces éléments traces métalliques demeureront, sans possibilité de dégradation.

Ainsi, les experts ont jugé pertinent de procéder à une évaluation du danger pour l'environnement uniquement pour les métaux lourds et métalloïdes qui peuvent contaminer

les aliments pour animaux et être donc rejetés dans l'environnement *via* les déjections animales.

2.2.1. Méthodologie d'évaluation

2.2.1.1. Détermination des critères de recherche pour le recensement des études

Le risque environnemental d'une substance dépend principalement de deux paramètres : d'une part de la dangerosité de la substance (c'est-à-dire de sa toxicité), d'autre part de l'exposition de l'environnement à cette substance. La dangerosité ou toxicité de la substance pour l'environnement est prédite en calculant une PNEC (Predicted No Effect Concentration ou concentration prévisible sans effet) ; par définition, la PNEC est la concentration la plus élevée de la substance qui n'entraîne pas d'effet néfaste observable pour l'environnement. L'exposition de l'environnement à cette même substance est prédite en calculant une PEC (Predicted Environmental Concentration) ; par définition, la PEC est la concentration prévisible de la substance dans l'environnement.

S'agissant dans ce rapport de hiérarchisation des dangers et non des risques, c'est donc le paramètre de dangerosité de la substance pour l'environnement, la PNEC, qui a été choisi. La valeur de la PNEC a été retenue dans ce rapport, plutôt que celle de la NOEC, car elle permet de se placer à l'échelle d'un écosystème, et non d'un organisme donné testé en conditions de laboratoire.

La PNEC est évaluée à partir des résultats des essais d'écotoxicité utilisant cette substance, ces essais étant le plus souvent réalisés en conditions de laboratoire. Concernant la détermination de la PNEC, trois principes généraux sont appliqués :

- ✓ **utilisation prioritaire des résultats des essais d'écotoxicité chronique** : ces essais évaluent les effets à long terme de la substance sur les organismes vivants et conduisent à la détermination d'une NOEC qui, par définition, est la concentration testée la plus élevée à laquelle aucun effet néfaste sur l'organisme vivant testé n'a été observé ;
- ✓ **utilisation de la NOEC la plus faible** : la sensibilité de la biocénose de l'écosystème dépend des espèces les plus sensibles à la substance ; on retient donc la NOEC la plus faible qui correspond à l'organisme le plus sensible ;
- ✓ **application d'un facteur de sécurité à la NOEC la plus faible** pour calculer la PNEC : ce facteur, défini dans les directives européennes, tient compte du fait qu'il est nécessaire d'extrapoler une NOEC calculée chez un faible nombre d'espèces testées en conditions de laboratoire à un nombre souvent très élevé d'espèces présentes dans l'environnement et qui ne feront jamais l'objet d'un essai d'écotoxicité. Il prend également en compte, d'une part que les conditions d'obtention des résultats au laboratoire sont souvent très éloignées de celles rencontrées en conditions naturelles, d'autre part que les critères utilisés pour juger des effets toxiques ne sont que peu représentatifs de la réalité des écosystèmes.

En guise d'illustration de cette méthodologie, des essais d'écotoxicité chroniques d'une substance ont été effectués sur différents organismes aquatiques. Les résultats synthétiques de ces essais sont présentés dans le tableau ci dessous :

Tableau 13 : synthèse des essais d'écotoxicité d'une substance X

Organisme testé	NOEC en mg/L de la substance X (essais d'écotoxicité chronique)
Poisson 1	0,15
Poisson 2	0,5
Daphnie	12
Algue 1	50
Algue 2	26

La valeur sélectionnée est la NOEC la plus faible, à laquelle est appliqué ensuite un facteur de sécurité, par exemple, de 10. La NOEC la plus faible est celle évaluée pour le poisson 1, soit une NOEC de 0,15mg/L. La PNEC est donc de 0,015 mg/l, soit 15 µg/L. Ce résultat signifie donc, qu'en théorie, une concentration de 15 µg/L de la substance n'entraîne pas d'effet néfaste pour les êtres vivants de l'écosystème aquatique.

La valeur de la PNEC permet d'avoir une estimation de la toxicité d'une substance vis-à-vis des écosystèmes. Cependant, deux critiques peuvent être émises :

- ✓ Le facteur de sécurité n'est pas normé et est choisi par les experts en fonction de la qualité et de la quantité des données toxicologiques disponibles ;
- ✓ la PNEC est déterminée pour une substance, alors que dans les milieux naturels, plusieurs substances sont présentes et peuvent interagir entre elles.

Quatre compartiments aquatiques et terrestres ont été retenus pour les PNEC :

- ✓ PNEC eau douce (µg/L)
- ✓ PNEC eau marine (µg/L)
- ✓ PNEC sédiment (mg/kg de sédiment sec)
- ✓ PNEC terrestre (mg/kg de sol sec)

2.2.1.2. Choix et sélection de la bibliographie

Il a été choisi de se fonder sur les fiches de données toxicologiques et environnementales de l'INERIS qui établissent des valeurs de PNEC pour les compartiments aquatiques et terrestres.

2.2.1.3. Choix des valeurs retenues et classification des contaminants

Afin de pouvoir classer les différentes valeurs de PNEC aquatiques et terrestres en fonction de la dose du contaminant, la règle de décision qui a été adoptée par le groupe de travail est présentée dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Classification des concentrations du contaminant en fonction de la valeur de la PNEC

classe des concentrations	concentration faible	concentration moyenne	concentration élevée
PNEC Eau (µg/L)	<0,1	0,1 à 1	>1
PNEC sol/sédiment (mg/kg matière sèche)	<1	1 à 10	>10

Quatre catégories de dangers ont ainsi été déterminées pour chaque substance en fonction du cumul des classes de concentrations pour les compartiments aquatiques et terrestres comme indiqué dans le Tableau 15 et le Tableau 16.

Tableau 15 : Présentation des catégories et de leurs significations

règle de décision	Catégorie
concentrations aquatiques et terrestres globalement faibles (par consensus du collectif d'expert)	DANGER ÉLEVÉ
concentrations aquatiques et terrestres globalement moyennes (par consensus du collectif d'expert)	DANGER MOYEN
concentrations aquatiques et terrestres globalement élevées (par consensus du collectif d'expert)	DANGER FAIBLE
pas d'évaluation car molécules fortement métabolisées ou absorbées	DANGER MINIME
peu ou pas de données	Manque de données

Tableau 16 : Exemple de classification pour le cadmium

	cadmium	Classification de la concentration	Classification finale de la concentration	Classe du danger
PNEC eau douce ($\mu\text{g/L}$)	0,2	moyenne	moyenne (par consensus du collectif d'expert)	DANGER MOYEN
PNEC eau marine ($\mu\text{g/L}$)	0,2	moyenne		
PNEC sédiment (mg/kg de sédiment sec)	2,3-2,5	moyenne		
PNEC terrestre (mg/kg de sol sec)	0,0009-1,15	faible		

2.2.2. Application de la méthode aux métaux

Le Tableau 17 recense l'ensemble des PNEC aquatiques et terrestres et la classification du danger retenu pour les métaux lourds et métalloïdes.

Tableau 17 : Recensement et catégorisation des PNEC pour les différents métaux

		plomb	mercure inorganique	mercure organique	cadmium	arsenic inorganique	arsenic organique	fluor
recensement	PNEC eau douce (microg/L)	0,4-2,1	0,24	0,01	0,2	4,4		0,4-0,9
	PNEC eau marine (microg/L)		0,24	0,01	0,2	0,44		
	PNEC sédiment (mg/kg de sédiment sec)	53,4	9,3	1,1	2,3-2,5			
	PNEC terrestre (mg/kg de sol sec)		0,03	0,02	0,0009-1,15	1,8		0,01
catégorisation	concentration eau douce	moyenne	moyenne	faible	moyenne	élevée		moyenne
	concentration eau marine		moyenne	faible	moyenne	moyenne		
	concentration sédiment	élevée	moyenne	moyenne	moyenne			
	concentration sol		faible	faible	faible	moyenne		faible
	concentration finale	moyenne à élevée	moyenne	faible	moyenne	moyenne		moyenne
	classification du danger	(DANGER MOYEN)	DANGER MOYEN	DANGER ÉLEVÉ	DANGER MOYEN	DANGER MOYEN	Manque de données	DANGER MOYEN
référence	INERIS 2016	INERIS 2010	INERIS 2010	INERIS 2015	INERIS 2010		INERIS 2011	

Les formes organiques du mercure (méthylmercure, ...) exercent des effets délétères chez les mammifères, les poissons et les oiseaux marins et dulçaquicoles. Les formes inorganiques de l'arsenic exercent aussi des effets délétères en milieu aquatique, principalement chez les invertébrés marins. Le plomb est toxique envers les écosystèmes aquatiques ; il diminue la croissance d'algues unicellulaires ainsi que la colonisation sédimentaire par des organismes benthiques, et a des effets négatifs sur la respiration, la croissance, la reproduction et le comportement d'organismes invertébrés et vertébrés. Le cadmium et le fluor sont toxiques envers les écosystèmes terrestres ; par exemple, la contamination des plantes par le cadmium est augmentée, notamment lorsque l'acidité du sol augmente (pollution par SO₂, etc).

Le danger des métaux et métalloïdes (Pb, Cd, Hg, F et As) pour l'environnement peut être qualifié de moyen dans les eaux, les sédiments et les sols, à l'exception du mercure sous ses formes organiques pour lequel il peut être qualifié d'élevé.

2.2.3. Conclusion

En conclusion, l'alimentation animale a été étudiée dans ce chapitre en tant que vecteur pour les contaminants de l'environnement. Les principales conclusions pour les molécules parentes sont les suivantes :

- Les mycotoxines et toxines endogènes sont fortement métabolisées chez l'animal et ne participent donc pas à l'enrichissement du milieu ; elles constituent ainsi un danger minime pour l'environnement *via* l'alimentation animale ;
- Les polluants composés organochlorés (PCB et insecticides) et organobromés apportés par l'alimentation animale ne contribuent pas à l'enrichissement du milieu, ces contaminants interdits ou restreints étant ubiquistes, d'origine anthropique et absorbés en grande partie par les animaux. Ils constituent donc un danger minime pour l'environnement *via* l'alimentation animale ;
- Les dioxines sont assez bien absorbées par les êtres vivants et leur retour à l'environnement *via* les déjections animales ne contribue pas à son enrichissement. Les dioxines ont donc été classées dans une catégorie de danger minime pour l'environnement *via* l'alimentation animale ;
- Les HAP sont fortement métabolisés chez l'animal et ne participent donc pas à l'enrichissement du milieu ; ils constituent donc un danger minime pour l'environnement *via* l'alimentation animale ;
- Les métaux peuvent participer à l'enrichissement du milieu *via* l'alimentation animale. Le danger est globalement qualifié de moyen, à l'exception du mercure sous ses formes organiques pour lequel il peut être qualifié d'élevé.

Par ailleurs, l'ambrosie peut être disséminée *via* les déjections animales, mais ce danger reste négligeable.

2.3. Evaluation semi-quantitative du transfert des contaminants vers les denrées alimentaires d'origine animale

2.3.1. Méthodologie

Comme cela a été indiqué dans la limite du champ d'expertise, la réponse à la saisine ne portera pas sur une évaluation semi-quantitative des dangers pour la santé humaine mais fournira uniquement des éléments relatifs au transfert des contaminants dans les denrées animales. La partie relative à l'exposition de l'Homme aux contaminants chimiques via les denrées animales sera traitée dans une autre saisine reçue par l'Anses afin d'établir une hiérarchisation des dangers chimiques dans l'alimentation humaine, dont le délai n'est pas compatible avec la présente saisine.

2.3.1.1. Détermination des critères de recherche pour le recensement des études

D'après Kan *et al.* (2007), les contaminants peuvent être classés en trois catégories : ceux présentant une métabolisation rapide et qui de ce fait ne s'accumulent pas, ceux présentant une accumulation détectable et ceux présentant une accumulation importante. En conséquence, les concentrations retrouvées dans les produits animaux seront d'autant plus élevées que la molécule est facilement accumulable.

La prise en compte des métabolites dans l'évaluation du transfert n'a pu, à quelques exceptions près (exemple, l'aflatoxine dans le lait) être réalisée du fait de leur diversité et par manque de données permettant une analyse exhaustive. En conséquence, la classification des transferts dans les denrées porte essentiellement sur les molécules parentes.

Plusieurs méthodes permettent de caractériser le transfert et l'accumulation des contaminants dans les tissus animaux. Les experts ont choisi de retenir le taux de transfert (« carry over rate » COR) ou le facteur de bioaccumulation (« bioaccumulation factor » BAF) car ils désignent les indicateurs les plus couramment utilisés dans la bibliographie pour caractériser le transfert et l'accumulation d'un contaminant dans les tissus d'un animal exposé par voie alimentaire.

Le taux de transfert ou « carry-over-rate » (COR) correspond à la fraction de la quantité ingérée d'un contaminant qui sera déposée dans un produit animal ou excrétée.

$$\text{Taux de transfert (COR)} = \frac{\text{Quantité du contaminant journallement excrétée ou déposée dans le produit}}{\text{Quantité journallement ingérée du contaminant}}$$

Ce paramètre est très couramment utilisé pour caractériser le transfert vers des produits exportés (lait ou œuf) mais n'est que difficilement applicable pour les tissus corporels.

Le facteur de bioaccumulation (BAF), parfois aussi nommé facteur de bioconcentration (BCF), correspond au rapport entre la concentration du contaminant dans le produit animal exporté ou accumulé et sa concentration dans l'aliment.

$$\text{Facteur de bioaccumulation (BAF)} = \frac{\text{concentration du tissu en contaminant (MB)}}{\text{concentration de l'aliment en contaminant (MS)}}$$

Pour le calcul du COR ou du BAF, les animaux doivent avoir été exposés suffisamment longtemps pour avoir atteint un état d'équilibre de la concentration du contaminant dans le produit considéré. Lorsque la durée d'exposition est trop faible, les COR et BAF calculés sont sous-estimés.

Le BAF peut être calculé tant pour les produits exportés issus de l'animal que pour les tissus animaux. Les BAF ont été recensés en priorité dans la bibliographie. Lorsque ces BAF n'étaient pas disponibles (en particulier pour les oeufs et le lait), les COR ont été recensés.

Les experts ont travaillé en accord avec les définitions des termes de bioconcentration et de bioaccumulation définis ci-après par Alexander (1999).

"Bioconcentration is the intake and retention of a substance in an organism entirely by respiration from water in aquatic ecosystems or from air in terrestrial ones. *Bioaccumulation* is the intake of a chemical and its concentration in the organism by all possible means, including contact, respiration and ingestion. *Biomagnification* occurs when the chemical is passed up the food chain to higher trophic levels, such that in predators it exceeds the concentration to be expected where equilibrium prevails between an organism and its environment. Thus the fatty tissues of animals may accumulate residues of heavy metals or organic compounds. These are passed up the food chain (e.g., through fish, shellfish, or birds) and reach greater, possibly harmful, concentrations at high trophic levels among top predators such as eagles, polar bears, and, indeed, human beings." (Alexander, 1999).

En fonction de leur nature chimique, les contaminants peuvent s'accumuler préférentiellement dans certains tissus animaux. Les experts ont donc choisi d'étudier diverses denrées animales pour caractériser le transfert des contaminants :

- le lait ;
- les œufs ;
- les muscles ;
- le foie ;
- la graisse ;
- les poissons.

2.3.1.2. Choix et sélection de la bibliographie

A l'instar du chapitre concernant les dangers pour la santé animale, la recherche bibliographique sur le transfert des différentes substances chimiques a considéré en priorité les monographies issues des organismes de référence scientifique.

Lorsque des données étaient manquantes pour certaines espèces animales ou pour certaines molécules, des articles scientifiques ont pu être référencés au cas par cas.

Les quatre revues de synthèse retenues par les experts sont :

- Estimating the transfer of contaminants in animal feedstuffs to livestock tissues, milk and eggs: a review (MacLachlan, 2011) ;
- Rapport de fin d'étude de Morgane Guillard « mise en place d'une méthodologie d'identification et d'évaluation des contaminants chimiques à risque pour les filières animales ». (Guillard, 2014) ;
- The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed (Kan *et al.*, 2007);
- The use of transfer factors in risk assessment (Leeman *et al.*, 2007).

Ces revues de synthèse donnent les valeurs de BAF ou de COR selon les études citées. Les experts ont calculé la valeur médiane des BAF ou des COR pour chaque espèce (Tableau 18).

Tableau 18 : exemple de recensement des COR et BAF pour quelques contaminants dans le foie

	COR valeur médiane(%) et (effectif)	BAF valeur médiane (effectif)	Espèce animale	Référence
arsenic		0,003	vache	(Calvert <i>et al.</i> , 1980).
cadmium		0,57 (14)	vache	(MacLachlan, 2011)
		0,80 (2)	chèvre	
fluor		0,003 (4)		
plomb	0,50			(Kan <i>et al.</i> , 2007)
mélamine		0,00517 (3)	bovins	(MacLachlan, 2011)

2.3.1.3. Choix des valeurs retenues et classification des contaminants

Les experts ont cherché à définir une équivalence entre les données COR et les BAF, afin d'harmoniser la bibliographie et de pouvoir retenir les mêmes règles de classification pour toutes les données. Les experts ont dans un premier temps fixé les seuils de COR comme suit :

	Transfert négligeable	Transfert faible	Transfert notable
COR (%)	< 1%	1 à 10 %	> 10%

D'après la définition du BAF, la règle de calcul suivante peut s'appliquer :

COR = taux de transfert de l'aliment vers le produit (%)

$$COR = \frac{S_{\text{excrété}}}{S_{\text{ingéré}}} \times 100$$
, avec $S_{\text{excrété}}$ et $S_{\text{ingéré}}$, les quantités de substance respectivement excrétée via le produit (œuf ou lait) (g/j) et ingérée à partir de l'aliment (g/j)

BAF = facteur de bioaccumulation dans le produit

$$BAF = \frac{C_{S,P}}{C_{S,A}}$$
, avec $C_{S,P}$ et $C_{S,A}$, les concentrations de la substance mesurées respectivement dans le produit (g/kg) et l'aliment (g/kg MS)

$$COR = \frac{C_{S,P} \times P}{C_{S,A} \times A} \times 100$$
, avec P et A, les quantités respectives de produit (kg/j) et d'aliment ingéré (kg MS/j)

On peut donc en déduire l'équation suivante :

$$BAF = \frac{COR}{100} \times \frac{A}{P}$$

Les hypothèses qui ont été retenues pour A et P sont présentées dans le Tableau 19.

Tableau 19: Hypothèses d'ingestion et de production selon les espèces

espèce	produit	A(kg MS/j)	P (kg/j)	A/P
vache	lait	15 ¹	20,0	0,75
chèvre	lait	2,20 ¹	2,50	0,88
poule	oeuf	0,0968 ²	0,0459 ³	2.1

¹ Tables INRA 2010

² pour un aliment à 12% d'humidité

³ œuf de 60 g pondu par jour, comprenant 10% de coquille

Ainsi, les BAF ont pu être calculés en fonction de la valeur des COR pour le lait et les œufs comme indiqué dans le Tableau 20 :

Tableau 20 : Calcul de BAF en fonction de COR selon les espèces

espèce	produit	COR (%)	BAF	COR (%)	BAF
vache	lait	1	0,0075	10	0,075
chèvre	lait	1	0,0088	10	0,088
poule	œuf	1	0,021	10	0,21

En arrondissant, les experts en ont déduit la relation suivante : **1% unité COR ~ 0,01 unité BAF**, comme présenté dans le Tableau 21.

