



AGENCE FRANÇAISE
DE SÉCURITÉ SANITAIRE
DES ALIMENTS

Afssa – Saisine n° 2009-SA-0249

Saisine liée n° 2009-SA-0087

Maisons-Alfort, le 20 avril 2010

AVIS

De l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à un dossier de contamination de sols en dioxines et PCB de type dioxine et à l'utilisation possible de ces sols en lien avec d'éventuelles répercussions sur la qualité sanitaire de certains produits agricoles (avis complémentaire)

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL

1. RAPPEL DE LA SAISINE

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a été saisie le 7 septembre 2009 par la Direction Générale de l'Alimentation d'une demande d'avis complémentaire sur un dossier relatif à l'utilisation de sols contaminés en dioxines et PCB de type dioxines pour l'élevage en plein air de porcs et de volailles (utilisations possibles de ces sols en lien avec d'éventuelles répercussions sur la qualité sanitaire de certains produits agricoles).

2. CONTEXTE

Le 21 août 2008, un incendie survenu dans une installation de recyclage de palettes de bois à Saint Cyprien (42) a généré l'émission de fumées pendant trois mois environ ; des analyses réalisées dans un rayon de 5 km autour de la parcelle sinistrée, ont mis en évidence la contamination en dioxines et PCB de type dioxine (PCB-DL ou Dioxine-like) de l'air, du sol, des cultures et des ensilages, ainsi que du lait et des bovins et ovins sur pied. Par ailleurs, une contamination historique de la parcelle sinistrée par des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), des métaux lourds et des PCB est très vraisemblable.

Le 27 juillet 2009¹, l'Afssa a rendu un avis concernant le risque de contamination de la chaîne alimentaire à partir d'activités agricoles conduites sur sols contaminés, en particulier le risque lié à la remise à l'herbe des troupeaux de bovins et d'ovins dans la zone de Saint Cyprien, et l'influence des pratiques d'élevage sur le risque de contamination de la chaîne alimentaire à partir du sol. Dans cet avis, l'Afssa estime que les valeurs de contamination tolérables dans les sols pour éviter un risque de non conformité de la viande et/ou du lait issus des bovins et ovins ayant pâturé dans la zone « sinistrée » sont comprises entre 4 et 20 pg TEQ²/g de sol sec selon les différentes catégories d'animaux étudiés.

L'Afssa est interrogée dans cette nouvelle saisine sur le risque de contamination par des dioxines et PCB-DL des denrées alimentaires issues de porcs et de volailles par ingestion de sol dans le cas d'élevages en plein air, et sur des propositions de recommandations visant à réduire la consommation de sol par les animaux.

27-31, avenue
du Général Leclerc
94701

Maisons-Alfort cedex
Tel 01 49 77 13 50
Fax 01 49 77 26 13
www.afssa.fr

REPUBLIQUE
FRANÇAISE

¹ Saisine 2009-SA-0087

² Toutes les données sont exprimées en TEQ OMS 98.

3. METHODE D'EXPERTISE

L'expertise collective a été réalisée par le Comité d'experts spécialisé « Alimentation animale » réuni les 19 janvier et 16 février 2010 et par le Comité d'experts spécialisé « Résidus et contaminants chimiques et physiques » réuni le 29 mars 2010, après analyse des données bibliographiques disponibles.

4. ARGUMENTAIRE

L'avis de l'Afssa est fondé sur l'avis des Comités d'experts spécialisés « Alimentation animale » et « Résidus et contaminants chimiques et physiques » dont les éléments sont présentés ci-dessous :

Comme rappelé dans l'avis de l'Afssa du 27 juillet 2009, il n'existe pas en France à ce jour de restriction réglementaire d'usage des sols contaminés en dioxines ou PCB-DL.