Tableau 21 : Proposition de valeurs limites de BAF selon les produits

produit	COR (%)	BAF	COR (%)	BAF
lait	1	0,01	10	0,1
œuf	1	0,02	10	0,2

Les experts ont ensuite retenu dans le tableau de recensement la valeur de la médiane la plus élevée pour chaque contaminant, toutes espèces confondues.

En effet, d'après les valeurs recensées dans le tableau général les experts n'ont pas mis en évidence de capacités différentes à accumuler les substances entre les espèces animales.

La démarche de classification que les experts ont retenue pour toutes les denrées animales (lait, œufs, muscle, foie, graisse et poissons) est finalement la suivante : (Tableau 22).

Tableau 22 : Règle de classification des taux de transfert

	transfert négligeable	transfert faible	transfert notable
COR (%)	< 1%	1 à 10 %	>10%
BAF	< 0,01	0,01 à 0,1	> 0,1

Le Tableau 23 montre un exemple de classification des contaminants du transfert pour certaines mycotoxines.

Tableau 23 : Exemple de classification du transfert pour certaines mycotoxines

	aflatoxine B1	zéaralénone	alcaloïdes de l'ergot	toxine T2 et HT2	déoxynivalénol	ochratoxine A	fumonisine B1 et B2
œufs	négligeable	négligeable		négligeable	négligeable	négligeable	négligeable
lait	faible	négligeable		négligeable	négligeable	négligeable	négligeable
muscle	négligeable	faible		négligeable	négligeable	faible	négligeable
graisse	négligeable	négligeable		négligeable	négligeable	négligeable	négligeable
foie	négligeable	négligeable		négligeable	négligeable	négligeable	négligeable
poisson	négligeable	négligeable		négligeable	négligeable	négligeable	négligeable
autres		faible (rein)				faible (rein)	

Enfin, les experts ont classé d'une manière globale le contaminant en fonction des règles de décision suivantes (Tableau 24) :

Tableau 24 : Présentation des catégories et de leurs règles d'élaboration

catégorie	règle de décision
TRANSFERT NOTABLE	transfert globalement notables
TRANSFERT FAIBLE	transferts globalement faibles
TRANSFERT NÉGLIGEABLE	transferts globalement négligeables
HETEROGENE	Pas de majorité consensuelle si plus de 2 catégories différentes pour les dénrées
Manque de données	peu ou pas de données

Dans le cas d'un manque de données, la catégorie jugée prédominante est néanmoins indiquée à dire d'expert (entre parenthèses et en italique), lorsque cela est possible.

2.3.2. Application de la méthode

Les différents tableaux de recensement des études selon la méthodologie exposée dans le chapitre 2.3.1 sont présentés en annexe 5. Les tableaux de synthèse présentant le classement des molécules en fonction de leur niveau de transfert sont présentés ci-dessous.

2.3.2.1. Mycotoxines

Le classement des mycotoxines selon la méthodologie exposée au précédent chapitre est présenté dans le Tableau 25.

Tableau 25 : Classification du transfert pour les mycotoxines

	aflatoxine B1	zéaralénone	alcaloïdes de l'ergot	toxine T2 et HT2	déoxynivalénol	ochratoxine A	fumonisine B1 et B2
œufs	négligeable				négligeable	négligeable	négligeable
lait	faible	négligeable	négligeable		négligeable	négligeable	
muscle	négligeable	faible			négligeable	faible	négligeable
graisse	négligeable				négligeable		
foie	faible	faible			négligeable	faible	négligeable
poisson							
autres		faible (rein)			négligeable (rein)	faible (rein)	négligeable (rein)
classement	TRANSFERT NÉGLIGEABLE	TRANSFERT FAIBLE	(TRANSFERT NÉGLIGEABLE)	(TRANSFERT NÉGLIGEABLE)	TRANSFERT NÉGLIGEABLE	TRANSFERT FAIBLE	TRANSFERT NÉGLIGEABLE

Aucune donnée de transfert n'est disponible pour les toxines T2 et HT2. On peut cependant extrapoler à partir des données obtenues pour un autre trichothécène, le déoxynivalénol et supposer ainsi que le transfert des toxines T2 et HT2 devrait être négligeable.

En conclusion, le transfert des mycotoxines dans les produits animaux est faible (ochratoxine et zéaralénone) ou négligeable (aflatoxine B1, déoxynivalénol, fumonisines, toxines T2 et HT2 et alcaloïdes de l'ergot).

2.3.2.2. Mélatamine et ETM

Le classement de la mélatamine et des ETM selon la méthodologie exposée au précédent chapitre est présenté dans le Tableau 26.

Tableau 26 : Classification du transfert pour les ETM et la mélatamine

	mélatamine	plomb	mercure	cadmium	arsenic	fluor
œufs	faible	négligeable	notable	faible	négligeable	négligeable
lait	négligeable	négligeable	faible	notable	négligeable	négligeable
muscle	négligeable	négligeable	notable	faible	faible	faible
graisse		faible	faible		notable	
foie	négligeable	faible	notable	notable	faible	faible
poisson	faible	négligeable	notable	faible	faible	négligeable
autres	faible (rein)					
classement	TRANSFERT FAIBLE	TRANSFERT NÉGLIGEABLE	TRANSFERT NOTABLE	HETEROGENE	TRANSFERT FAIBLE	TRANSFERT NÉGLIGEABLE

A la suite d'une exposition par voie orale au mercure, le transfert de ce métal lourd est notable dans toutes les denrées alimentaires, à l'exception du lait. Les formes organiques du mercure très liposolubles, sont connues pour leur transfert dans les réseaux trophiques, chez les poissons, chez les mammifères et les volailles, surtout dans le foie, les reins, le jaune d'œuf et les muscles.

A l'inverse, à la suite d'une exposition par voie orale au plomb, le transfert de ce métal est négligeable dans les denrées alimentaires ; les denrées alimentaires pour lesquelles le transfert est le plus élevé sont le foie et la graisse. Ce transfert, un peu plus élevé dans le foie et la graisse, est dû à la liposolubilité des formes organiques du plomb et au caractère thioleprive du plomb.

Le transfert de la mélatamine ingérée après incorporation frauduleuse dans l'aliment est faible dans les denrées alimentaires ; les denrées alimentaires pour lesquelles le transfert est le plus élevé sont les reins (sites d'action toxique de la molécule), les œufs et le poisson. Le temps de demi-vie de la mélatamine chez les mammifères et les volailles est très bref, par exemple de l'ordre de 4 heures chez les porcs. Cela signifie que la mélatamine s'élimine très rapidement de l'organisme et n'a pas tendance à s'accumuler dans les tissus ; en 28 heures correspondant à 7 fois la demi-vie, 99 % de la mélatamine sont éliminés de l'organisme

L'exposition par voie orale au cadmium conduit à un transfert très hétérogène dans les denrées alimentaires : le cadmium est faiblement transféré dans les muscles des mammifères terrestres et des poissons ainsi que dans les œufs, et bien que la glande mammaire exerce un contrôle sur le transfert du cadmium, ce dernier présente un transfert notable dans le lait.

L'exposition par voie orale aux composés contenant de l'arsenic inorganique est globalement faible ; il est négligeable en particulier dans les productions exportées par l'animal (lait, œuf), et faible à notable dans les muscles et le tissu adipeux.

Le fluor, ingéré principalement *via* l'eau de boisson, présente des taux de transfert négligeables dans la majorité des denrées, à l'exception du foie pour lequel ce transfert est faible.

2.3.2.3. Dioxines, PCB et HAP

Le classement des dioxines et HAP selon la méthodologie exposée au précédent chapitre est présenté dans le Tableau 27.

Tableau 27 : Classification du transfert pour les dioxines, PCB et HAP

	HAP	PCB-DL	dioxines		PCB-NDL
	benzo(a)pyrène	comportement majoritaire des 12 congénères	dioxines TCDD	dioxines HpCDF	comportement majoritaire des 6 congénères
œufs		notable	notable	notable	notable
lait		notable	notable	notable	notable
muscle		notable	notable	notable	notable
graisse		notable	notable	notable	notable
foie		notable	notable	notable	notable
poisson	négligeable	notable	notable	notable	
autres					
classement	TRANSFERT NÉGLIGEABLE	TRANSFERT NOTABLE	TRANSFERT NOTABLE	TRANSFERT NOTABLE	TRANSFERT NOTABLE

Les HAP sont fortement métabolisés (dégradés) dans le foie ; leur transfert est ainsi considéré comme négligeable par les experts dans les œufs, le lait et la chair de poissons . Même si le transfert des HAP légers ayant 2 ou 3 cycles peut parfois atteindre 1 ou 2%, la molécule de référence toxique (le benzo[a]pyrène) est transférée avec un taux inférieur à 0,1% et elle est souvent non décelable dans les denrées animales. Les travaux sur ces métabolites sont encore lacunaires mais leur transfert semble très faible.

En revanche, les dioxines et PCB (DL ou NDL) sont transférés de manière notable dans toutes les denrées animales où s'accumulent dans les fractions lipidiques des tissus dès que l'animal y est exposé. Ainsi, l'accumulation dépend du taux de lipides du tissu.

2.3.2.4. Composés organochlorés (autres que les dioxines et les PCB)

Le classement des composés organochlorés (autres que les dioxines et PCB) selon la méthodologie exposée au précédent chapitre est présenté dans le Tableau 28.

Tableau 28 : Classification du transfert pour les composés organochlorés (autres que les dioxines et les PCB)

	dieldrine	chlordane	HCH -gamma	endrine	DDT, DDE, DDD	HCB	toxaphène	endosulfan	heptachlore	aldrine
œufs	notable		notable		faible	faible	notable	négligeable	notable	
lait	notable	négligeable	faible	notable	notable	notable	négligeable	faible	notable	
muscle	notable	notable	faible à notable	faible	faible	notable	faible	négligeable		notable
graisse	notable		notable		notable	notable	notable	faible	notable	
foie	notable		faible à notable			notable		notable		
poisson	notable	notable	notable		notable	notable	notable	négligeable	notable	
classement	TRANSFERT NOTABLE	Manque de données	NOTABLE	(TRANSFERT FAIBLE)	TRANSFERT NOTABLE	TRANSFERT NOTABLE	TRANSFERT NOTABLE	HETEROGENE	TRANSFERT NOTABLE	(TRANSFERT NOTABLE)

Les insecticides et fongicides organochlorés analysés ici sont des composés stables à très stables, très peu hydrosolubles et classés polluants organiques persistants (POP).

L'analyse globale du transfert de ces composés organochlorés dans les différents compartiments retenus par les experts est délicate car comme le montre le tableau 28, plusieurs données n'ont pas été trouvées et, pour plusieurs composés, l'importance du transfert varie en fonction du compartiment. En dépit de ces limites, le transfert se révèle notable pour l'aldrine (données concernant seulement le compartiment muscle) et le dieldrine (données concernant 5 compartiments : œufs, lait, foie, graisse et poissons). Concernant l'ensemble des composés pour lesquels on dispose d'un résultat, le transfert est notable pour le compartiment foie et, à l'exception de l'endosulfan, pour les compartiments graisses et poissons.

Pour les autres compartiments, l'importance du transfert est variable, mais il reste notable :

- dans les œufs pour le dieldrine, l'heptachlore, le lindane (HCH gamma) et le toxaphène,
- dans le lait pour le DDT, l'aldrine, le dieldrine et l'hexachlorobenzène,
- dans le muscle pour l'aldrine, le chlordane, l'heptachlore, le lindane (HCH gamma) et l'hexachlorobenzène (HCB).

L'endosulfan se démarque des autres composés retenus car son transfert varie de négligeable à faible sauf pour le compartiment foie (transfert notable).

2.3.2.5. Retardateurs de flamme bromés

Le classement des retardateurs de flamme bromés selon la méthodologie exposée au précédent chapitre est présenté dans le Tableau 29.

Tableau 29 : Classification du transfert pour les composés bromés

	HBCDD (isomère alpha)	TBBPA	PBDE	PBB
œufs	notable		faible	notable
Lait			notable	notable
muscle	notable		notable	faible
graisse	notable		notable	notable
Foie	notable		notable	notable
poisson	notable	négligeable	notable	
classement	TRANSFERT NOTABLE	(TRANSFERT NÉGLIGEABLE)	TRANSFERT NOTABLE	TRANSFERT NOTABLE

Les retardateurs de flamme bromés sont des substances lipophiles dont l'accumulation dans les tissus animaux est notable.

Concernant le TBBPA aucune étude permettant de quantifier son facteur de bioaccumulation dans les tissus d'animaux d'élevage n'a été retrouvée. Cependant, en raison de sa métabolisation rapide et de l'élimination de ses métabolites principalement *via* la bile les monographies portant sur ce composé et des molécules voisines s'accordent toutes pour affirmer que son accumulation est négligeable dans les tissus d'animaux exposés par voie orale, (Environment Canada *et al.*, 2013).

2.3.2.6. Impuretés botaniques et toxines endogènes

Les toxines endogènes de plantes entrant dans la composition des aliments pour animaux ou qui sont présentes en tant qu'impuretés botaniques dans ces matières premières sont toxiques pour l'animal. Ceci explique que leur teneur dans les aliments doit être limitée, pour minimiser les effets toxiques chez l'animal, et contrôlée, pour garantir, dans un cadre loyal et marchand, une innocuité des fourrages commercialisés. Les résidus éventuels dans les produits animaux sont a priori très faibles et le risque pour l'Homme est considéré comme négligeable ; les résidus n'ont donc d'une manière générale pas été recherchés et quand, exceptionnellement, ils ont pu l'être dans le lait (Lindsey *et al.*, 1980) ou le muscle (Viana *et al.*, 2014) pour le gossypol ou dans le lait chez la femme consommant du chocolat contenant une quantité appréciable (240 mg) de théobromine (Resman *et al.*, 1977), la détection du gossypol reste en deçà des limites analytiques de détection et la concentration en théobromine se situe entre 4 et 8 ppb. Ceci explique qu'aucune donnée de transfert relative aux toxines endogènes des plantes n'est disponible.

2.3.3. Conclusion

En conclusion, ce chapitre a évalué le transfert des contaminants chimiques dans les denrées d'origine animale. Les principales conclusions pour les molécules parentes sont les suivantes :

- Les mycotoxines présentent un transfert faible à négligeable ;
- Le transfert des métaux dans les produits animaux est faible (lait) à négligeable sauf pour le mercure où l'on note un transfert notable. Les données obtenues pour le cadmium sont hétérogènes ;
- Les polluants organochlorés (dioxines, PCB et insecticides) et organobromés montrent globalement un transfert notable ;
- Le transfert des HAP dans les denrées d'origine animale est négligeable ;
- Aucune donnée de transfert relative aux toxines endogènes des plantes n'est disponible.

2.4. Conclusions du CES ALAN et du groupe de travail

Cette saisine visait à établir une méthode de classification des dangers chimiques pour l'animal, l'environnement et l'Homme et à appliquer cette méthode pour les contaminants chimiques en alimentation animale. Les dangers chimiques qui ont été pris en considération sont les mycotoxines (aflatoxine B1, zéaralénone, fumonisines B1 et B2, ochratoxine A, déoxynivalénol, toxines T2 et HT2 et alcaloïdes de l'ergot), les contaminants inorganiques et composés azotés (plomb, cadmium, mercure, fluor, arsenic et mélamine), les composés organochlorés (HAP, Dioxines et PCB-DL, PCB-NDL), les composés organochlorés autres que les dioxines et les PCB (insecticides ou fongicide), les retardateurs de flamme bromés (HBCDD, TBBPA, PBDE, PBB), les impuretés botaniques et les toxines endogènes des plantes (gossypol, théobromine, VTO/ITC/IATC et glucosinolates, alcaloïdes tropaniques, ambroisie).

Pour chacun de ces contaminants les effets pour la santé animale et pour l'environnement ont été évalués de façon semi-quantitative. Les effets sur la santé humaine n'ont été abordés qu'au travers du transfert des contaminants dans les denrées animales destinés à l'alimentation humaine.

Les effets pour la santé animale ont été répertoriés pour différentes espèces : le porc, les différentes espèces de ruminants, les volailles, les différentes espèces de poissons, les lapins, les chevaux, les carnivores domestiques (chiens, chats). Les rongeurs ont été inclus à titre de comparaison. Pour chaque espèce, les contaminants ont été classés en fonction des LOAELs concernant les effets reprotoxiques, les effets sur les fonctions physiologiques et les effets sur les performances.

Les contaminants étudiés constituent un danger pour l'environnement, que l'on prenne en compte ou non l'alimentation animale. Si les animaux ne métabolisent pas ces contaminants, les aliments constituent des vecteurs de ces contaminants *via* les animaux, qui peuvent éventuellement en modifier la répartition spatiale. Dans ce contexte, seul les métaux lourds et métalloïdes ont été évalués pour leurs effets sur l'environnement. En effet, ils sont naturellement présents dans certaines matières premières introduites dans les aliments pour animaux et leur usage peut conduire à l'enrichissement de l'environnement via les déjections animales. Les effets des métaux sur l'environnement ont été classés en fonction des PNECs de ces contaminants pour les eaux (douces et marines), les sédiments et le compartiment terrestre.

Vis-à-vis des effets sur la santé humaine, seul le transfert apparent des contaminants dans les denrées animales a été hiérarchisé. Le transfert des contaminants a été analysé en se fondant sur le taux de transfert ou « carry-over rate » (COR) ou le facteur de bioaccumulation (BAF) dans différentes matrices (lait, œufs, muscles, foie, graisse et poissons) et en harmonisant ces 2 critères pour avoir une base commune de hiérarchisation.


En matière d'environnement et de transfert dans les denrées, dans la plupart des cas, seules les molécules parentes ont été envisagées.

Le tableau 30 résume la classification des différents contaminants pour la santé animale, l'environnement et le transfert.

L'Anses rappelle cependant que cette classification ne caractérise que le danger intrinsèque du contaminant et que pour évaluer le risque lié à une contamination éventuelle de l'aliment, c'est la concentration du contaminant dans l'aliment (exposition) qui permettra de conclure.