Afin d'estimer, dans le cas particulier de l'incendie de St Cyprien, la concentration en dioxines et PCB-DL qui ne doit pas être dépassée dans le sol (en pg TEQ/g de sol sec) pour permettre l'élevage de porcs plein air et de volailles plein air destinés à la consommation humaine (poulets et poules pondeuses), différentes simulations ont été conduites. Ces simulations reposent sur l'estimation du niveau de contamination des denrées alimentaires d'origine animale à partir de celui du sol selon différentes hypothèses d'exposition (niveau d'ingestion de sol par les animaux) et de biodisponibilité des polluants chez l'animal. Ces simulations se basent sur des élevages d'animaux recrutés hors de la zone concernée par la contamination, et ayant un niveau de contamination initial de 0,5 pg TEQ/g de lipides corporels. Ce niveau de contamination initial de 0,5 pg TEQ/g de lipides corporel (bruit de fond) a été retenu pour les porcs qui sont recrutés à 25 kg de poids vif. Pour les volailles, le bruit de fond de contamination est considéré comme négligeable compte tenu de la masse de lipides très faible chez les poussins. En ce qui concerne les œufs, le modèle de la poule pondeuse est considéré à l'état d'équilibre (quantité de contaminants ingérée égale à la quantité de contaminants exportée dans les œufs) de telle sorte que le bruit de fond de la contamination du tissu adipeux de la poule n'intervient pas.

Le sol a été considéré comme la seule source de contamination significative de dioxines et PCB-DL pour les animaux. En l'absence d'éléments permettant de quantifier la volatilisation des PCB-DL du sol et leur adsorption à la face inférieure des feuilles, les végétaux et autres aliments ayant pu être ingérés ont été considérés comme non contaminés.

Les simulations ont été réalisées en retenant la limite réglementaire, pour la somme des dioxines et PCB-DL, de 1,5 pg TEQ/g de matière grasse pour la viande de porc, de 4 pg TEQ/g de matière grasse pour la viande de volaille, et de 6 pg TEQ/g de matière grasse pour les œufs de poule (Règlement CE n°1881/2006).

4.1 Synthèse des données bibliographiques disponibles

L'estimation de la quantité de sol ingérée par l'animal a été adaptée en fonction de l'espèce considérée, sur la base des données disponibles dans la littérature comme détaillé en **annexes 1 et 2**. Cette analyse de la littérature révèle que, quelle que soit l'espèce animale considérée, une variabilité importante du niveau d'ingestion de sol. Pour chaque espèce, deux niveaux d'ingestion de sol ont été retenus : une hypothèse d'ingestion faible et une hypothèse élevée. Pour les porcins comme pour les volailles, elles sont fixées respectivement à 5 et 25% de la matière sèche ingérée.

Le coefficient de transfert des dioxines et PCB-DL vers les matières grasses corporelles et exportées (lait, œufs) varie de 0,05 à 0,9 selon les congénères de dioxines ou PCB-DL considérés. On peut estimer que la biodisponibilité d'un mélange présent dans un aliment (ou de l'huile) est proche de 100% pour les porcs (**annexe 3**). Elle semble être de 90% chez les oiseaux comme rapportée par divers auteurs (**annexe 4**). La littérature indique que les dioxines et PCB-DL présents dans le sol présentent une biodisponibilité réduite de 40% à 60% par rapport à une matrice aliment ou huile. La valeur de coefficient de transfert retenue dans les simulations suivantes (exprimés en TEQ) des dioxines et PCB-DL présents dans le sol est de 0,5 chez le porc et chez les volailles.

4.2 Estimation du risque de contamination de la chaîne alimentaire à partir d'activités conduites sur sol contaminé

4.2.1 Estimation des niveaux maximum de contamination en dioxines et PCB-DL dans les sols permettant d'éviter une non-conformité de la viande chez les porcs charcutiers plein air

Sur la base des hypothèses suivantes :

- Recrutement des porcs à 25 kg de poids vif dont 3 kg de tissu adipeux (12% du poids corporel)
- Coefficient de transfert de 0,5
- Modèle à un compartiment (pas d'excrétion des contaminants absorbés)
- Contamination initiale du tissu adipeux d'environ 0,5 pg TEQ/g de matière grasse
- Poids final pour un porc charcutier de 110 kg dont 22 kg de tissu adipeux (20% du poids corporel) soit un gain de poids de 85 kg de poids corporel
- consommation de 272 kg d'aliment (à 13% d'humidité) soit 237 kg de MS ingérée sur la période d'engraissement (indice de consommation de 3,2)
- Hypothèse forte d'ingestion de sol (25% de la MS) soit 59,25 kg de sol ingéré
- Ou hypothèse faible d'ingestion de sol (5% de la MS) soit 11,5 kg de sol ingéré

Les valeurs limites en dioxines et PCB-DL acceptables dans les sols pour éviter une non-conformité de la viande de porc charcutier plein air ont été estimées respectivement à **5,3 et 1,1 pg TEQ/g de sol sec selon l'hypothèse d'ingestion de sol contaminé (5 ou 25 % de la matière sèche ingérée).**

4.2.2 Estimation des niveaux maximum de contamination en dioxines et PCB-DL dans les sols permettant d'éviter une non-conformité de la viande chez les porcs charcutiers lourds plein air

Sur la base des hypothèses suivantes :

- Porc recruté à 25 kg poids vif dont 3 kg de tissu adipeux (12% du poids corporel)
- Coefficient de transfert de 0,5
- Modèle à un compartiment (pas d'excrétion des contaminants absorbés)
- Contamination initiale du tissu adipeux d'environ 0,5 pg TEQ/g de matière grasse
- Poids final pour un porc charcutier lourd de 150 kg dont 45 kg de tissu adipeux (30% du poids corporel) soit un gain de poids de 125 kg de poids corporel
- Consommation de 450 kg d'aliment (à 13 % d'humidité) soit 392 kg de MS ingérée sur la période d'engraissement (indice de consommation de 3,6)
- Hypothèse forte d'ingestion de sol (25% de la MS) soit 98 kg de sol
- Ou hypothèse faible d'ingestion de sol (5% de la MS) soit 19,6 kg de sol

Les valeurs limites en dioxines et PCB-DL acceptables dans les sols pour éviter une non-conformité de la viande de porc charcutier lourds plein air ont été estimées respectivement à **6,7 et 1,4 pg TEQ/g de sol sec selon l'hypothèse d'ingestion de sol contaminé (5 ou 25% de la matière sèche ingérée).**

Le fait de prolonger la période d'élevage augmente la quantité de sol ingérée sur la période et amène les animaux vers un état d'engraissement supérieur. Ces deux facteurs se compensent mutuellement et les valeurs limites en dioxines et PCB-DL acceptables dans les sols sont proches.

4.2.3 Estimation des niveaux maximum de contamination en dioxines et PCB-DL dans les sols permettant d'éviter une non-conformité de la viande chez les truies en plein air

Une simulation appliquée au cas de la truie en plein air est nettement plus difficile que pour le porc charcutier car les contaminants absorbés sont partagés entre le tissu adipeux et la matière grasse

du lait (excrétion). Les lois de partage entre ces compartiments sont peu renseignées dans la littérature.

Ainsi, la simulation pour le cas d'une truie se limite à la période avant la lactation, de l'introduction de la cochette à la 1^{ère} mise bas.

La simulation a été réalisée sur la base des hypothèses suivantes :

- Cochette introduite à 140 kg poids vif dont 21,6 kg de tissu adipeux (15% du poids corporel)
- Coefficient de transfert de 0,5
- Modèle à un compartiment (pas d'excrétion des contaminants absorbés)
- Contamination initiale du tissu adipeux d'environ 0,5 pg TEQ/g de matière grasse
- Poids final après la mise bas (113 jours de gestation) : 198 kg soit une accumulation de 20 kg de tissu adipeux supplémentaire (soit 41,6 kg de tissus adipeux au total)
- consommation de 305 kg d'aliment (à 13% d'humidité) sur la période (soit 265 kg de MS ingérée)
- Hypothèse forte d'ingestion de sol (25% de la MS) soit 66,25 kg de sol
- Ou hypothèse faible d'ingestion de sol (5% de la MS) soit 13,25 kg de sol

Les valeurs limites en dioxines et PCB-DL acceptables dans les sols pour éviter une non-conformité de la viande de truie à la mise bas avant lactation ont été estimées respectivement à **7,8 et 1,6 pg TEQ/g de sol sec selon l'hypothèse d'ingestion de sol contaminé (5 ou 25% de la matière sèche ingérée)**.