Tableau 30 : Tableau de synthèse des classes de danger pour les différents contaminants

	Classification du danger pour la santé animale via l'alimentation animale	Classification du danger pour l'environnement via l'alimentation animale	Classification du transfert dans les denrées animales via l'alimentation animale
aflatoxine B1	ÉLEVÉ	MINIME	NÉGLIGEABLE
zéaralénone	ÉLEVÉ	MINIME	FAIBLE
alcaloïde de l'ergot	ÉLEVÉ	MINIME	(NÉGLIGEABLE)
Toxine T2 et HT2	ÉLEVÉ	MINIME	(NÉGLIGEABLE)
déoxynivalénol	ÉLEVÉ	MINIME	NÉGLIGEABLE
ochratoxine A	ÉLEVÉ	MINIME	FAIBLE
fumonisine B1 et B2	MOYEN	MINIME	NÉGLIGEABLE
mélamine	MINIME		FAIBLE
plomb	ÉLEVÉ	MOYEN	NÉGLIGEABLE
mercure	ÉLEVÉ	MOYEN à ÉLEVÉ	NOTABLE
cadmium	ÉLEVÉ	MOYEN	HETEROGENE
arsenic	MOYEN	MOYEN	FAIBLE
fluor	HETEROGENE	MOYEN	NÉGLIGEABLE
HAP	(MOYEN)	MINIME	NÉGLIGEABLE
dioxines et PCB-DL	ÉLEVÉ	MINIME	NOTABLE
PCB-NDL	(ÉLEVÉ)	MINIME	NOTABLE
toxaphène	ÉLEVÉ	MINIME	NOTABLE
endosulfan	MOYEN	MINIME	HETEROGENE
heptachlore	MOYEN	MINIME	NOTABLE
aldrine	ÉLEVÉ	MINIME	NOTABLE
dieldrine	ÉLEVÉ	MINIME	NOTABLE
chlordane	(ÉLEVÉ)	MINIME	manque de données
hexachlorocyclohexane	(ÉLEVÉ)	MINIME	manque de données
hexachlorocyclohexane gamma	ÉLEVÉ	MINIME	NOTABLE
endrine	(ÉLEVÉ)	MINIME	(FAIBLE)
DDT, DDE, DDD	HETEROGENE	MINIME	NOTABLE
HCB	HETEROGENE	MINIME	NOTABLE
HBCDD	manque de données	MINIME	NOTABLE
TBBPA	(MINIME)	MINIME	(NÉGLIGEABLE)
PBDE	manque de données	MINIME	NOTABLE
PBB	MOYEN	MINIME	NOTABLE
gossypol	MOYEN	MINIME	NÉGLIGEABLE
théobromine	FAIBLE	MINIME	NÉGLIGEABLE
VTO/ITC/AITC/glucosinolates	HETEROGENE	MINIME	NÉGLIGEABLE
alcaloïdes tropaniques	ÉLEVÉ	MINIME	NÉGLIGEABLE
ambroisie		MINIME	NÉGLIGEABLE

 Sans objet

Les mycotoxines représentent un danger élevé pour la santé animale, sauf les fumonisines pour lesquelles le danger est qualifié de moyen. Ces toxines étant le plus souvent métabolisées par l'animal ; leurs effets sur l'environnement ont été jugés négligeables dans le contexte de l'alimentation animale. Le transfert des mycotoxines dans les matrices animales est faible

(Zéaralénone, Ochratoxine A) à négligeable (aflatoxine B1, fumonisines B1 et B2, déoxynivalénol, toxines T2 et HT2, et alcaloïdes de l'ergot).

La **mélamine** est peu toxique pour les animaux. Son transfert dans les produits animaux est négligeable.

Pour la santé animale, **les éléments traces métalliques** représentent un danger élevé ou moyen. Ces contaminants représentent un danger moyen pour l'environnement, à l'exception du mercure sous ses formes organiques pour lequel le danger pour l'environnement est élevé. Le transfert du mercure dans les matrices animales est notable, celui de l'arsenic est faible, celui du plomb et du fluor négligeable. Le transfert du cadmium est très hétérogène selon les matrices.

Les **dioxines** et les PCB (**PCB-DL et PCB-NDL**) présentent un danger élevé pour la santé animale. Le transfert de ces contaminants dans les matrices animales est notable. En revanche, les **HAP** présentent un danger faible en santé animale et leur transfert dans les produits animaux est négligeable. La présence de ces différents contaminants dans les aliments est observé à un niveau de concentration qui est, sauf accident, le reflet de la contamination générale de l'environnement. Le retour de ces contaminants à l'environnement *via* les déjections animales ne contribue donc pas à son enrichissement.

Les insecticides et fongicides organochlorés présentent un danger élevé pour la santé animale, sauf l'endosulfan et l'heptachlore qui présentent un danger moyen. Les données recueillies pour le DDT, DDE, DDD et HCB sont très hétérogènes selon les espèces animales considérées. Le retour de ces contaminants à l'environnement *via* les déjections animales ne contribue donc pas à son enrichissement.

Très peu de données existent sur les dangers pour l'animal des **retardateurs de flamme bromés** (HBCDD, TBBPA, PBDE, PBB). Le PBB représente un danger moyen. Le transfert de ces contaminants dans les matrices animales est notable sauf pour le TBBPA dont le transfert est négligeable.

Le danger pour la santé animale des **toxines endogènes de plantes et des impuretés botaniques** est très variable. Les alcaloïdes tropaniques représentent un danger élevé, le gossypol un danger moyen et la théobromine un danger faible. La toxicité des glucosinolates et de leurs produits d'hydrolyse est variable selon les espèces animales. Ces contaminants étant le plus souvent métabolisés par l'animal; le transfert des molécules parentes vers l'environnement a été jugé sans objet dans le contexte de l'alimentation animale. On estime que les résidus éventuels de ces contaminants dans les produits animaux sont très faibles.

Une mention spéciale pour l'ambrosie qui est une adventice dont le pollen provoque des allergies respiratoires sévères chez l'homme et dont la capacité de colonisation d'aires indemnes est importante. Sa réglementation vise à limiter la propagation possible des graines non transformées qui sont distribuées principalement en oisellerie. L'épandage des déjections des animaux de production qui en auraient consommé, essentiellement sous forme transformée dans les aliments, est peu susceptible de contribuer à une dissémination significative des graines.

3. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions du CES Alimentation animale relatives à la hiérarchisation des dangers chimiques en alimentation animale.

Dr Roger GENET

Mots clés

Contaminants chimiques, alimentation animale, danger, santé animale, environnement, transfert, hiérarchisation

Chemical contaminants, animal feed, danger, animal health, environment, transfer, prioritization

BIBLIOGRAPHIE

- AFSSA. 2009. "Evaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaines et animales."
- Ahlin, K.A., M. Emanuelson, et H. Wiktorson. 1994. "Rapeseed products from double-low cultivars as feed for dairy cows: effects of long term feeding on thyroid function, fertility and animal health." *Acta Veterinaria Scandinavia* 35: 37-53.
- Alexander, David E. 1999. "Bioaccumulation, bioconcentration, biomagnification." In *Environmental Geology*, 43-44. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Anhamai., et Steel. 1972. *New Zealand Journal of Agriculture Research* 15: 482-488.
- Anses. 2012. "avis de l'Anses du 25 octobre 2012 relatif aux « plans de surveillance et de contrôle en alimentation animale »."
- Aregheore, E.M. 2002. "Chemical evaluation and digestibility of cocoa (Theobroma cacao) byproducts fed to goats." *Tropical Animal Health and Production* 34:339-348.
- Arnoldsson, K., A. Norman Halden, J.L. Norrgren, et P. Haglund. 2012. "Retention and maternal transfer of environmentally relevant polybrominated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, and polychlorinated biphenyls in Zebrafish (Danio Rerio) after dietary exposure." *Environmental Toxicology and Chemistry* 31:804-812.

- Arshami, J., et J.L. Ruttle. 1988. "Effects of diets containing gossypol on spermatogenic tissues of young bulls." *Theriogenology* 30:507-516.
- ASTDR. 1994. "Toxicological Profile for Chlordan."
- ASTDR. 1996. "Toxicological Profile for Endrin."
- ASTDR. 2002a. "Toxicological Profile for aldrine."
- ASTDR. 2002b. "Toxicological Profile for DDT, DDE and DDD."
- ASTDR. 2002c. "Toxicological Profile for dieldrin."
- ASTDR. 2005. "Toxicological Profile for Alpha-, Beta-, Gamma- and Delta-Hexachlorocyclohexane."
- ASTDR. 2015. "Toxicological Profile for HCB."
- ATDSR. 2015a. "Toxicological profile for polybromodiphenyl ethers (PBDEs)." *Draft for public comment:588.*
- ATDSR. 2015b. "Toxicological profile for polybromodiphenyl ethers (PBDEs)"
" *Draft for public comment:588.*
- ATSDR. 2007. "Toxicological Profile For Heptachlor and Hpetachlor Epoxide."
- ATSDR. 2014. "Toxicological profil toxaphene."
- ATSDR. 2015. "Toxicological profil endosulfan."
- Babish, J.G., W.H. Gutenmann, et G.S. Stoewsand. 1975. "Polybrominated biphenyls: tissue distribution and effect on hepatic microsomal enzymes in Japanese quail." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 23:879-882.
- Bargar. 2001. *Environmental Toxicology and Chemistry* 20:61 - 67.
- Beccari, E. 1936. "Massen-Vergiftung durch Theobromin-Derivate." *Fühner-Wielands Sammlung von Vergiftungsfällen* 7:77.
- Berntsson, M.H.G., A. Maage, K. Julshamn, B.E. Oeye, et A.K. Lundebye. 2016. "Carry-over of dietary organochlorine pesticides, PCDD/Fs, PCBs, and brominated flame retardants to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) filets." *Chemosphere* 83:95-103.
- Bird, F.H., C.B. Chawan, et R.W. Gerry. 1978. "Response of broiler chickens to low level intake of polychlorinated biphenyl isomers." *Poultry Science* 57:538-541.
- Blom, J.H., K.J. Lee, J. Rinchar, K. Dabrowski, et J. Ottobre. 2001. "Reproductive efficiency and maternal-offspring transfer of gossypol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing cottonseed meal." *J Anim. Sci.* 79:1533-1539.
- Bouchard, R.E., M.E. Welborn, L.G. Hansen, R.P. Link, et R.H. Tenske. 1976. "Apparent pharmacokinetics of PCB components in growing pigs and lambs when fed a ration containing Aroclor 1254." *Archives of Environmental Contaminants* 4:226-245.
- Bowland, J.P. 1975. " Evaluation of low glucosinolate-low erucic acid rapeseed meal as the protein supplement for young growing pigs, including effects on blood serum constituents." *Can J Anim Sci* 55:409-416.
- Britton, W.M., et T.M. Huston. 1973. " Influence of polychlorinated biphenyls in laying hens." *Poultry Science* 52:1620-1624.
- Bucher, E., et L. Meszaros. 1989. "Stechapfelsamen (*Datura spec.*) und deren Alkaloide in Futtermitteln." *Kraftfutter* 3:76-82.
- Burel, C., T. Boujard, A.M. Escaffre, S.J. Kaushik, G. Boeuf, K.A. Mol, G.S. Van der, et E.R. Kuhn. 2000. "Dietary low-glucosinolate rapeseed meal affects thyroid status and nutrient utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)." *Br J Nutr* 83:653-664.
- Byron, B.W. , G.W. Bierbower, J.B. Brouwer, et W.H. Hansen. 1967. "Pathologic changes in rats and dogs from two-year feeding of sodium arsenite or sodium arsenate." *Toxicology and Applied Pharmacology* 10:132-147.
- Calvert, C.C., et L.W. Smith. 1980. "Arsenic in tissues of sheep and milk of dairy cows fed arsanilic acid and 3-nitro-4-hydroxyphenylarsonic acid." *J Anim Sci* 51:414-421.
- Choi, A.L., G. Sun, Y. Zhang, et P. Grandjean. 2012. " Developmental Fluoride Neurotoxicity: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Environ Health Perspect* 120:1362-1368.
- Ciardullo, S., F. Aureli, E. Coni, E. Guandalini, F. Iosi, A. Raggi, G. Rufo, et F. Cubadda. 2008. "Bioaccumulation potential of dietary arsenic, cadmium, lead, mercury, and selenium in organs and

- tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as a function of fish growth." *J Agric Food Chem* 56:2442-51.
- Clark. 1966. "EFSA provisional statement on a request from the European Commission related to melamine and structurally related compounds such as cyanuric acid in protein-rich ingredients used for food and feed." *cité dans : Efsa Journal, 2007;5(6):1047.*
- Clawson, A.J., et F.H. Smith. 1966. "Effect of dietary iron on gossypol toxicity and on residues of gossypol in porcine liver." *J. Nutr.* 89:307-310.
- Costera, A., C. Feidt, Ph. Marchand, B. Le Bizec, et G. Rychen. 2006. "PCDD/F and PCB transfer to milk in goats exposed to a long-term intake of contaminated hay." *Chemosphere* 64: 650-657.
- Day, E.J., et B.C. Dilworth. 1984. "Toxicity of jimson weed seed and cocoashell meal to broilers." *Poultry Science* 63:466-468.
- De Vos, S., D. Verschueren, et R. de Schrijver. 2005. "Digestibility, retention and incorporation of low-level dietary PCB contents in laying hens." *Chemosphere* 58:1553-1562.
- Desheng, Q., et Z. Niya. 2006. "Effect of Arsanilic Acid on Performance and Residual of Arsenic in Tissue of Japanese Laying Quail." *Poultry Science* 85:2097-2100.
- Ding, X.M., K.Y. Zhang, L. Wang, et S.P. Bai. 2012. "Toxicity of melamine and cyanuric acid in broilers and residues in tissues." *Human & Experimental Toxicology* 31:174-184.
- Dominguez-Romero, E., R. Cariou, E. Omer, P. Marchand, G. Dervilly-Pinel, B. Le Bizec, A. Travel, et C. Jondreville. 2016. "Tissue Distribution and Transfer to Eggs of Ingested α -Hexabromocyclododecane (α -HBCDD) in Laying Hens (*Gallus domesticus*)." *J. Agric. Food Chem* 64:2112-2119.
- EFSA. 2004a. "Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in Food Chain on a request from the Commission related to ochratoxin A (OTA) as undesirable substance in animal feed." *Efsa Journal* 101:1-36.
- EFSA. 2004b. "Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to cadmium as undesirable substance in animal feed." *The EFSA Journal* 72:1-24.
- EFSA. 2004c. "Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Fluorine as undesirable substance in animal feed." *The EFSA Journal* 100:1-22.
- EFSA. 2004d. "Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to lead as undesirable substance in animal feed." *Efsa Journal* 71:1-20.
- EFSA. 2005a. "Aldrine." *The EFSA Journal* 285:1 - 43.
- EFSA. 2005b. "Dieldrine." *The EFSA Journal* 285:1 - 43.
- EFSA. 2005c. "Endosulfan." *The EFSA Journal* 234:1 -31.
- EFSA. 2005d. "hexachlorocyclohexane." *The EFSA journal* 250:1 - 39.
- EFSA. 2005e. "Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in Food Chain on a request from the Commission related to ergot as undesirable substance in animal feed." *EFSA Journal* 225:1 - 27.
- EFSA. 2005f. "Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in Food Chain on a request from the Commission related to fumonisins as undesirable substances in animal feed." *EFSA Journal* 235:1 - 32.
- EFSA. 2005g. "Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the food chain on a request from the Commission related to Arsenic as undesirable substance in animal feed." *EFSA Journal* 180:1-35.
- EFSA. 2005h. "Toxaphène." *The EFSA Journal* 179:1 - 39.
- EFSA. 2006a. "DDT." *The EFSA Journal*:1 - 69.
- EFSA. 2006b. "HCB." *The EFSA Journal* 402:1 - 49.
- EFSA. 2007a. "Chlordane." *The EFSA Journal* 582: 1 - 53.
- EFSA. 2007b. "Heptachlore." *The EFSA Journal* 478: 1 - 48.
- EFSA. 2008a. "Gossypol as undesirable substance in animal feed Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain." *EFSA J* 908:1-55.
- EFSA. 2008b. "Mercury as undesirable substance in animal feed." *Efsa Journal* 654:1-76.

- EFSA. 2008c. "Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain." *The EFSA Journal* 724:1-114.
- EFSA. 2008d. "Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Tropane alkaloids (from *Datura* sp.) as undesirable substances in animal feed." *The EFSA Journal* 691: 1-55.
- EFSA. 2008e. "Theobromine as undesirable substances in animal feed Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain." *EFSA J*, 725:1-66.
- EFSA. 2009. "Scientific opinion on Arsenic in Food." *EFSA Journal* 7:1351.
- EFSA. 2010a. "Scientific Opinion on Lead in Food." *Efsa Journal* 8:1570.
- EFSA. 2010b. "Scientific Opinion on Polybrominated Biphenyls (PBBs) in Food." *EFSA Journal* 8:1-151.
- EFSA. 2010c. "Scientific Opinion on Polybrominated Biphenyls (PBBs) in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)." *EFSA Journal* 8 (10):1789, 1-151.
- EFSA. 2010d. "Selected trace and ultratrace elements: Biological role, content in feed and requirements in animal nutrition – Elements for risk assessment
" *TECHNICAL REPORT submitted to EFSA - Laboratory of Animal Nutrition and Animal Product Quality. Faculty of Bioscience Engineering. Laboratory of Animal Nutrition. Faculty of Veterinary Medicine. Ghent University.*
- EFSA. 2011a. "Scientific Opinion on risks for animal and public health related to the presence of T-2 and HT-2 toxin in food and feed." *EFSA Journal. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)* 9 (12):2481.
- EFSA. 2011b. "Scientific Opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food." *EFSA Journal-Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)* 9:2197.
- EFSA. 2012a. "Cadmium dietary exposure in the European population." *EFSA Journal* 10:2551.
- EFSA. 2012b. "Guidance for the preparation of dossiers for sensory additive. Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP)." *EFSA Journal* 10 (1):2534.
- EFSA. 2012c. "Scientific Opinion on Ergot alkaloids in food and feed." *EFSA Journal, Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)* 10:2798.
- EFSA. 2012d. "Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food." *Efsa Journal* 10 (12):2985.
- Environment Canada, et Health Canada. 2013. "Screening Assessment Report on TBBPA, TBBPA bis(allyl ether) and TBBPA bis(2-hydroxyethyl ether)." *ISBN: 978-1-100-22898-3*: 178.
- EPA. 2011. "Design for the Environment Program Alternatives Assessment Criteria for Hazard Evaluation."
- EPA. 2014a. "An alternatives assessment for the flame retardant decabromodiphenyl ether (decaBDE)." 901.
- EPA. 2014b. "Flame retardant alternatives for hexabromocyclododecane (HBCD)." *EPA Publication 740R14001*:230.
- EPA. 2015. "Flame retardants in printed circuit boards." *EPA Publication*:720.
- Fagbenro, O.A. 1988. "Evaluation of defatted cocoa cake as a direct feed to the monosex culture of *Tilapia guineensis* (pisces: cichiladae)." *Aquaculture* 73:201-206.
- Feil, V.J., J.K. Huwe, R.G. Zaylskie, K.L. Davison, V.L. Anderson, M. Marchello, et T.O. Tiernan. 2000. "Chlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran concentrations in beef animals from a feeding study." *J. Agric. Food Chem* 48:6163-6173.
- Fernie, K.J., S.C. Martinson, D.M. Bird, I.J. Ritchie, et R.J. Letcher. 2011. "Reproductive Changes in American Kestrels (*Falco sparverius*) in Relation to Exposure to Technical Hexabromocyclododecane Flame Retardant." *Environmental Toxicology and Chemistry* 30:2570-2575.
- Fombad, R.B., et M.J. Bryant. 2004. "An evaluation of the use of cottonseed cake in the diet of growing pigs." *Trop. Anim. Health Prod.* 36:295-305.
- Fournier, A., C. Feidt, P. Marchand, A. Venisseau, B. Le Bizec, N. Sellier, E. Engel, J. Ratel, A. Travel, et C. Jondreville. 2012. "Kinetic study of g-hexabromocyclododecane orally given to laying hens (*Gallus domesticus*)." *Environ Sci Pollut Res* 19:440-447.
- Frederick, R.B. 1976. "Effects of lead nitrate ingestion on open-field behavior of mallard ducklings." *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 16:739-742.