Les connaissances disponibles dans la littérature ne permettent pas une simulation au-delà de la 1^{ère} mise bas, mais il est probable qu'une truie exposée accumule les contaminants ingérés dans son tissu adipeux, même lors de la lactation.

Valeurs limites acceptables des concentrations en dioxines et PCB-DL dans les sols pour les porcs plein air

	Concentration des dioxines et PBC-DL dans le sol (pg TEQ/g de sol sec)		
	Porcs charcutier	Porcs charcutier lourd	Truie pendant gestation
Ingestion de sol			
Faible (5% de la MS)	5,3	6,7	7,8
Forte (25% de la MS)	1,1	1,4	1,6

4.2.4 Estimation des niveaux maximum de contamination en dioxines et PCB-DL dans les sols permettant d'éviter une non-conformité de la viande chez les poulets de chair en plein air

Sur la base des hypothèses suivantes :

- Poulet de chair de poids initial de 450 g lors de l'accès au parcours (28 jours)
- Coefficient de transfert de 0,5
- Modèle à un compartiment (pas d'excrétion des contaminants absorbés)
- Valeur de contamination initiale négligeable compte tenu de la faible quantité de tissu adipeux chez le poussin
- Poids final de 2500 g dont 450 g de tissu adipeux (18% du poids corporel)
- Consommation totale d'aliment sur la période d'élevage en plein air : 5350 g d'aliment sec (13% humidité) pour un indice de consommation de 3
- Hypothèse forte d'ingestion de sol (25% de la MS) soit 1337,5 g de sol
- Ou hypothèse faible d'ingestion de sol (5% de la MS) soit 267,5 g de sol

Les valeurs limites en dioxines et PCB-DL acceptables dans les sols pour éviter une non-conformité de la viande de poulet ont été estimées respectivement à **13,5 et 2,7 pg TEQ/g de sol sec selon l'hypothèse d'ingestion de sol contaminé (5 ou 25% de matière sèche ingérée)**.

4.2.5 Estimation des niveaux maximum de contamination en dioxines et PCB-DL dans les sols permettant d'éviter une non-conformité des œufs issus de poules élevées en plein air

Sur la base des hypothèses suivantes :

- Hypothèse du modèle d'une poule pondeuse à l'état d'équilibre (quantité de contaminants ingérés égale la quantité de contaminants exportée dans les œufs) : le bruit de fond de la contamination du tissu adipeux de la poule n'intervient pas
- Coefficient de transfert de 0,5
- Excrétion quotidienne de 6 g de matière grasse dans l'œuf
- Consommation quotidienne d'aliment de 115 g (à 13% d'humidité) soit 100 g de MS
- Hypothèse forte d'ingestion de sol (25% de la MS) soit 25 g de sol
- Ou hypothèse faible d'ingestion de sol (5% de la MS) soit 5 g de sol

Les valeurs limites en dioxines et PCB-DL acceptables dans les sols pour éviter une non-conformité des œufs issus de poules plein air ont été estimées respectivement à **14,4 et 2,9 pg TEQ/g de sol sec selon l'hypothèse d'ingestion de sol contaminé (5 ou 25% de matière sèche ingérée)**.