- Fries, G.F., R.J. Lillie, H.C. Cecil, et J. Bitman. 1977. "Retention and excretion of polybrominated biphenyl residues by laying hens." *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology* 15:278-282.
- Fries, G.F., et G.S. Marrow. 1975. "Excretion of Polybrominated Biphenyls Into the Milk of Cows." *Journal of Dairy Science* 58:947-951.
- Fujii, T., et H. Nishimura. 1973. "Fetal hypoproteinemia associated with generalized edema caused by administration of methyl xanthines to the rat during late pregnancy." *Japan J. Pharmacol.* 23:894-896.
- Funabashi, H., M. Fujioka, M. Kohchi, Y. Tateishi, et N. Matsuoka. 2000. "Collaborative work to evaluate toxicity on male reproductive organs by repeated dose studies in rats. 2) Effects of 2- and 4-week administration of theobromine on the testis." *J. Tox. Sci.*, 25:211221.
- Gamboa, D.A., M.C. Calhoun, S.W. Kuhlmann, A.U. Haq, et C.A. Bailey. 2001. "Tissue distribution of gossypol enantiomers in broilers fed various cottonseed meals." *J. Poultry Sci.* 80.
- Gans, J.H. 1982. "Dietary influences on theobromine-induced toxicity in rats." *Toxicology and Applied Pharmacology* 63:312-320.
- Gans, J.H. 1984. "Comparative toxicities of dietary caffeine and theobromine in the rat." *Food and Chemical Toxicology* 22:365-369.
- Gans, J.H., R. Korson, M.R. Cater, et C.C. Ackerly. 1980. "Effects of short-term and long-term theobromine administration to male dogs." *Toxicology and Applied Pharmacology* 53:481-496.
- Gonzalez-Doncel, M., G. Carbonell, J.E. Garcia-Maurino, S. Sastre, E.M. Beltran, et C. Fernandez Torija. 2016. "Effects of dietary 2,2', 4,4'-tetrabromodiphenyl ether (BDE-47) exposure in growing medaka fish (*Oryzias latipes*)." *Aquatic Toxicology* 178:141-152.
- Guillard, M. 2014. "Mise en place d'une méthodologie d'identification et d'évaluation des contaminants chimiques à risque pour les filières animales." *Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'AGROPARISTECH.*
- Hansen, L.G., P.D. Beamer, D.W. Wilson, et R.L. Metcalf. 1976. "Effects of feeding polychlorinated biphenyls to broiler cockerels in three dietary regimes." *Poult Sci* 55:1084-1088.
- Hansen, L.G., L.G.M.T. Tuinstra, C.A. Kan, J.J.T.W.A. Strik, et J.H. Koeman. 1983. "Accumulation of chlorobiphenyls in chicken fat and liver after feeding Aroclor 1254 directly or fat from swine fed Aroclor 1254." *J. Agric. Food Chem* 31:254-260.
- Hansen, L.G., D.W. Wilson, et C.S. Byerly. 1976. "Effects on growing swine and sheep of two polychlorinated biphenyls." *American Journal of Veterinary Research* 37:1021-1024.
- Harris, S.J., H.C. Cecil, J. Bitman, et R.J. Lillie. 1976. "Antibody response and reduction in Bursa of Fabricius and spleen weights of progeny of chickens fed PCBs." *Poult Sci.* 55:1933-1940.
- Henry, M.H., G.M. Pesti, et T.P. Brown. 2001. "Pathology and histopathology of gossypol toxicity in broiler chicks." *Avian Dis* 45:598-604.
- Hoogenboom, L.A.P., C.A. Kan, T.F.H. Bovee, G. van der Weg, C. Onstenk, et W.A. Traag. 2004. "Residues of dioxins and PCBs in fat of growing pigs and broilers fed contaminated feed." *Chemosphere* 57:35-42.
- Huwe, J.K., et D.J. Smith. 2005. "Laboratory and on-farm studies on the bioaccumulation and elimination of dioxins from a contaminated mineral supplement fed to dairy cows." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:2362-2370.
- Iben, C., J. Böhm, H. Tausch, J. Leibetsede, et W. Luf. 2003. "Dioxin residues in the edible tissue of broiler chicken." *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 87:142-149.
- Indraningsih, C., C.S. McSweeney, et P.W. Ladds. 1993. "Residues of endosulfan in the tissues of lactating goats." *Aust Vet J* 70:59-62.
- JECFA. "ZEARALENONE, SAFETY EVALUATION OF CERTAIN FOOD ADDITIVES AND CONTAMINANT." *WHO FOOD ADDITIVES SERIES: 44 Prepared by the Fifty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.*
- Jondreville, C., A. Travel, B. Méda, E. Dominguez-Romero, G. Dervilly-Pinel, B. Le Bizec, R. Cariou, et E. Baéza. 2017. "Accumulation d'a-hexabromocyclododecane (a-HBCD) dans les tissus de poulets à croissance rapide ou lente." *12ème JRA-JPFG, Tours 4-5 avril 2017*
- Kan, C.A., et G.A.L. Meijer. 2007. "The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed." *Animal Feed Science and Technology* 133:84-108.

- Kåre Julshamn, K., M.K. Malde, K. Bjorvatn, et P. Krogedal. 2004. "Fluoride retention of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed krill meal." *Aquaculture nutrition*, 10:9-13.
- Kelly, W. R., et M. B. Lambert. 1978. "The use of cocoa-bean meal in the diets of horses: Pharmacology and pharmacokinetics of theobromine." *Br. Vet. J.* 134: 171-180.
- Khan, Z.A., et P. Thomas. 2004. "Aroclor 1254 inhibits tryptophan hydroxylase activity in rat brain." *Archives of Toxicology* 78:3156-320.
- Kierkegaard, A., L. Asplund, C.A. De Wit, M.S. McLachlan, G.O. Thomas, A.J. Sweetman, et K.C. Jones. 2007. "Fate of higher brominated PBDEs in lactating cows." *Environmental Science and Technology* 41:417-423.
- Kierkegaard, A., C.A.d. Wit, L. Asplund, M.S. McLachlan, G.O. Thomas, A.J. Sweetman, et K.C. Jones. 2009. "A Mass Balance of Tri-Hexabrominated Diphenyl Ethers in Lactating Cows." *Environmental Science & Technology* 43:2602-2607.
- Ku, P.K., M.G. Hogberg, A.L. Trapp, P.S. Brady, et E.R. Miller, . . 1978. "Polybrominated biphenyl (PBB) in the growing pig diet." *Environmental health perspectives* 23:13-18.
- Lamb, J., D. Gulati, H. Choudhury, R. Chambers, K. Poonacha, et P. Sabharwal. 1997. "Theobromine." *Environmental Health Perspectives* 105:353-354.
- Lane, E.A., et J.M. Canty. 2010. "Overview Appendix 7: Cadmium exposure in cattle: a review." <https://www.agriculture.gov.ie/media/migration/animalhealthwelfare/epidemiologyreport/Overview%20Appendix%207.pdf>.
- Langer, P., et V. Stolc. 1963. "Goitrogenic activity of allylisothiocyanate – a widespread natural mustard oil." *Endocrinology* 76:151-155.
- Lazartigues, A., M. Thomas, C. Grandclaude, J. Brun-Bellut, et t C. Feid. 2010. "Polycyclic aromatic hydrocarbons and hydroxylated metabolites in the muscle tissue of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) through dietary exposure during a 56-day period." *Chemosphere* 84:1489-1494.
- Leeman, W. R., K. J. Berg, Van Den, et G. F. Houben. 2007. "Transfer of chemicals from feed to animal products." *Food Additives & Contaminants Part A*,24:1,1:13.
- Lindsey, T.O., G.E. Hawkins, et L.D. Guthrie. 1980. "Physiological responses of lactating cows to gossypol from cottonseed meal rations." *J Dairy Sci* 63:562–573.
- Liu, H., M. Xue , J. Wang, J. Qiu, X. Wu, Y. Zheng, J. Li, et Y. Qin. 2014. "Tissue deposition and residue depletion in rainbow trout following continuous voluntary feeding with various levels of melamine or a blend of melamine and cyanuric acid." *Comparative Biochemistry and Physiology* 166:51–58.
- Loeser, E., et D. Lorke. 1977. "Semichronic oral toxicity of cadmium. 2. Studies on dogs." *Toxicology* 7:225-32.
- Lorber, M., G.F. Fries, D.L. Winters, J. Ferrario, et C. Byrne. 2000. "A study on the mass balance of dioxins and furans in lactating cows in background conditions. Part 2. Balance and bioconcentration factors." *Organohalogen Compd* 46:326-329.
- Luginbuhl, J-M., M.H. Poore, et A.P. Conrad. 2000. "Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performance of growing male goats fed hay-based diets." *J. Anim. Sci*, 78: 1677-1683.
- MacLachlan, D.J. 2011. "Estimating the transfer of contaminants in animal feedstuffs to livestock tissues, milk and eggs: a review." *Animal Production Science* 51:1067-1078.
- MacLachlan, D. J. 2011. "Estimating the transfer of contaminants in animal feedstuffs to livestock tissues, milk and eggs : a review." *Animal production science* 51 (12):1045-1078.
- Mandiki, S.N.M., G. Derycke, J.L. Bister, N. Mabon, J.P. Wathélet, M. Marlier, et R. Paquay. 2002. "Chemical changes and influence of rapeseed antinutritional factors on gestating and lactating ewes. Part1: Animal performance and plasma hormones and glucose." *Animal Feed Science and Technology* 98:25-35.
- Martinson, S.C., S. Kimmins, R.J. Letcher, V.P. Palace, D.M. Bird, I.J. Ritchie, et K.J. Fernie. 2011. "Diet exposure to technical hexabromocyclododecane (HBCD) affects testes and circulating testosterone and thyroxine levels in American kestrels (*Falco sparverius*)." *Environmental Research* 111:1116-1123.

- Martland, M.F., E.J. Butler, et G.R. Fenwick. 1984. "Rapeseed induced liver haemorrhage reticulolysis and biochemical changes in laying hens: the effects of feeding high and low glucosinolate meals." *Research in Veterinary Science* 63:298-309.
- Mayes, B.A., E.E. McConnell, et B.H. Neal. 1998. "Comparative carcinogenicity in Sprague-Dawley rats of the polychlorinated biphenyl mixtures Aroclor 1016, 1242, 1254 and 1260." *Toxicological Science* 41:62-76.
- McLachlan, M., et W. Richter. 1998. "Uptake and transfer of PCDD/Fs by cattle fed naturally contaminated feedstuffs and feed contaminated as a result of sewage sludge application. 1. Lactating cows." *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 146:1166-1172.
- Meissonnier, G.M., I.P. Oswald, et P. Galtier. 2005. "Aflatoxicoses chez le porc : études bibliographiques de cas cliniques et de données expérimentales." *Rev. Med. Vet.* 156:591-605.
- Morgan, S., E.L. Stair, T. Martin, W.C. Edwards, et G.L. Morgan. 1988. "Clinical, clinicopathologic, pathologic, and toxicologic alterations associated with gossypol toxicosis in feeder lambs." *American Journal of Veterinary Research* 49:493-499.
- National Toxicology Program. 1982. "Carcinogenesis Bioassay of Allyl Isothiocyanate (CAS No. 57-06-7) in F344/N Rats and B6C3F1Mice (Gavage Study)." *Washington DC, US Department of Health and Human Services* NTP No. 81-36; NIH Publication No. 83-1790.
- Naudé, T.W., R. Gerber, R.J. Smith, et C.J. Botha. 2005. "Datura contamination of hay as the suspected cause of an extensive outbreak of impaction colic in horses." *J South Afric Vet Assoc* 76:107-112.
- NTP. 1987. "Scopolamine hydrobromide (CAS No. 114-49-8) administered to CD rats on gestational days 6 through 15.NTP Study: TER85106."
- NTP. 1997. "Technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of scopolamine hydrobromide trihydrate (CAS No. 6533-68-2) in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies)." *National Toxicology Program. March 1997. NTP TR 445, NIH Publication No. 97-3361, National Institutes of Health, Research Triangle Park, USA.*
- OCDE. 2002. "Melamine." *SIDS Analysis, UNEP Publications.*
- Odunsi, A. A., et O. G. Longe. 1995a. "Cocoa bean cake in poultry diets. 2: Effects of feeding cocoa bean cake on growth and laying performance of pullets." *J Appl, Anim. Res.* 7:137-144.
- Odunsi, A. A., et O. G. Longe. 1995b. "Cocoa bean cake in poultry diets I. Chemical composition and nutritive value of cocoa bean cake in pullet chick diets." *J. Appl. Anim. Res.* 7:91-97.
- Okorie. 2014. "Effects of Different Dietary Cadmium Levels on Growth and Tissue Cadmium Content in Juvenile Parrotfish, *Oplegnathus fasciatus*." *Asian-Australian J Anim. Sci* 27:62-68.
- Ounnas, F., C. Feidt, H. Toussaint, P.h. Marchand, B. Le Bizec, G. Rychen, et S. Jurjanz. 2010. "Polychlorinated biphenyl and low polybrominated diphenyl ether transfer to milk in lactating goats chronically exposed to contaminated soil." *Environmental Sciences and Technology* 44:2682-2688.
- Palace, V.P., K. Pleskach, T. Halldorson, R. Danell, K. Wautier, B. Evans, M. Alae, C. Marvin, et G.T. Tomy. 2008. "Biotransformation Enzymes and Thyroid Axis Disruption in Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Exposed to Hexabromocyclododecane Diastereoisomers." *Environmental Science & Technology* 42:1967-1972.
- Petreas, M.X., L.R. Goldman, D.G. Hayward, R.R. Chang, J. Flattery, T. Wiesmuller, R.D. Stephens, D.M. Fry, C. Rappe, S. Bergek, et M. Hjielt. 1991. "Biotransfer and bioaccumulation of PCDD/PCDFs from soil: Controlled feeding studies of chickens." *Chemosphere* 23:1731-1741.
- Pirard, C., et E. De Pauw. 2005. "Uptake of polychlorodibenzo-p-dioxins, polychlorodibenzofurans and coplanar polychlorobiphenyls in chickens." *Environment International* 31:585-591.
- Pirard, C., et E.D. Pauw. 2007. "Absorption, disposition and excretion of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in chicken." *Chemosphere* 66:320-325.
- Piva, G., et A. Piva. 1995. "Anti-nutritional factors of Datura in feedstuffs." *Natural Toxins,; discussion* 242 3:238-241.
- Platonow, N.S., et H.S. Funnell. 1972. "The distribution and some effects of polychlorinated biphenyls (Aroclor 1254) in cockerels during prolonged feeding trial." *Canadian Journal of Comparative Medicine* 36:89-93.

- Platonow, N.S., E.B. Meads, R.M. Liptrap, et F. Lotz. 1976. "Effects of some commercial preparations of polychlorinated biphenyls in growing piglets." *Canadian Journal of Comparative Medicine* 40: 421-428.
- Polin, D., et R.K. Ringer. 1978a. "PBB fed to adult female chickens: its effect on egg production, reproduction, viability of offspring, and residues in tissues and eggs." *Environmental Health Perspectives* 23:283-290.
- Polin, D., et R.K. Ringer. 1978b. "PBB fed to adult female chickens: its effect on egg production, reproduction, viability of offspring, and residues in tissues and eggs." *Environmental Health Perspectives* 23:283-290.
- Powell, D.B., R.C. Palm, A. Skillman, et K. Godfredsen. 2003. "Immunocompetence of juvenile Chinook salmon against *Listonella anguillarum* following dietary exposure to Aroclor 1254." *Environmental Toxicology and Chemistry* 22:285-295.
- Proudfoot, F.G., E.D. Jackson, H.W. Hulan, et C.D.C. Salisbury. 1991. "Arsanilic acid as a growth promoter for chicken broilers when administered via either feed or drinking water." *Can J Anim Sci* 71:221-226.
- Resman, B.H., H.P. Blumenthal, et W.J. Jusko. 1977. "Breast milk distribution of theobromine from chocolate." *J Pediatrics* 91:477-480.
- Ringer, R.K. 1978. "PBB fed to immature chickens: its effect on organ weights and function and on the cardiovascular system." *Environmental health perspectives* 23:247-255.
- Robens, J., et HD. Anthony. 1980. "Polychlorinated biphenyl contamination of feeder cattle." *Journal of the American Veterinary Medical Association* 177:613-615.
- Robl, M.G., D.H. Jenkins, R.J. Wingender, et D.E. Gordon. 1978. "Toxicity and residue studies in dairy animals with firemaster FF-1 (polybrominated biphenyls)." *Environ Health Perspect* 23:91-7.
- Rosenbaum, R. K., T. E. McKone, et O. Jolliet. 2009. "CKow : a dynamic model for chemical transfer to meat and milk." *Environ. Sci. Technol* 43:8191-8198.
- Royer, E., B. Meda, R. Cariou, A. Garcia De Salazar, S. Guérin, N. Thene, J. Henri, E. Baéza, et C. Jondreville. 2017. "Caractérisation et modélisation de l'accumulation dans la viande de porc d'un contaminant émergent : l'hexabromocyclododécane." *49èmes JRP, Paris 31/01-1/02 2017*.
- Saschenbrecker, P.W., N.S. Platonow, et H.S. Funell. 1972. "Persistence of polychlorinated biphenyls in milk of exposed cows." *Veterinary Record* 90:100-102.
- Schanbacher, F.L., L.B. Willett, P.D. Moorhead, et H.D. Mercer. 1978. "Effects of Pbbs on Cattle .3. Target Organ Modification as Shown by Renal-Function and Liver Biochemistry." *Environmental Health Perspectives* 23: 119-127.
- Schellenberg, D., T.A. Marks, C.M. Metzler, J.A. Oostveen, et M.J. Morey. 1990. "Lack of effect of fluoride on reproductive performance and development in Shetland sheepdogs." *Vet Hum Toxicol*. 32:309-14.
- Schuler, F., P. Schmid, et C. Schlatter. 1997. "The transfer of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans from soil into eggs of foraging chickens." *Chemosphere* 34:711-718.
- Scott, M.L. 1977. "Effects of PCBs, DDT, and mercury compounds in chicken and Japanese quail." *Federation proceedings* 36:1888-1893.
- Shaaban, W.F., T.A. Taha, F.D. El-Nouty, A.R. El-Mahdy, et M.H. Salem. 2008. "Reproductive toxicologic effects of gossypol on male rabbits: biochemical, enzymatic, and electrolytic properties of seminal plasma." *Fertil. Steril.* 89: 1585-1593.
- Spitaler, M., C. Iben, et H. Tausch. 2005. "Dioxin residues in the edible tissue of finishing pigs after dioxin feeding." *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 89:65-72.
- Stine, Cynthia B., Renate Reimschuessel, Charles M. Gieseker, Eric R. Evans, Tamara D. Mayer, Nicholas R. Hasbrouck, Elizabeth Tall, Jamie Boehmer, Gonçalo Gamboa da Costa, et Jeffrey L. Ward. 2011. "A No Observable Adverse Effects Level (NOAEL) for pigs fed melamine and cyanuric acid." *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 60 (3):363-372. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yrtph.2011.05.004>.
- Summer, C.L., J.P. Giesy, S.J. Bursian, et 1996. "Effects induced by feeding organochlorine-contaminated carp from Saginaw Bay, Lake Huron, to laying white leghorn hens. 1, Effect on health of adult hen egg production and fertility." *Journal of Toxicology and Environmental Health* 49:389-407.
- Tarka, S. M., R. S. Applebaum, et J. F. Borzelleca. 1986. "Evaluation of the teratogenic potential of cocoa powder and theobromine in New Zealand white rabbits." *Food Chem Toxicol* 24: 363-374.

- Tarka, S.M., B.L. Zoumas, et G.A. and Trout. 1978. "Examination of the effect of cocoa shells and theobromine in lambs." *Nutr. Rep. Internat* 18:301-312.
- Tarka, S.M., B.L. Zoumas, et J.H. Gans. 1979. "Short-term effects of graded levels of theobromine in laboratory rodents." *Toxicology and Applied Pharmacology* 49:127-149.
- Thomas, G.O., A.J Sweetman, et K.C. Jones. 1999. "Metabolism and body burden of PCBs in lactating dairy cows." *Chemosphere* 39:1533-1544.
- Thomas, P.T., et R.D. Hinsdill. 1980. "Perinatal PCB exposure and its effect on the immune-system of young rabbits." *Drug and Chemical Toxicology* 3:173-184.
- Tomy, G.T., V.P. Palace, T. Halldorson, E. Braekevelt, R. Danell, K. Wautier, B. Evans, L. Brinkworth, et A.T. Fisk. 2004. "Bioaccumulation, biotransformation, and biochemical effects of brominated diphenyl ethers in juvenile lake trout (*Salvelinus namaycush*)." *Environmental Science and Technology* 38: 1496-1504.
- Traag, W.A., C.A. Kan, G. van der Weg, C. Onstenk, et L.A.P. Hoogenboom. 2006. "Residues of dioxins (PCDD/Fs) and PCBs in eggs, fat and livers of laying hens following consumption of contaminated feed." *Chemosphere* 65:1518-1525.
- Tripathi, M.K., A.S. Mishra, A.K. Misra, R. Prasad, D. Modal, et R.C. Jakhmola. 2003. "Effect of graded levels of high glucosinolate mustard (*Brassica juncea*) meal inclusion on nutrient utilization, growth performance, organ weight and carcass composition of growing rabbits." *World Rabbit Sci* 11:211-266.
- Ueberschär, K.H. , et H. Vogt. 1986. "Geflügelversuche zur Bestimmung der Anreicherungsfaktoren für PCB-Einzelkomponenten in Geweben und Eiern." *VDLUFA Schriftenreihe, 20 Kongreßband* 641-655.
- US-EPA. 2014. "Flame retardant alternatives for hexabromocyclododecane (HBCD)."
- Viana, P.G., P.M.T. Lima, T.P. Paim, J.R. Souza, A.M.M. Dantas, E.F. Pereira, V. Gonçalves, C. McManus, A.L. Abdalla, et H. Louvandini. 2014. "Gossypol was not detected in the longissimus muscle of lambs fed several forms of cottonseed." *Animal production science* 55:812-817.
- Vos, J.G. 1971. "Toxicity of HCB in Japanese quail with special refernce to porphyrai, liver damage, reproduciton, and tissue residues." *Toxicology and Applied Pharmacology* 18:994-957.
- Vreman. 1986. "Transfer of cadmium, lead, mercury and arsenic from feed into milk and various tissues of dairy cows: Chemical and pathological data." *Netherlands Journal of Agricultural Science* 34:129-144.
- Wang. 2012. "Determination of cyromazine and melamine in chicken eggs using quick, easy,cheap, effective, rugged and safe (QuEChERS) extraction coupled with liquidchromatography–tandem mass spectrometry." *Analytica Chimica Acta* 752:78– 86.
- Wastell, M.E., D.L. Moody, et J.F. Plog, Jr., . 1978. "Effects of polybrominated biphenyl on milk production, reproduction, and health problems in Holstein cows." *Environmental health perspectives* 23: 99-103.
- Weinberger, M.A., L. Friedman, T.M. Farber, F.M. Moreland, E.L. Peters, C.E. Gilmore, et M.A. Khan. 1978. "Testicular atrophy and impaired spermatogenesis in rats fed high levels of the methylxanthines caffeine, theobromine, or theophylline." *Journal of Envirnomental Pathology and Toxicology* 1:669-688.
- Weniger, J.H., K. Funk, et F. Grosse. 1956. "Untersuchungen über die Vertütterung von Theobromin und Rückständen der Kakaofabrikation." *Archiv für Tierernährung* 6:206-223.
- Weniger, J.H., K. Funk, et W. Hartwig. 1955. "Der Futterwert der Kakaoschalen und ihre Wirkung auf die Milchprodukten." *Archiv für Tierernährung* 4:337-348.
- Werner, P.R., et S.D. Sleight. 1981. "Toxicosis in Sows and Their Pigs Caused by Feeding Rations Containing Polybrominated Biphenyls to Sows During Pregnancy and Lactation." *American Journal of Veterinary Research* 42:183-188.
- Willet, L.B., T-TY. Liu, et G.F. Fries. 1990. "Reevaluation of polychlorinated biphenyl concentrations in milk and body fat of lactating cows." *Journal of Dairy Science* 73:2136-2142.
- Yang, H., J. A. Kerbger, J. E. Pettigrew, L. J. Johnston, et R. D. Walker. 1997. " Evaluation of milk chocolate product as a substitute for whey in pig starter diets." *J. Anim. Sci.* 75: 423.429.
- Zhang, W., WX Wang, et L. Zhang. 2016. "Comparaison of bioavalability and biotransformation of inorganic and organic arsenic in two marine fish." *Environ. Sci. Technol* 50:2413-2423.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des dangers retenus par les autorités françaises dans leur analyse de risque en alimentation animale	3
Tableau 2 : Poids corporel et quantité d'aliment ingéré pour les principales espèces animales	6
Tableau 3 : Classification des doses du contaminant et de son effet sur la santé animale	7
Tableau 4 : Exemple des études retenues pour les différentes espèces pour le contaminant zéalealénone	8
Tableau 5 : Exemple de classification finale des doses retenues produisant un effet toxique	9
Tableau 6 : Présentation des catégories et de leurs règles d'élaboration	9
Tableau 7 : Classement des mycotoxines en fonction de la dose ¹	10
Tableau 8 : Classement de la mélamine et des ETM en fonction de la dose ¹	11
Tableau 9 : Classement des dioxines, PCB et HAP en fonction de la dose ¹	12
Tableau 10 : Classement des composés organochlorés (autres que les dioxines et les PCB) en fonction de la dose ¹	13
Tableau 11 : Classement des retardateurs de flamme bromés en fonction de la dose ¹	14
Tableau 12 : Classement des impuretés botaniques et toxines endogènes en fonction de la dose ²	14
Tableau 13 : synthèse des essais d'écotoxicité d'une substance X	19
Tableau 14 : Classification des concentrations du contaminant en fonction de la valeur de la PNEC	19
Tableau 15 : Présentation des catégories et de leurs significations	20
Tableau 16 : Exemple de classification pour le cadmium	20
Tableau 17 : Recensement et catégorisation des PNEC pour les différents métaux	21
Tableau 18 : exemple de recensement des COR et BAF pour quelques contaminants dans le foie	25
Tableau 19 : Hypothèses d'ingestion et de production selon les espèces	25
Tableau 20 : Calcul de BAF en fonction de COR selon les espèces	26
Tableau 21 : Proposition de valeurs limites de BAF selon les produits	26
Tableau 22 : Règle de classification des taux de transfert	26
Tableau 23 : Exemple de classification du transfert pour certaines mycotoxines	26
Tableau 24 : Présentation des catégories et de leurs règles d'élaboration	27
Tableau 25 : Classification du transfert pour les mycotoxines	27
Tableau 26 : Classification du transfert pour les ETM et la mélamine	28
Tableau 27 : Classification du transfert pour les dioxines, PCB et HAP	29
Tableau 28 : Classification du transfert pour les composés organochlorés (autres que les dioxines et les PCB)	30
Tableau 29 : Classification du transfert pour les composés bromés	30
Tableau 30 : Tableau de synthèse des classes de danger pour les différents contaminants	33
Tableau 31 : Recensement des études et classification des mycotoxines	48
Tableau 32 : Recensement des études et classification des métaux lourds et de la mélamine	50
Tableau 33 : Recensement des études et classification des dioxines et PCB et HAP	52
Tableau 34 : Recensement des études et classification des composés organochlorés (autres que les dioxines et les PCB)	53
Tableau 35 : Recensement des études et classification des toxines de plante et impuretés botaniques	57
Tableau 36 : Recensement des études et classification des RFB	59
Tableau 37 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques dans l'oeuf	62
Tableau 38 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques dans le lait	64
Tableau 39 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques dans le foie	67
Tableau 40 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques dans le muscle	70
Tableau 41 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques dans la graisse	73
Tableau 42 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques chez le poisson	76

ANNEXES

Annexe 1 : Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Présidente

Mme Isabelle OSWALD – Directrice de recherche, INRA Centre Toulouse-Midi-Pyrénées (pharmacologie, toxicologie, mycotoxines)

Membres

M. Jean-Philippe JAEG – Maître de conférences, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (pharmacologie, toxicologie)

M. Stephan JURJANZ – Maître de conférences, Université de Lorraine (physiologie et alimentation animales, transfert de micropolluants et résidus)

M. Alain PARIS – Professeur, Muséum National d'Histoire Naturelle (toxicologie, métabolomique)

M. Hervé POULIQUEN – Professeur, Oniris – Ecole vétérinaire de Nantes (pharmacologie, toxicologie, antibiorésistance)

M. Philippe SCHMIDELY – Professeur Sciences animales, AgroParisTech (alimentation animale, additifs, zootechnie, élevage des ruminants)

RAPPORTEUR EXTERNE

Mme Catherine JONDREVILLE - Ingénieur de recherches, INRA Centre Grand Est - Nancy (physiologie et alimentation animales, transfert de micropolluants et résidus)

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

- CES Alimentation animale

Président

M. Francis ENJALBERT – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (alimentation animale, additifs, zootechnie, élevage des ruminants)

Membres

Mme Corine BAYOURTHE – Professeur, ENSA Toulouse (zootechnie, physiologie et nutrition des ruminants)

M. Jean DEMARQUOY – Professeur, Université de Bourgogne (physiologie métabolique et moléculaire)

Mme Marianne DIEZ – Chargée de Cours, Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège (nutrition des animaux de compagnie)

Mme Anne FERLAY – Directrice de recherche, INRA Centre Auvergne-Rhône-Alpes (alimentation des ruminants)

- Mme Evelyne FORANO – Directrice de recherche, INRA Centre Auvergne-Rhône-Alpes (microbiologie du rumen, additifs en nutrition animale)
- M. Didier GAUDRÉ – Ingénieur d'études, IFIP - Institut du Porc (nutrition porcine)
- M. Thierry GIDENNE – Directeur de recherche, INRA Centre Toulouse-Midi-Pyrénées (alimentation/nutrition, écosystème digestif du lapin, santé et efficacité digestive)
- M. Jean-Philippe JAEG – Maître de conférences, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (pharmacologie, toxicologie)
- M. Hervé JUIN – Ingénieur de recherches, INRA Centre Poitou-Charentes (physiologie et nutrition des volailles, additifs en alimentation animale)
- M. Stephan JURJANZ – Maître de conférences, Université de Lorraine (physiologie et alimentation animales, transfert de micropolluants et résidus)
- Mme Maryline KOUBA – Professeur, Oniris - Agrocampus Ouest (zootechnie, physiologie et nutrition des monogastriques)
- M. Jean LEGARTO – Ingénieur de recherches, Institut de l'Élevage (alimentation, nutrition et conduite d'élevage des ruminants laitiers)
- M. Michel LESSIRE – Ingénieur de recherches, INRA Centre Val-de-Loire (physiologie et nutrition des volailles)
- Mme Françoise MÉDALE – Chef du département Physiologie animale et systèmes d'élevage, INRA Centre Bordeaux-Aquitaine (physiologie et nutrition des poissons)
- Mme Isabelle OSWALD – Directrice de recherche, INRA Centre Toulouse-Midi-Pyrénées (pharmacologie, toxicologie, mycotoxines)
- M. Alain PARIS – Professeur, Muséum National d'Histoire Naturelle (toxicologie, métabolomique)
- M. Hervé POULIQUEN – Professeur, Oniris – Ecole vétérinaire de Nantes (pharmacologie, toxicologie, antibiorésistance)
- Mme Nathalie PRIYMENKO – Maître de conférences, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (botanique, alimentation et nutrition des animaux de compagnie)
- M. Philippe SCHMIDELY – Professeur Sciences animales, AgroParisTech (alimentation animale, additifs, zootechnie, élevage des ruminants)
- M. Yves SOYEUX – Professeur émérite, AgroParisTech (alimentation et droit alimentaire)

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Caroline BOUDERGUE – Chef de projet scientifique – Anses-DER-UERSABA

Mme Charlotte DUNOYER – Chef d'Unité – Anses-DER-UERSABA

Annexe 2 : Tableaux de recensement des différents contaminants pour leurs effets sur la santé animale

Sont surlignées en jaune les études retenues qui serviront de classement pour la substance. Elles correspondent aux études aboutissant à la LOAEL la plus faible pour une espèce donnée.

Tableau 31 : Recensement des études et classification des mycotoxines

	Espèce	Précision espèce	Effet	LOAEL (mg/kg PV/j)	NOAEL ou (mg/kg PV/j)	Classe de la dose	Références
aflatoxin B1	Ruminant	bovin adulte	Physiologique	0,03		minime	(AFSSA, 2009)
	Ruminant	ovin	Physiologique	1,5		faible	
	Porc	pocolet	Physiologique	0,05		minime	(Meissonnier et al., 2005)
	Volaille	poulet	Physiologique	0,037		minime	(AFSSA, 2009)
zéaralénone	Ruminant	vache laitière	Reprotoxique	0,048		minime	EFSA, sous presse
	Ruminant	vache laitière	Reprotoxique	0,385		minime	
	Ruminant	mouton (brebis)	Reprotoxique	0,06	0,03	minime	(JECFA)
	Porc	cochette	Reprotoxique	0,018	0,01	minime	(EFSA, 2011b)
	Porc	cochette	Reprotoxique	0,2	0,04	minime	
	Volaille	poulet	Reprotoxique	0,4	0,2	minime	EFSA, sous presse
	Volaille	poulet	Reprotoxique	0,048	0,024	minime	
	Volaille	pondeuse	Reprotoxique	0,4	0,2	minime	
	Volaille	dinde	Physiologique	0,027	0,013	minime	
	Lapin		Physiologique	10		faible	
	Poisson	carpe	physiologie	0,018	0,009	minime	
	Chien		Reprotoxique	0,025		minime	
alcaloïde de l'Ergot	Ruminant	taureaux			0,009	minime	(EFSA, 2012c)
	Ruminant	ovin	Physiologique	0,003		minime	(EFSA, 2005e)
	Porc	porcelets	Physiologique	0,52	0,26	minime	(EFSA, 2012c)
	Porc		Performance	0,33	0,16	minime	
	Volaille	poulet	Physiologique	0,168	0,084	minime	(EFSA, 2005e)
	Chevaux		Physiologique	0,001		minime	
toxine T2 et HT2	Lapin	New Zealand white rabbit	Performance	0,25	0,1	minime	(EFSA, 2011a)
	Poisson	channel catfish	Performance	0,026	0,013	minime	(EFSA, 2011a)
	Ruminant	veaux et moutons	Physiologique		0,3	minime	
	Porc		Physiologique	0,029		minime	
	Volaille	poulets	Physiologique	0,04		minime	
	Volaille	dinde	Physiologique	0,048		minime	
	Volaille	canard	Performance	0,04		minime	
Volaille	poule pondeuse	Performance	0,12		minime		

Avis Anses

Saisine n° 2015-SA-0075

deoxynivalenol	Ruminant	vache laitières	Performance		0,172	minime	EFSA, sous presse
	Ruminant	génisses	Performance		0,145	minime	
	Ruminant	bouvillons	Performance		0,375	minime	
	Ruminant	moutons	Performance	5		faible	
	Ruminant	agneaux	Performance		1,6	faible	
	Porcs		Performance	0,21		minime	
	Porcs		Performance	0,01		minime	
	Porcs		Physiologique	25		moyenne	
	Volaille	poulets	Physiologique	0,6		minime	
	Volaille	canard	Performance		0,25	minime	
	Volaille	dindes	Performance		0,1	minime	
	Lapin		Physiologique	0,5		minime	
	Lapin		Reprotoxique	1	0,6	faible	
	Poissons	truite arc en ciel	Performance	BMD : 0,1		minime	
	Chevaux		Performance		0,1	minime	
	Chien		Performance	0,2		minime	
	Chien		Performance	0,112	0,08	minime	
	Chat		Performance	0,2		minime	
Chat		Performance	0,164	0,1	minime		
Furet		Performance	0,05	0,01	minime		
ochratoxin A	Porc		Physiologique	0,008		minime	(EFSA, 2004a)
	volaille		Physiologique	0,03		minime	
	Chien		Physiologique	0,2		minime	
fumonisines B1 etB2	Poisson	poisson chat	Performance		0,4	faible	(EFSA, 2005f)
	Poisson	tilapia	Performance		0,4	minime	
	Poisson	carp	Physiologique		0,4	minime	
	Ruminant	veaux	Physiologique		0,6	minime	
	Ruminant	bouvillons	Physiologique	2,4		faible	
	Volaille	poussins	Physiologique	2		faible	
	Volaille	canard mulard	Physiologique	5		faible	
	Volaille	peking ducking	Physiologique	17		moyenne	
	Volaille	dinde	Performance	9		faible	
	Porc		Physiologique	0,2		minime	
chevaux		Physiologique	0,2		minime		

Tableau 32 : Recensement des études et classification des métaux lourds et de la mélamine

	espèces	précision d'espèce	Effet	LOAEL (mg/kg PV/j)	NOAEL (mg/kg PV/j)	Classe de la Dose	Références
mélamine	Rongeur	rat	Physiologique		417	élevée	(OCDE, 2002)
	Rongeur	rat	Physiologique		240	élevée	
	Rongeur	rat	Physiologique		63	élevée	
	Rongeur	souris	Physiologique		1600	élevée	
	Rongeur	rat	Reprotoxique		400	élevée	
	Rongeur		Reprotoxique		1060	élevée	
	Chien		Physiologique	1200		élevée	
	Ruminant	mouton	Physiologique	143		élevée	
	Porc		200		élevée	(Clark, 1966)	
plomb	Ruminant	bovins	Physiologique	2,8		faible	(EFSA, 2004d)
	Ruminant	ovins	Reprotoxique	0,14		minime	
	Chien		Physiologique	10		faible	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	38,8		moyenne	(EFSA, 2010a)
	Rongeur	rat	Physiologique	5		faible	
	Chat		Physiologique	50		moyenne	(Frederick, 1976)
	Volaille	canard	Physiologique	0,25		minime	
mercure	Ruminant	bovins	Physiologique	0,2		minime	(EFSA, 2008b)
	Ruminant	bovins	Physiologique	0,48		minime	
	Ruminant	ovins	Physiologique	0,225		minime	
	Ruminant	ovins	Physiologique	0,48		minime	
	Porc		Physiologique	0,38		minime	
	Porc		Physiologique	0,78		minime	
	Porc		Physiologique	0,5		minime	
	Porc		Physiologique	1,5		faible	
	Volaille	poules/poulets	Physiologique	0,3		minime	
	Volaille	poules/poulets	Performance	0,6		minime	
	Volaille	dindes	Physiologique	0,16		minime	
	Volaille	canards	Reprotoxique	0,8		minime	
	Chien		Physiologique	0,12		minime	
	Chat		Physiologique	0,046		minime	
	Poisson	saumon	Physiologique	1,2		faible	
	Poisson	truite	Physiologique	0,32		minime	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	0,008 (BMDL ₅)		minime	
Rongeur	rat	Physiologique	0,06 (BMDL ₁₀)		minime	(EFSA, 2012d)	
cadmium	Ruminant		Physiologique	0,2		minime	(EFSA, 2004b) (Lane <i>et al.</i> , 2010) (EFSA, 2012a)
	Ruminant	mouton	Physiologique	0,03		minime	
	Ruminant	taurillon	Performance		0,04	minime	
	Ruminant	veau	Performance	1,5		faible	
	Porc		Performance	0,02		minime	

Avis Anses

Saisine n° 2015-SA-0075

	Volaille	poule		0,15		minime	
	Poisson		Physiologique	0,11		minime	
	Poisson		Performance	3		faible	
	rongeur	rat	Physiologique	0,15		minime	
	Chien		Physiologique	0,9		minime	(Loeser <i>et al.</i> , 1977)
arsenic	Rongeur	rat	Physiologique		3	faible	(EFSA, 2005g) (EFSA, 2009)
	Rongeur	souris	Reprotoxique		12	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique		10	faible	
	Ruminant		Performance		1,6	faible	
	Porc		Performance	10		faible	
	Volaille	poule	Performance	0,8		faible	
	Volaille	poulet	Performance	10		faible	
	Lapin		Reprotoxique		0,75	minime	
	Poisson		Performance		0,02	minime	
	Chien		Physiologique	1,5		faible	(Byron <i>et al.</i> , 1967)
fluor	Ruminant	bovins	Performance	25		moyenne	(EFSA, 2010d) (EFSA, 2004c) (Choi <i>et al.</i> , 2012)
	Ruminant	moutons	Performance	10		faible	
	Poisson	truite	Performance		40	moyenne	
	Volaille	poulet	Performance	75		moyenne	
	Volaille	poulet	Performance	75		moyenne	
	Volaille	dindes	Performance	26		moyenne	
	Rongeur	rat	Physiologique	3		faible	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	4,5		faible	
	Rongeur	souris	Reprotoxique	20		moyenne	
	Lapin	lapin	Reprotoxique	4,5		faible	
	Porc		Performance		1,5	faible	
	chien		reprotoxique	13		moyenne	(Schellenberg <i>et al.</i> , 1990)

Tableau 33 : Recensement des études et classification des dioxines et PCB et HAP

	Espèce	Précision d'espèce	Effet	LOAEL (mg/kg PV/j)	NOAEL (mg/kg PV/j)	Classe de la dose	Références
dioxines et PCB DL	Volaille	poulet		1,5		faible	(Scott, 1977, Britton <i>et al.</i> , 1973)
	Ruminant	vache	Physiologique	?			(Robens <i>et al.</i> , 1980)
	Ruminant	mouton	Performance	0,5		minime	(Hansen, Wilson, <i>et al.</i> , 1976)
	Porc	porc	Performance	0,6		minime	(Hansen, Wilson, <i>et al.</i> , 1976)
	Volaille	poulet	Performance	0,6		minime	(Bird <i>et al.</i> , 1978)
	Volaille	poule	Physiologique	0,6		minime	(Britton <i>et al.</i> , 1973, Harris <i>et al.</i> , 1976)
	Autre	vison	Reprotoxique	0,5		minime	
	Volaille	poulet	Reprotoxique	1,8		faible	EFSA 2005
	Volaille	poule	Reprotoxique	0,6		minime	(Britton <i>et al.</i> , 1973, Harris <i>et al.</i> , 1976)
	Volaille	poule	Reprotoxique	0,4		minime	(Summer <i>et al.</i> , 1996)
	Porc	porc	Reprotoxique	0,6		minime	(Hansen, Beamer, <i>et al.</i> , 1976)
	Poisson	Atlantic croaker	Reprotoxique	2		faible	(Khan <i>et al.</i> , 2004)
	Rongeur	Rat	Reprotoxique	20		moyenne	(Mayes <i>et al.</i> , 1998)
	Rongeur	Rat	Reprotoxique				(Mayes <i>et al.</i> , 1998)
	Lapin	lapin	Physiologique	17		moyenne	(Thomas <i>et al.</i> , 1980)
	Poisson	saumon	Physiologique	0,2		minime	(Powell <i>et al.</i> , 2003)
HAP : Benzo[a]anthracène, 3 Benzo[x] fluoranthène, Benzo[g,h,i]perylene, Benzo[a]pyrene, Chrysene, Cyclopenta[c,d]pyrène, Dibenz[a,h]anthracène, 3 Dibenzo[x]pyrène, Idenol[1,2,3-cd]pyrene, 5- methylchrysène, Benzo[c]fluorène	Rongeur	souris	Reprotoxique		133		(EFSA, 2008c)
	Rongeur	souris	Reprotoxique	10		faible	
	Poisson		Reprotoxique	0,00005		minime	
	Poisson		Reprotoxique	?			
	Poisson		Reprotoxique	0,1		minime	
		mammifères	Physiologique				
	Rongeur	souris	Physiologique				
	Poisson		Physiologique				
	Poisson		Physiologique				
	Poisson		Physiologique	20		faible	
Rongeur	rat	Physiologique	100	50	moyenne		

Tableau 34 : Recensement des études et classification des composés organochlorés (autres que les dioxines et les PCB)

	Espèce	Précision d'espèce	Effet	LOAEL (mg/kg PV/j)	NOAEL (mg/kg PV/j)	Classe de la dose	Références
toxaphène	Volaille	canard	Physiologique	0,6		minime	(EFSA, 2005h)
	Volaille	poule pondeuse	Physiologique	0,05		minime	(EFSA, 2005h)
	poisson	yellow tail juvéniles	Physiologique	0,02		minime	(EFSA, 2005h)
	poisson	zebrafish	Physiologique	0,23		minime	(EFSA, 2005h)
	Rongeur	rongeur	Physiologique	1,8	0,35	faible	(ATSDR, 2014)
	Rongeur		Reprotoxique	0,05		minime	
	Chien	chien	Physiologique	5	2	faible	
endosulfan	poisson	carpe	Physiologique	0,015		minime	(EFSA, 2005c)
	ruminant	bouvillon	Physiologique	2,5		faible	(ATSDR, 2015)
	Volaille	poulet		3		faible	
	Rongeur	rat		7,5		faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	3	1,5	faible	
	Chien	chien	Physiologique	50	39,5	moyenne	
	Lapin	lapin	Physiologique	1,8	0,7	faible	
	Rongeur	cochon d'Inde	Reprotoxique	2,5		faible	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	6	2	faible	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	1		minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	1,5	1	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	5	0,625	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	3,9	1,9	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,9	0,45	minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	2,7	0,9	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	5	1,5	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	2,9	0,6	faible	
	Chien	chien	Physiologique		2,9	faible	
	Chien	chien	Physiologique	1,8	0,6	faible	
	Lapin	lapin	Physiologique		3	faible	
Lapin	lapin	Physiologique	1,5	0,75	faible		
heptachlore (molécule proche chlordane)	Ruminant	veau	mort	2,5		faible	(EFSA, 2007b)
	porc		Physiologique	2		faible	(EFSA, 2007b)
	Volaille	poulet	Physiologique	0,1		minime	(EFSA, 2007b)
	Volaille	poule pondeuse	Physiologique	0,015		minime	(EFSA, 2007b)
	Rongeur	rat	Physiologique	7	2	faible	(ATSDR, 2007)
	Rongeur	rat	Reprotoxique	6,8	5,1	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	5		faible	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	3	0,3	faible	
	Rongeur	souris	Reprotoxique		10	faible	
	Rongeur	souris	Physiologique	9,3		faible	
Rongeur	souris	Physiologique	6,9		faible		

Avis Anses

Saisine n° 2015-SA-0075

	Autre	vison	Physiologique	6,2		faible	
	Autre	vison	Physiologique	6,2	5,7	faible	
	Autre	vison	Reprotoxique	1,7	1	faible	
aldrine	Ruminant	vache laitière	Physiologique	2		faible	(EFSA, 2005a)
	Volaille	dinde	Physiologique	0,24		minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	10	5	faible	(ASTDR, 2002a)
	Rongeur	rat	Physiologique	1,25	0,63	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,25		minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,25		minime	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	0,63		minime	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	0,125		minime	
	Rongeur	souris	Reprotoxique	2		faible	
	Rongeur	souris	Physiologique	0,39		minime	
	Chien	chien	Physiologique	0,89		minime	
	Chien	chien	Physiologique	0,04		minime	
	dieldrine	poisson	truite	Physiologique	0,014		
Ruminant		agneau	Physiologique	2		faible	
Volaille		poule pondeuse	mort	1,2		faible	
lapin			Physiologique	2,5		faible	
Rongeur		rat	Physiologique	5		faible	(ASTDR, 2002c)
Rongeur		rat	Physiologique		1,25	faible	
Rongeur		rat	Physiologique	0,25	0,025	minime	
Rongeur		rat	Physiologique	0,025		minime	
Rongeur		rat	Physiologique	0,05	0,005	minime	
Rongeur		rat	Reprotoxique	0,125		faible	
Rongeur	souris	Physiologique	1,3		faible		
Rongeur	souris	Physiologique	0,33		minime		
Rongeur	souris	Reprotoxique		0,65	minime		
Rongeur	souris	Reprotoxique		0,325	minime		
chlordanes	Chien	chien	Physiologique	0,73		minime	(EFSA, 2007a)
	Chien	chien	Physiologique	0,14		minime	
chlordanes	porc		Physiologique	300		élevée	(EFSA, 2007a)
	Rongeur	rat	Physiologique	0,1		minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,125		minime	(ASTDR, 1994)
	Rongeur	rat	Physiologique	1,25		faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,273	0,055	minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	4	2	faible	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	16		moyenne	
	Rongeur	souris	Physiologique	0,47	0,1	minime	
	Rongeur	souris	Reprotoxique	8	0,16	faible	
	Rongeur	souris	Reprotoxique	4		faible	
hexachlorocyclohexane (alpha, beta, delta -)	Rongeur	rat	Physiologique	5		faible	(ASTDR, 2005)
	Rongeur	rat	Physiologique	1,8		faible	

Avis Anses

Saisine n° 2015-SA-0075

technique)	Rongeur	rat	Physiologique	1,8		faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	2	0,4	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	22,5	4,5	moyenne	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,4	0,04	minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,8		minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,8		minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,8		minime	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	20	2	moyenne	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	1	0,9	minime	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	5		faible	
	Rongeur	souris	Physiologique	17		moyenne	
hexachlorocyclohexane – gamma (Lindane)	Volaille	poulet	Physiologique	1,6		faible	(EFSA, 2005d)
	Rongeur	rat	Physiologique	3		faible	(ASTDR, 2005)
	Rongeur	rat	Physiologique	1,8		faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	2	0,4	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	2		faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	7	4	faible	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	1		minime	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	5,6	1,2	faible	
	Rongeur	souris	Physiologique	0,012		minime	
	Rongeur	souris	Reprotoxique	15		moyenne	
	Lapin	lapin	Reprotoxique	0,8		minime	
	Lapin	lapin	Reprotoxique	0,8		minime	
	Autre	vison	Reprotoxique	1		minime	
	Autre	vison	Reprotoxique	1		minime	
Autre	vison	Reprotoxique	1		minime		
Endrine / endrine aldéhyde	Rongeur	rat	Physiologique	0,13		minime	(ASTDR, 1996)
	Rongeur	rat	Physiologique	0,25	0,05	minime	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	2	0,5	faible	
	Rongeur	rat	Reprotoxique		0,1	minime	
	Rongeur	hamster	Reprotoxique	5	1,5	faible	
	Rongeur	souris	Physiologique	0,21		minime	
	Rongeur	souris		1	0,5	minime	
	Rongeur	souris	Reprotoxique	0,65		minime	
	Chien	chien	Physiologique	0,2	0,15	minime	
	Chien	chien	Physiologique	0,05	0,025	minime	
	Chien	chien	Physiologique	0,075		minime	
	Chien	chien	Physiologique	0,05	0,025	minime	
DDT, DDE, DDD	Ruminant	vache laitière	Performance	100		élevée	(EFSA, 2006a)
	Ruminant	ovin	Reprotoxique	100		élevée	
	Volaille	poulet	Physiologique	5		faible	
	Volaille	poule pondeuse	Performance	0,7		Minime	

	Rongeur	rat	Physiologique	0,25	0,05	minime	(ASTDR, 2002b)
	Rongeur	rat	Physiologique	5,7	2,3	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	1,9		faible	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	16,8	1,7	moyenne	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	18,6	1,9	moyenne	
	Rongeur	souris	Physiologique	3,7		faible	
	Rongeur	souris	Physiologique	8,3	1,7	faible	
	Rongeur	souris	Reprotoxique	1,67		faible	
	Rongeur	souris	Reprotoxique	1,67		faible	
	Lapin	lapins	Reprotoxique	3		faible	
HCB	Rongeur	rat	Physiologique	1	0,1	faible	(ASTDR, 2015)
	Rongeur	rat	Physiologique	1	0,1		
	Rongeur	rat	Physiologique	4	0,16		
	Rongeur	rat	Physiologique	1,3	0,5		
	Rongeur	souris	Reprotoxique	0,5			
	chien	beagle			100		
	chien	beagle	Physiologique	11			
	chien	beagle	Physiologique	11	1		
	chien	beagle	Physiologique	0,1		minime	
	porc		Physiologique	0,5	0,05	minime	
	porc		Physiologique	50	5	moyenne	
	porc		Physiologique	50	5	moyenne	
	porc		Physiologique	0,04		minime	
	Volaille	poule pondeuse	Physiologique		6		
	Volaille	poule pondeuse	Physiologique	8		faible	
Volaille	caille du japon	Physiologique	1		faible		
						(EFSA, 2006b)	
						(Anhamai. <i>et al.</i> , 1972)	
						(EFSA, 2006b)	
						(Vos, 1971)	

Tableau 35 : Recensement des études et classification des toxines de plante et impuretés botaniques

	Espèce	Précision espèce	Effet	LOAEL (mg/kg PV/j)	NOAEL (mg/kg PV/j)	Classe de la dose	Références
Gossypol	Ruminant		Reprotoxique	6		faible	(Arshami <i>et al.</i> , 1988)
	Ruminant	agneaux	Physiologique	2		faible	(Morgan <i>et al.</i> , 1988)
	Ruminant		Performance	15		moyenne	(Luginbuhl <i>et al.</i> , 2000)
	Volaille		Performance	53	16-30	moyenne	(Gamboa <i>et al.</i> , 2001); (Henry <i>et al.</i> , 2001)
	Ruminant	veaux	Performance	8	4	faible	Risco <i>et al.</i> , 1992
	Porc		Physiologique	5	2	faible	(Fombad <i>et al.</i> , 2004); (Clawson <i>et al.</i> , 1966)
	Lapin		Reprotoxique	4		faible	(Shaaban <i>et al.</i> , 2008)
	Poisson		Reprotoxique	7 - 15		faible	(Blom <i>et al.</i> , 2001)
	Chien		Physiologique	5		faible	(EFSA, 2008a)
Théobromine	Chien		Physiologique	610		élevée	(Beccari, 1936)
	Rongeur		Physiologique	250		élevée	(Tarka <i>et al.</i> , 1979)
	Rongeur		Physiologique	1840		élevée	
	Rongeur		Physiologique	850	-	élevée	
	Rongeur		Physiologique	30	-	moyenne	
	Rongeur	souche Osborne-Mendel	Reprotoxique	300		élevée	(Weinberger <i>et al.</i> , 1978)
	Rongeur	souche Sprague-Dawley	Reprotoxique	500		élevée	(Funabashi <i>et al.</i> , 2000)
	Rongeur		Reprotoxique	290		élevée	(Fujii <i>et al.</i> , 1973)
	Rongeur	souche Swiss CD-1	Reprotoxique	126	-	élevée	(Lamb <i>et al.</i> , 1997)
	Chien		Physiologique	20	-	moyenne	(EFSA, 2008e)
	Chien		Reprotoxique		150	élevée	(Gans <i>et al.</i> , 1980)
	Ruminant		Physiologique	15	-	moyenne	(Weniger <i>et al.</i> , 1955); (Weniger <i>et al.</i> , 1956)
	Ruminant	agneaux en engraissement	Physiologique		35	moyenne	(Tarka <i>et al.</i> , 1978)
	Ruminant		Physiologique	300	-	élevée	(Aregheore, 2002)
	Chevaux		Physiologique	2	0,5	faible	(Kelly <i>et al.</i> , 1978)
	Porc		Physiologique	14		moyenne	(Yang <i>et al.</i> , 1997)
	Volaille		Physiologique		26	moyenne	(Day <i>et al.</i> , 1984); (Odunsi <i>et al.</i> , 1995b)
	Volaille	souche Isa Brown	Physiologique	66		moyenne	(Odunsi <i>et al.</i> , 1995a)
	Lapin	souche New-Zealand	Reprotoxique		21	moyenne	(Tarka <i>et al.</i> , 1986)
Poisson	différentes espèces de tilapia	Physiologique	500		élevée	(Fagbenro, 1988)	
Glucosinolates / VTO (5-vinyl-2-oxazolidinethiones) / AITC (allyl-isothiocyanate)	Porc		Reprotoxique	16		moyenne	(Bowland, 1975)
	Volaille		Performance	200		élevée	(Martland <i>et al.</i> , 1984)
	Ruminant		Physiologique	4		faible	(Ahlin <i>et al.</i> , 1994)
	Ruminant	ovins	Physiologique	4		faible	(Ahlin <i>et al.</i> , 1994).
	Ruminant		Performance	13		faible	(Mandiki <i>et al.</i> , 2002)

Avis Anses

Saisine n° 2015-SA-0075

	Lapin		Physiologique	0,13		minime	(Tripathi <i>et al.</i> , 2003)
	Poisson	truite, carpe	Physiologique	10		faible	(Burel <i>et al.</i> , 2000).
	Rongeur		Physiologique	200		élevée	(National Toxicology Program, 1982)
	Rongeur		Physiologique	10		faible	
	Rongeur		Physiologique	0,5		minime	(Langer <i>et al.</i> , 1963)
	Rongeur		Physiologique	100		moyenne	IARC, 1985
	Rongeur		Physiologique	3		faible	
	Rongeur	CD-1	Reprotoxique	6		faible	
ambroisie							
Alcaloïdes tropaniques (TA), (-)-hyoscyamine et (-)-scopolamine, retrouvés dans le datura	Rongeur	F344/N	Physiologique	1		minime	(NTP, 1997)
	Rongeur	B6C3F1	Physiologique	1		minime	
	Rongeur	CD	Reprotoxique		10	faible	(NTP, 1987)
	Ruminant		Physiologique	0,02		minime	(Bucher <i>et al.</i> , 1989)
	Volaille	volaille	Performance	0,08		minime	(EFSA, 2008d)
	porc	porc engraissement	Physiologique	0,05		minime	(Piva <i>et al.</i> , 1995)
	cheval		physiologique	0,1		minime	(Naudé <i>et al.</i> , 2005)

Tableau 36 : Recensement des études et classification des RFB

	Espèces	Précision d'espèce	Effet	LOAEL (mg/kg PV/j)	NOAEL (mg/kg PV/j)	Classe de la dose	Références
HBCDD	Rongeur	rat	Reprotoxique	4820		élevée	(EPA, 2014b).
	Rongeur	rat					
	Rongeur	rat	Reprotoxique	138		élevée	
	Rongeur	souris	Reprotoxique	13,5	0,9	moyenne	
	Rongeur	rat	Reprotoxique	146	15	élevée	
	Volaille	Caille du Japon	Reprotoxique		0,7	minime	
	Volaille	crécérelle d'Amérique	Reprotoxique	0,5		minime	(Marteinson <i>et al.</i> , 2011)
	Volaille	crécérelle d'Amérique	Reprotoxique	0,5		minime	(Fernie <i>et al.</i> , 2011)
	Rongeur	rat	Physiologique	100		élevée	(EPA, 2014b)
	Rongeur	rat	Physiologique	1000		élevée	
	Rongeur	rat	Physiologique	940		élevée	
	Poisson	truite arc en ciel	Physiologique	10		moyenne	(Palace <i>et al.</i> , 2008)
TBBPA	Rongeur	rat	Reprotoxique		1470	élevée	(EPA, 2015)
	Rongeur	rat	Reprotoxique		3000	élevée	
	Rongeur	rat	Reprotoxique		1000	élevée	
	Rongeur	rat	Reprotoxique		1000	élevée	
	Rongeur	rat	Reprotoxique		2500	élevée	
	Rongeur	rat	Reprotoxique		10000	élevée	
	Rongeur	souris	Reprotoxique	141	16	élevée	
	Rongeur	rat	Physiologique	200	10	élevée	
	Rongeur	rat	Physiologique	800	80	élevée	
	Rongeur	rat	Physiologique		1000	élevée	
	Rongeur	rat	Physiologique	500	100	élevée	
	Rongeur	souris	Physiologique	350		élevée	
	Rongeur	souris	Physiologique	2200	700	élevée	
	Rongeur	rat	Physiologique	100	30	élevée	
PBDE (28, tri/47, tétra/99, 100, penta/153, hexa/183, hepta/209, deca)	Rongeur	souris	Reprotoxique	500	100	élevée	(EPA, 2014a)
	Rongeur	souris					
	Rongeur	rat					
	Rongeur	rat	Reprotoxique	10		faible	
	Rongeur	rat					
	Rongeur	rat					
	Rongeur	souris	Reprotoxique	0,045	0,0015	minime	(ATDSR, 2015a)
	Rongeur	souris	Reprotoxique	0,1	0,03	minime	
	Rongeur	rat			200	élevée	
Rongeur	rat			120	élevée		

Avis Anses

Saisine n° 2015-SA-0075

	Rongeur	rat	Reprotoxique	10	1	faible		
	Rongeur	rat	Reprotoxique	5	0,5	faible		
	Rongeur	rat	Reprotoxique	18		moyenne		
	Rongeur	rat	Reprotoxique	10	2,5	faible		
	Rongeur	rat	Reprotoxique	25	10	moyenne		
	Rongeur	rat	Reprotoxique	50	25	moyenne		
		lapin	lapin	Reprotoxique	15	5		moyenne
	Rongeur	souris	Reprotoxique	6		faible		
	Rongeur	rat	Reprotoxique	1		minime		
	Rongeur	rat	Reprotoxique	30		moyenne		
	Rongeur	rat	Reprotoxique	8	0,8	faible		
	Rongeur	souris	Reprotoxique	0,8	0,4	minime		
	Rongeur	souris	Reprotoxique	10,5	0,7	moyenne		
	Rongeur	souris	Reprotoxique	0,8		minime		
	Rongeur	souris	Reprotoxique	0,45		minime		
	Rongeur	souris	Reprotoxique	16,8		moyenne		
	Rongeur	souris	Reprotoxique	18,5		moyenne		
	Rongeur	souris	Reprotoxique	15,2		moyenne		
	Rongeur	rat	Physiologique	80	8	moyenne		(EPA, 2014a)
	Rongeur	rat	Physiologique	60	30	moyenne		
Rongeur	Tête de boule (Pimephales promelas)	Physiologique	3000		élevée			
Rongeur	Ratra	Physiologique	1,2		faible	(ATDSR, 2015b)		
Autre	vison	Physiologique	0,63	0,08	minime			
Rongeur	rat	Physiologique	30	3	moyenne			
Rongeur	rat	Physiologique	8	2	faible			
Rongeur	rat	Physiologique	30	3	moyenne			
Rongeur	rat	Physiologique	25	2,5	moyenne			
Rongeur	rat	Physiologique	3		faible			
Rongeur	rat	Physiologique	8	2	faible			
Rongeur	rat	Physiologique	40	8	moyenne			
Rongeur	rat	Physiologique	40	8	moyenne			
Rongeur	Rat	Reprotoxique	28,6		moyenne	(EFSA, 2010b)		
PBB	Volaille	caille du Japon (Coturnix japonica)	Reprotoxique	25		moyenne	(Babish <i>et al.</i> , 1975)	
	Volaille	poule pondeuse	Reprotoxique	3		faible	(Polin <i>et al.</i> , 1978a)	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,3	0,1	minime	(EFSA, 2010c)	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,3	0,1	minime		
	Rongeur	rat	Physiologique	1		minime		
	Rongeur	rat	Physiologique	0,5	0,05	minime		
	Rongeur	rat	Physiologique	2,5		faible		

Avis Anses

Saisine n° 2015-SA-0075

	Porc	porc	Physiologique	2,5	0,125	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique		0,2		
	Rongeur	rat	Physiologique	3		faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	3		faible	
	Rongeur	souris	Physiologique	22		moyenne	
	Rongeur	souris	Physiologique	10		faible	
	Rongeur	cochon d'inde	Physiologique	0,4		minime	
	Ruminant	vache	Physiologique	67		moyenne	
	Porc	porc	Physiologique	2,5	1,25	faible	
	Rongeur	rat	Physiologique	1		minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	30		moyenne	
	Rongeur	rat	Physiologique	0,25		minime	
	Rongeur	rat	Physiologique	100		moyenne	
	Rongeur	rat	Physiologique	1		minime	
	Ruminant	génisse laitière	Physiologique	0,625		minime	(Schanbacher <i>et al.</i> , 1978)
	Ruminant	veau	Physiologique	0,1		minime	(Robl <i>et al.</i> , 1978)
	Porc	porc en croissance	Physiologique	1		minime	(Ku <i>et al.</i> , 1978)
	Porc	porc	Physiologique	2,5	0,125	faible	(Werner <i>et al.</i> , 1981)
	Volaille	poule pondeuse	Performance	8		faible	(Polin <i>et al.</i> , 1978b).
	Volaille	poulet en croissance	Performance	6		faible	(Ringer, 1978)
	Ruminant	veau	Performance	100		moyenne	(Robl <i>et al.</i> , 1978).
	Ruminant	vache laitière	Performance				(Robl <i>et al.</i> , 1978)
	Ruminant	vache laitière	Performance				(Wastell <i>et al.</i> , 1978)
	Porc	porc en croissance	Performance	1		minime	(Ku <i>et al.</i> , 1978)
	Rongeur	souris	Reprotoxique	10		faible	
	Poisson		Reprotoxique	0,00005		minime	
	Poisson		Reprotoxique	?			
	Poisson		Reprotoxique	0,1		minime	
		mammifères	Physiologique	?			
	Rongeur	souris	Physiologique	?			
Poisson		Physiologique	?				
Poisson		Physiologique					
Poisson		Physiologique	20		faible		
Rongeur	rat	Physiologique	100	50	moyenne		

Annexe 3 : Tableaux de recensement des transferts des contaminants dans les produits animaux

Tableau 37 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques dans l'oeuf

	COR valeur médiane(%) et (effectif)	BAF valeur médiane (effectif)	Classement	Espèce animale	Référence
arsenic		0,0013 (4)	négligeable	caille	(Desheng <i>et al.</i> , 2006) cité par (MacLachlan, 2011)
cadmium		0,079 (11)	faible	poule	(MacLachlan, 2011)
		0,012 (4)	faible	caille	
mercure		0,133	notable		(EFSA, 2008b).
fluor		0,0069 (3)	négligeable		(MacLachlan, 2011)
plomb		0,0005	négligeable		(Leeman <i>et al.</i> , 2007)
mélatmine		0,0190	faible	essais	(Wang, 2012)
		0,0193 (5)	faible	poule	(MacLachlan, 2011)
		0,0115 (3)	faible	Canard	
		0,0193 (5)	faible	Poule	
		0,0115 (3)	faible	Canard	
dioxine	9	0,18	faible		(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	14	0,28	notable		
	15 à 21 (3)	0,3 à 0,4	notable		
	10 à 14	0,2 à 0,3	notable		
	4	0,07	Faible		
	11	0,21	notable		
	15 à 20	0,3 à 0,4	notable		
	2,5	0,05	Faible		
	9,5	0,19	notable		
		<1	notable		(Petreas <i>et al.</i> , 1991)
		1,1	notable		(Pirard <i>et al.</i> , 2005)
	42 à 59 (30)	0,9 à 1,2 (0,6)	notable		
	28 à 31	0,6 à 0,7	notable		
	40 à 61	0,8 à 1,3	notable		
	42	0,9	notable		
	18	0,4	notable		
	33 à 37	0,8 à 1,0	notable		(Hoogenboom <i>et al.</i> , 2004)
	36 à 39 (28)	0,7	notable		
16 à 21	0,4	notable			
6	0,11 à 0,15	notable			
37 à 39 (27)	0,7	notable			
20	0,5	notable			
11	0,25	notable			

Avis Anses

Saisine n° 2015-SA-0075

PCB-DL	36 à 54	0,9 à 1,1	notable		
	72 à 80	1,5 à 1,9	notable		
	46 à 69	1,1 à 1,4	notable		
	6,7	0,2	notable		
	9 à 24	0,2 à 0,5	notable		(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	7 à 9	0,2	notable		
	15 à 26	0,4 à 0,6	notable		
	0,6 à 3,4	0,1 à 0,4	notable		(Pirard <i>et al.</i> , 2005)
PCB-NDL	2 à 5	0,1	Faible		(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	20 à 38	0,5 à 0,9	notable		
	1	< 0,1	faible		(De Vos <i>et al.</i> , 2005)
	14 à 28	0,3 à 0,6	notable		
	5	0,10 à 0,12	Faible		(Hoogenboom <i>et al.</i> , 2004)
	34 à 63	0,8 à 1,3	notable		
DON et dérivés		<LOD	négligeable	poule pondeuse	
Fumonisine B1 et B2		<LOD	négligeable	caille	(MacLachlan, 2011)
toxine HT2		pas de données			
Zearalenone		pas de données			
aflatoxine		0,01 (2)	négligeable	caille	(MacLachlan, 2011)
		0,0006 (4)	negligeable	poule	
ochratoxine		0,00086 (4)	negligeable		
Alcaloïdes de l'ergot		pas de données			
HBCDD isomère gamma	1,2	0,04 (1)	Faible		(Fournier <i>et al.</i> , 2012).
HBCDD isomère alpha	23	0,44 (1)	notable		(Dominguez-Romero <i>et al.</i> , 2016).
PBB		1,3 (1 par congénère)	notable		(Fries <i>et al.</i> , 1977)
PBDE (<= hepta)		0,07 (1)	Faible		(Pirard <i>et al.</i> , 2007)
TBBPA					
DDT/DDE	8 (1)		Faible	poule	(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
aldrine					
chlordane					
dieldrine	90 (6)		Notable		(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
endosulfan	0,13 (1)		négligeable		(Bargar, 2001)
endrine					
heptachlore	40 (3)		Notable		(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
HCH gamma	20,7 (3)		Notable		
HCH					
toxaphène	13,9 (3)		Notable		(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
HCB	5 (3)		Faible		

Tableau 38 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques dans le lait

	COR valeur médiane(%) et (effectif)	BAF valeur médiane (effectif)	Classement	Espèce animale	Référence
arsenic		0,003	Négligeable	vache	(Calvert <i>et al.</i> , 1980).
cadmium		0,57 (14)	Notable	vache	(MacLachlan, 2011)
		0,80 (2)	Notable	chevre	
mercure		0,0364 (8)	Faible		
fluor		0,003 (4)	Négligeable		
plomb	0,50		Négligeable		(Kan <i>et al.</i> , 2007)
mélamine		0,00517 (3)	Négligeable	bovin	(MacLachlan, 2011)
dioxine		3,95	Notable		(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	>10		Notable		(Huwe <i>et al.</i> , 2005)
	2 à 9		Faible		
	0 à 50		faible à notable		(McLachlan <i>et al.</i> , 1998)
	1 à 50		faible à notable		(Schuler <i>et al.</i> , 1997)
	1 à 60	0,03 à 11	faible à notable		(Lorber <i>et al.</i> , 2000)
	36 à 37	0,28 à 0,29	Notable		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	15 à 25	0,11 à 0,19	Notable		
	5 à 1,5	0,04 à 0,01	Faible		
	9,6	0,07	Faible		
	15 à 30	0,12 à 0,23	Notable		
	14 à 23 (5)	0,10 à 0,18 (0,04)	notable		
3,4 à 0,9	0,01 à 0,03	Faible			
PCB-DL		1,8	Notable		(Willet <i>et al.</i> , 1990)
		3,5	Notable		(Thomas <i>et al.</i> , 1999)
	5,5	0,03	Faible		(Ounnas <i>et al.</i> , 2010)
	9,3	0,07	Faible		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	27	0,24	Notable		
	55	0,34	Notable		(Ounnas <i>et al.</i> , 2010)
	124	0,95	Notable		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	76	0,59	Notable		
	58	0,35	Notable		(Ounnas <i>et al.</i> , 2010)
	84	0,65	Notable		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	19	0,12	Notable		(Ounnas <i>et al.</i> , 2010)
	18	0,14	Notable		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	47	0,29	Notable		(Ounnas <i>et al.</i> , 2010)

	52	0,4	Notable		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	20 à 32 (2)		Notable		(Huwe <i>et al.</i> , 2005)
	58	0,36	Notable		(Ounnas <i>et al.</i> , 2010)
	80	0,61	Notable		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	52	0,32	Notable		(Ounnas <i>et al.</i> , 2010)
	88	0,68	Notable		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	46	0,28	Notable		(Ounnas <i>et al.</i> , 2010)
	54	0,42	Notable		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	27 & 48 (2)	0,48	Notable		(Huwe <i>et al.</i> , 2005)
	42	0,33	Notable		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	68	0,52	Notable		
	26	0,2	Notable		
PCB-NDL	11	0,08	Faible		
	6	0,05	Faible		
	35	0,21	Notable		(Ounnas <i>et al.</i> , 2010)
	41	0,31	Notable		(Costera <i>et al.</i> , 2006)
	46	0,35	Notable		
	57	0,44	Notable		
		5 à 7		Faible	
DON et dérivés		0,0003 (3)	Négligeable	vache	
FB1		Pas de données			
toxine HT2		Pas de données			
Zearalenone		0,0024 (2)	Négligeable		(MacLachlan, 2011)
aflatoxine	1,44 (114)	0,013 (122)	Faible	vache	(AFSSA, 2009)
	1,7		Faible	vache	
	0,78 (6)	0,019 (6)	Faible	chevre	
	0,57 (14)	0,007 (14)	Négligeable	mouton	
Ochratoxine A		< LOD (1)	Négligeable	vache	(MacLachlan, 2011)
Alcaloïdes de l'ergot		< LOD, N=1	Négligeable	vache	(MacLachlan, 2011)
PBB	18 (1)	0,26 (2)	Notable		(Robl <i>et al.</i> , 1978) (Fries <i>et al.</i> , 1975)
PBDE (>= hepta)	0,2 (1)	2,1 (hepta)	Faible	vache	(Kierkegaard <i>et al.</i> , 2007)
PBDE (< hepta)	30 (1)		Notable	chèvre	(Kierkegaard <i>et al.</i> , 2009). (Ounnas <i>et al.</i> , 2010).
DDE	Pas de donnée				(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
DDT	6,67 (27)	0,103 à 0,577 (2)	Notable	vache	
aldrine	36,4 (7)				(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
chlordanne	1,52 (3)	0,005 (3)	Négligeable		Rosenbaum 2009 et (Kan <i>et al.</i> , 2007)
dieldrine	25,6 (21)	0,17 (4)	Notable		(MacLachlan, 2011) (BCF) (Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009) (COR)

Avis Anses

Saisine n° 2015-SA-0075

endrine	6,81 (25)				(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
heptachlore	2,95 (14)	0,22 (1)	Notable		(MacLachlan, 2011) (BCF) Rosenbaum 2009 (COR)
HCH gamma	5,53 (5)	0,0185 (3)	Faible		(MacLachlan, 2011) (BCF) Rosenbaum 2009 (COR)
HCH	Pas de donnée				
toxaphène	1,43 (16)	0,013 (4)	Négligeable		(MacLachlan, 2011) (BCF) Rosenbaum 2009 (COR)
HCB	36,4 (11)	0,098 à 0,47 (2)	Notable		(MacLachlan, 2011) (BCF) Rosenbaum 2009 (COR)
endosulfan		0,013 (3) 0,02 (1)	Faible	vache chèvre	(EFSA, 2005c)

Tableau 39 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques dans le foie

	BAF valeur médiane (effectif)	Classement	Espèce animale	Référence
arsenic	0,034 (6)	faible	mouton	(Calvert <i>et al.</i> , 1980).
	0,01 (1)	négligeable	Poulet	(Proudfoot <i>et al.</i> , 1991)
	0,0016 (4)	négligeable	Caille	(MacLachlan, 2011).
	0,11 (4)	faible	Bovin	(MacLachlan, 2011).
	0,0016 (2)	négligeable	vache	(Vreman, 1986)
cadmium	0,53 (28)	notable	bovin	(MacLachlan, 2011)
	1,4 (12)	notable	poulet	
	0,14 (3)	notable	Chevre	
	0,86 (8)	notable	Caille	
	0,36 (76)	notable	Mouton	
	0,46 (27)	notable	Porc	
mercure	0,29	notable	poulet	(EFSA, 2008b).
	0,131 (14)	notable	bovin	(MacLachlan, 2011).
	0,0828 (15)	faible	poulet	
	0,2 (6)	Notable	Ovin	
0,0023 (3)	négligeable	bovin		
fluor	0,034 (7)	Faible	poulet	(EFSA, 2004d).
	0,016 (2)	Faible		
	0,04	Faible	veau	
plomb	0,0373 (21)	Faible	bovin	(MacLachlan, 2011).
	0,013 (7)	Faible	ovin	
	0,0196 (10)	Faible	Porc	
	0,0178	Faible	poulet	
	0,011 - 0,032	Faible	poulet	
mélatmine	0,00375 (5)	négligeable	poulet	(MacLachlan, 2011)
	0,0009 (3)	négligeable	canard	
	0,00582 (4)	négligeable	Ovin	
	0,0091 (2)	négligeable	Bovin	
dioxine	18	notable	Poule	(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	2,1 à 2,2	notable	Poule	
	0,1 à 0,8 (variable delon les congénères)	notable	Poule	
	0,2 à 0,4	notable	Poule	
	0,8 à 1,0	notable	Poule	
	1,8 à 29	notable	Poule	
	2 à 6,7	notable	Poule	
PCB-DL	0,2 à 0,3	notable	Poule	(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	0,5 à 0,8	notable	Poule	(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	0,2 à 0,3	notable	Poule	(Pirard <i>et al.</i> , 2005)
	0,6	notable	Poule	(Pirard <i>et al.</i> , 2005)
PCB - NDL	0,03	faible	Porc	(Platonow <i>et al.</i> , 1976)

	0,3	notable	poulet	(Platonow <i>et al.</i> , 1972)
	≤ 0,02	faible	Poule	(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	0,2 à 0,4	notable	Poule	(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	0,18	notable	vache	Thomas et al 1999
DON et dérivés	<0,0025 (2)	négligeable	poule pondeuse	(MacLachlan, 2011)
	<0,0025; (3)	négligeable	poulet	
	0,0043 (5)	négligeable	Porc	
Fumonisine B1 et B2	0,0010 (3)	négligeable	canard	
	0,0059 (3)	négligeable	Dinde	
	0,0024 (1)	négligeable	poulet	
	0,00029 (1)	négligeable	Porc	
Toxine HT2	Pas de donnée			
Zearalenone	0,0049 (1)	négligeable	poule pondeuse	
	0,0038 (1)	négligeable	Dinde	
	0,017 (8)	faible	Porc	
aflatoxine	0,015 (1)	faible	Caille	
	0,0011 (4)	négligeable	poule pondeuse	
	0,0025 (1)	négligeable	canard	
	0,00095 (6)	négligeable	poulet	
	0,0024 (5)	négligeable	Dinde	
	0,00371 (14)	négligeable	Porc	
	0,0041 (1)	négligeable	Bovin	
	0,0014 (1)	negligeable	Ovin	
Ochratoxine A	0,011 (9)	faible	poulet	
	0,0069 (9)	négligeable	poule pondeuse	
	0,02 (18)	faible	Porc	
Alcaloïdes de l'ergot	Pas de donnée			
HBCDD isomère gamma	0,025 (1)	faible	pondeuse	(Fournier <i>et al.</i> , 2012).
HBCDD isomère alpha	0, 30 et 0,10	notable	pondeuse et poulet	(Dominguez-Romero <i>et al.</i> , 2016) (Jondreville <i>et al.</i> , 2017) (Royer <i>et al.</i> , 2017)
TBBPA		négligeable	Rat	
PBB	0,7 et 0,40 (1)	notable	pondeuse et porc	(Ku <i>et al.</i> , 1978) (Polin <i>et al.</i> , 1978b). ; (Fries <i>et al.</i> , 1977).
PBDE (<= hepta)	0,08 (poule pondeuse); 0,4 (vache laitière); 0,4 chèvre	notable	pondeuse, vache et chèvre	(Pirard <i>et al.</i> , 2007).; (Kierkegaard <i>et al.</i> , 2009); (Ounnas <i>et al.</i> , 2010)
DDT/DDE	Pas de donnée			
aldrine	Pas de donnée			
chlordanes	Pas de donnée			
dieldrine	0,133 (3) 0,4 (3)	notable	bovin	(MacLachlan, 2011)
endosulfan	0,128 (1)	notable	chèvre	(Indraningsih <i>et al.</i> , 1993)
endrine	Pas de donnée			
heptachlore	Pas de donnée			

Avis Anses**Saisine n° 2015-SA-0075**

HCH gamma	0,0183 (3) (bovin) 0,044 (3) (mouton) 0,0077 (3) (porc) 0,158 (3) (poule)	faible à notable	bovin; mouton, porc et poule	(MacLachlan, 2011)
HCH	Pas de donnée			
toxaphène	Pas de donnée			
HCB	0,467 (3)	notable	poule (rein)	(MacLachlan, 2011)

Tableau 40 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques dans le muscle

	BAF valeur médiane (effectif)	Classement	Espèce animale	Référence
arsenic	0,00052 (6)	Négligeable	Mouton	(Calvert <i>et al.</i> , 1980).
	0,0013 (2)	Négligeable	Poulet	(Proudfoot <i>et al.</i> , 1991)
	0,0005 (8)	Négligeable	Caille	(MacLachlan, 2011).
	0,091 (3)	Faible	Bovin	
	0,00066 (2)	Négligeable	Vache	
cadmium	0,048 (20)	Faible	porc, volaille, bovin	(MacLachlan, 2011)
	0,065 (11)	Faible	Poulet	
	0,0019 (2)	Négligeable	Chevre	
	0,048 (8)	Faible	Caille	
	0,049 (7)	Faible	Mouton	
	0,042 (11)	Faible	Porc	
mercure	0,121	Notable	Poulet	(EFSA, 2008b)
	0,0387 (10)	Faible	Bovin	(MacLachlan, 2011)
	0,0689 (15)	Faible	Poulet	
	0,0223 (6)	Faible	Ovin	
fluor	0,016 (3)	Faible	Poulet	
plomb	Sans objet			(EFSA, 2004d).
	0,0042 (10)	Négligeable	Bovin	(MacLachlan, 2011)
	0,0025 (8)	Négligeable	Ovin	
	0,0035 (2)	Négligeable	Porc	
mélatamine	0,010 - 0,012	Faible	Poulet	(Ding <i>et al.</i> , 2012).
	0,00202 (4)	Négligeable	Poulet	(MacLachlan, 2011)
	0,0011 (3)	Négligeable	Canard	
	0,00463 (4)	Négligeable	Ovin	
dioxine	0,3 à 0,5	Notable	Porc	(Spitaler <i>et al.</i> , 2005)
	0,5 à 0,7	Notable	Porc	
	0,6 à 1,1	Notable	Porc	
	0,04 à 0,06	Faible	Porc	
	0,01 à 0,06 / 0,4 à 0,5	faible / notable	Porc	
	0,2 à 0,6	Notable	Porc	
	nd à 0,02	Faible	Porc	
	nd à 0,06	Faible	Porc	
	nd à 0,15	Faible	Porc	
	0,15 à 0,24	Notable	Porc	
	nd à 0,1	Faible	Porc	
	0,06 à 0,17	Notable	Porc	
	nd à 0,09	Faible	Porc	
	0,2 à 0,4	Notable	Poule	

	0,04 à 0,07	Faible	Poule	
	0,2 à 0,5	Notable	Poule	
	0,06	Faible	Poule	
	nd	négligeable	Poule	
PCB-DL	0,16 à 0,3	Notable	Poule	
PCB -NDL	0,02 à 0,03	Faible	Poulet	(De Vos <i>et al.</i> , 2005)
	0,5 à 0,8	Notable	Poulet	
	nd ou ≤0,01	Négligeable	Poulet	
	0,09 à 0,19	Faible	Poulet	
	0,1 à 0,4	Notable	Poulet	
	0,09 à 0,2	faible à notable	Poulet	
	0,06 (500)	Faible	Vache	(Platonow <i>et al.</i> , 1972)
	0,03	Faible	Vache	(Thomas <i>et al.</i> , 1999)
	0,01 à 0,02	Faible	Porc	(Platonow <i>et al.</i> , 1976)
DON et dérivés	<0,00012; <0,0025 (2)	Négligeable	poule pondeuse	(MacLachlan, 2011)
	<0,00056; <0,0025 (3)	Négligeable	Poulet	
	0,0013; 0,0021 (2)	Négligeable	Porc	
	<LOD	Négligeable	Canard	
Fumonisine B1 et B2	<LOD	Négligeable	Dinde	
	0,00025	négligeable	Porc	
		Pas de donnée		
Toxine HT2				
Zearalenone	0,021 (1)	faible	Porc	
Aflatoxine	0,00051 (1)	négligeable	Caille	(MacLachlan, 2011)
	0,00003 (3)	négligeable	poule pondeuse	
	0,00012 (1)	négligeable	Canard	
	0,0002 (4)	négligeable	Poulet	
	0,00003	négligeable	Dinde	
	0,00240 (7)	négligeable	Porc	
Ochratoxine A	0,0042 (8)	négligeable	Poulet	
	0,009 (4)	négligeable	poule pondeuse	
	0,027 (17)	faible	Porc	
Alcaloïdes de l'ergot				
HBCDD isomère alpha	0,65 (poule) ; 0,03 (poulet); 0,23 (poulet); 0,32 (porc) (1)	notable	poule, porc, poulet	(Dominguez-Romero <i>et al.</i> , 2016) (Jondreville <i>et al.</i> , 2017); (Royer <i>et al.</i> , 2017)
TBBPA				
	Pas de donnée			
PBB	0,08 (poule pondeuse) 0,33 (porc) (1)	faible	poule, porc	(Ku <i>et al.</i> , 1978). (Polin <i>et al.</i> , 1978b, Fries <i>et al.</i> , 1977)
PBDE (>= hepta)	1,5 (hepta) à 0,3 (deca) (1)	notable	Vache	(Kierkegaard <i>et al.</i> , 2007)
PBDE (<= hepta)	0,08 (poule) 0,11 à 0,4 (vache laitière) 0,4 (chèvre)	notable	poule, vache, chèvre	(Pirard <i>et al.</i> , 2007) (Kierkegaard <i>et al.</i> , 2009). (Ounnas <i>et al.</i> , 2010).
DDE				
	Pas de donnée			
DDT		faible		(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
aldrine		notable		(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)

chlordane		notable		(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
dieldrine	0,5778 (7) (bovin) 1,06 (4) (porc) 0,53; (4) (mouton)	notable	bovin, porc, mouton	(MacLachlan, 2011)
endosulfan	0,042 (1)	négligable		(Indraningsih <i>et al.</i> , 1993)
endrine		faible		(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
heptachlore	Pas de donnée	notable ?		(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
HCH gamma	0,044 (3)(bovin) 0,052, (3) (mouton) 0,014; (2)(porc) 0,127 (3) (poule)	faible à notable	bovin, mouton, porc, poule	(MacLachlan, 2011) (BCF) (Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009) (COR)
HCH	Pas de donnée			
toxaphène		faible		(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)
HCB		notable		(Rosenbaum <i>et al.</i> , 2009)

Tableau 41 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques dans la graisse

	BAF valeur médiane (effectif)	Classement	Espèce animale	Référence	
arsenic	0,13	Notable	bovin	(MacLachlan, 2011)	
cadmium	pas de données				
mercure	0,0739 (2)	Faible	bovin	(MacLachlan, 2011)	
Fluor	Pas de données				
plomb	0,0116 (6)	Faible	bovin	(MacLachlan, 2011)	
mélamine	NR				
dioxine	1,0 à 1,5	Notable	poule	(Traag <i>et al.</i> , 2006)	
	0,4 à 0,6	Notable	poule		
	0,1	Notable	poule		
	1,8	Notable	poule		
	0,8 ou nd	Notable	poule		
	0,1	Notable	poule		
	0,5 à 0,75	Notable	porc	(Hoogenboom <i>et al.</i> , 2004)	
	0,09 à 0,25	Notable	porc		
	0,05	Notable	porc		
	0,1	Notable	porc		
	0,25 à 0,5	Notable	porc		
	nd (< 0,02)	Notable	porc		
	1,5 à 2,6	Notable	poulet		
	0,5 à 0,9	Notable	poulet		
	0,04 (nd)	Notable	poulet		
	0,8 à 2,3	Notable	poulet		
	0,2 à 0,3	Notable	poulet		
	nd	Notable	poulet		
	2,7 à 18	Notable	poule		(Pirard <i>et al.</i> , 2005)
	5,3	Notable			(Huwe <i>et al.</i> , 2005)
6,8 à 8,8	Notable		(Traag <i>et al.</i> , 2006)		
5,3	Notable		(Iben <i>et al.</i> , 2003)		
0,2 à 11	Notable		(Feil <i>et al.</i> , 2000)		
PCB DL	0,6 à 1,8	Notable	poule	(Traag <i>et al.</i> , 2006)	
	1,3 & 3,6	Notable	poule	(Pirard <i>et al.</i> , 2005)	
	9 à 11	Notable	poule		
	1,7 à 3,7	Notable	poule	(Hoogenboom <i>et al.</i> , 2004)	
	0,11	Notable	porc		
0,6 à 1,0	Notable	porc			
PCB-NDL	4,5	Notable	vache	(Thomas <i>et al.</i> , 1999)	
	0,07	Faible	porc	(Bouchard <i>et al.</i> , 1976)	

	1,3 à 1,6	Notable	porc	
	0,4 à 0,7	Notable	porc	
	0,14	Notable		
	0,5 à 0,7	Notable	agneau	
	1,2 à 4,4	Notable	agneau	
	18	Notable	vache	(Platonow <i>et al.</i> , 1972)
	0,5 – 1,2	Notable	poulet	(De Vos <i>et al.</i> , 2005)
	12 à 20	Notable	poulet	
	0,3 à 0,8	Notable	vache	(Platonow <i>et al.</i> , 1976)
	1,3 à 1,5	Notable	poule	(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	0,2 à 0,5	Notable	poule	(Traag <i>et al.</i> , 2006)
	6 à 8	Notable	poulet	(De Vos <i>et al.</i> , 2005)
	0,12	Notable	porc	
	0,6 à 0,9	Notable	porc	
	0,5	Notable	poulet	(Hoogenboom <i>et al.</i> , 2004)
	0,9 à 2	Notable	poulet	
	6,7 à 8,5	Notable	poulet	(Hansen <i>et al.</i> , 1983)
	1,3	Notable	poulet	(Willet <i>et al.</i> , 1990)
	1 à 18	Notable	poulet	(Ueberschär <i>et al.</i> , 1986)
	0,5 à 7,5	Notable	poulet	
DON et dérivés	0,00036 (1)	Négligeable	porc	(MacLachlan, 2011)
Fumonisine B1 et B2	pas de donnée			
toxine HT2	Pas de donnée			
Zearalenone	Pas de donnée			
Aflatoxine	0,0002 (2)	Négligeable	porc	(MacLachlan, 2011)
Ochratoxine	Pas de donnée			
Alcaloïdes de l'ergot	Pas de donnée			
HBCDD isomère gamma	0,40 (1)	Notable	poule	(Fournier <i>et al.</i> , 2012).
HBCDD isomère alpha	9,2 (poule) 8,2 (poulet) 6,6 (porc) (1)	Notable	poule, poulet, porc	(Dominguez-Romero <i>et al.</i> , 2016). (Jondreville <i>et al.</i> , 2017, Royer <i>et al.</i> , 2017)
TBBPA	Pas de donnée			
PBB	1,4 à 4 (poule) 3,2 (porc) 3,4 (vache) (1)	Notable	poule, porc, vache	(Robl <i>et al.</i> , 1978). (Ku <i>et al.</i> , 1978, Polin <i>et al.</i> , 1978b); (Fries <i>et al.</i> , 1977).
PBDE (>= hepta)	75 (hepta) à 4 (déca) (1) (N=1)	Notable	vache laitière	(Kierkegaard <i>et al.</i> , 2007)
PBDE (<= hepta)	1 (poule) 0,4 à 9 (vache laitière) 3 (Chèvre)	Notable		(Pirard <i>et al.</i> , 2007) (Kierkegaard <i>et al.</i> , 2009) (Ounnas <i>et al.</i> , 2010)
DDE	Pas de donnée			
DDT	3,08 (5)	Notable	mouton	(MacLachlan, 2011)
aldrine	Ps de donnée			

chlordane	Pas de donnée			
dieldrine	3,6 (7) (bovin) 3,15 (4) (porc) 1,1 (4) (mouton) 26,76 (6) (poule)	notable	bovin, porc, mouton, poule	(MacLachlan, 2011)
endosulfan	0,057 (1)	faible	chèvre	(Indraningsih <i>et al.</i> , 1993)
endrine	Pas de donnée			
heptachlore	1,489 (5) (bovin) 0,863 (3) (poule)	notable	Bovin, poule	(MacLachlan, 2011)
HCH gamma	0,6 (3) (bovin) 1,2 (3) (mouton) 0,27 (2) (porc) 9 (3) (poule)	notable	bovin, poule, mouton, porc	(MacLachlan, 2011)
HCH	Pas de donnée			
toxaphène	0,143 (3) (bovin)	notable	bovin	(MacLachlan, 2011)
HCB	4,1 (6) (bovin) 7,667 (3) (porc) 8,8 à 10 (2) (mouton) 12,6 (10)	notable	bovin, porc, mouton	(MacLachlan, 2011)

Tableau 42 : Recensement des études de classification du transfert des contaminants chimiques chez le poisson

	taux transfert dans le muscle (COR) médiane % (N)	Fact de bioaccumulation (BCF) médiane (N)	Classement	Espèce	Référence
arsenic		0,059 (8)	faible		(Zhang <i>et al.</i> , 2016)
cadmium		0,002 (7)	faible		(Okorie, 2014)
mercure		0,33	notable		(EFSA, 2008b).
fluor		0,011 (4)	faible		(Kåre Julshamn <i>et al.</i> , 2004)
plomb		(pas de valeur)	négligeable		(Ciardullo <i>et al.</i> , 2008)
mélamine		0,0352	faible		(Liu <i>et al.</i> , 2014)
DON et dérivés		Pas de donnée			
FB1 et FB2		Pas de donnée			
toxine HT2		Pas de donnée			
ZEN		Pas de donnée			
aflatoxine		Pas de donnée			
ochratoxine		Pas de donnée			
ergot		Pas de donnée			
dioxines		0,73 à 0,76	notable		(Berntsson <i>et al.</i> , 2016)
	25 (PCDF) 35 à 63 (PCDD)		notable	Zebrafish	(Arnoldsson <i>et al.</i> , 2012)
PCB DL		0,79 à 0,86	notable	saumon	(Berntsson <i>et al.</i> , 2016)
	126 (non-ortho PCBs)		notable	Zebrafish	(Arnoldsson <i>et al.</i> , 2012)
HAP (BaP)	4,4 (Phe), 1 (Pyr)		négligeable	perche	(Lazartigues <i>et al.</i> , 2010)
HBCDD isomère alpha		0,4 (1)	notable	saumon	(Berntsson <i>et al.</i> , 2016))
PBB	Pas de donnée				
PBDE	5,2 à 52	1 à 150	notable	truite arc en ciel	(Tomy <i>et al.</i> , 2004)
tetra PBDE (47)		0,6 (1)	notable	Oryzias latipes)	(Gonzalez-Doncel <i>et al.</i> , 2016)
TBBPA			négligeable		
DDE	Pas de donnée			saumon	
DDT	43		notable		(Berntsson <i>et al.</i> , 2016)
aldrine	Pas de donnée				
chlordan	24 à 37		notable	truite)	(EFSA, 2007b)
dieldrine	80 à 160		notable		
endosulfan	< 0,2		négligeable		
endrine	Pas de donnée				
heptachlore	40 à 44		notable		
HCH gamma	17,3 à 23,3		notable		
HCH			notable		
toxaphène	17 à 33		notable	truite et saumon	
HCB	30		notable	saumon	(Berntsson <i>et al.</i> , 2016)(EFSA, 2005h)