Valeurs limites acceptables des concentrations en dioxines et PCB-DL dans les sols pour les volailles plein air

	Concentration dans le sol (pg TEQ/g de sol sec)	
	Poulet de chair	Poule pondeuse
Ingestion de sol		
Faible (5% de la MS)	13,5	14,4
Forte (25% de la MS)	2,7	2,9

5. CONCLUSION

Considérant,

- La complexité des modalités de transfert des polluants organiques persistants dans la chaîne alimentaire ;
- L'absence de données suffisamment robustes à St Cyprien concernant les niveaux de contamination des sols et des denrées alimentaires issues des animaux ;
- L'imprécision des coefficients de transfert des dioxines et PCB-DL issus de la littérature.

Afin d'éviter un risque de non-conformité de la viande de porc ou de poulet et des œufs, l'Afssa estime que les valeurs de contamination tolérables dans les sols sont comprises entre **1 et 10 pg**

TEQ/g de sol sec pour les porcs plein air, et entre 3 et 15 pg TEQ/g de sol sec pour les volailles plein air.

Sur la base de ces estimations, des données disponibles à St Cyprien, et en prenant en compte une incertitude analytique pour le dosage des dioxines et PCB-DL de 20%, la valeur limite de **2 pg TEQ/g de sol sec pour les porcs plein air et de 4 pg TEQ/g de sol sec pour les volailles plein air** peut être considérée comme une valeur d'alerte nécessitant la mise en œuvre de mesures complémentaires consistant à :

- i) mettre en place un plan de surveillance des produits animaux destinés à l'alimentation humaine (œufs et viandes) ainsi que des sols et des végétaux de la zone ;
- ii) confirmer la représentativité spatiale de la contamination de la zone par la mise en œuvre d'analyses complémentaires des sols ;
- iii) appliquer les recommandations permettant de limiter l'ingestion de terre par les volailles et porcs plein air présentées dans **l'annexe 5**.

Les recommandations de cet avis ne peuvent en aucun cas être généralisées à d'autres sites soumis à une pollution atmosphérique dont la source d'émission est stoppée ou encore en cours.

Le directeur général

Marc MORTUREUX

MOTS-CLES

Dioxines, PCB-DL, sols, alimentation animale, contamination, porc, poulet de chair, poule pondeuse

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Avis de l'Afssa du 27 juillet 2009 relatif à la contamination de sols en dioxine et PCB de type dioxine et à l'utilisation possible de ces sols en lien avec d'éventuelles répercussions sur la qualité sanitaire de certains produits agricoles

- De Vries M., Kwakkel R.P., Kijlstra A., 2006. Dioxins in organic eggs: a review. *NJAS*, 54, 207-2006.
- Drouillard, K. G., Norstrom, R. J., 2000. Dietary absorption efficiencies and toxicokinetics of polychlorinated biphenyls in ring doves following exposure to aroclor® mixtures. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19, 2707-2714.
- Fournier F., Feidt C., Martin O., Travel A., Jondreville C., 2009. Elaboration d'un modèle de transfert des polluants organiques persistants du sol vers l'œuf de poule : un outil pour sécuriser les systèmes de production avicole. In : *proc. 2èmes rencontres Nationales de la recherche sur les sites et sols pollués*, 20-21 octobre 2009, Paris, 4 p.
- Fries G.F., Marow G.S., Snow P.A., 1982. Soil ingestion by swine as a route of contaminant exposure. *Environmental Toxicology and Chemistry* 1, 201-204.
- Horsted K., Hermansen J.E., Ranvig H., 2007. Crop content in nutrient-restricted versus non-restricted organic laying hens with access to different forage vegetations. Crop content in nutrient-restricted versus non-restricted organic laying hens with access to different forage vegetations. *Br. Poult. Sci.*, 48, 177-184.
- Iben C., Böhm J., Tausch H., Leibetseder J., Luf W., 2003. Dioxin residues in the edible tissue of broiler chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 87, 142-148.
- Kan K., 2005. Chemical residues in poultry and eggs produced in free-range or organic systems. Proceedings of the XIth European Symposium on the quality of egg and egg products. *Doorwerth*, 23-26 May 2005, The Netherlands, n°210, 8 p.
- Kjaer J. B., Isaksen P. K., 1998. Individual use of the free range area by laying hens and effects of genetic strain. *Proc. 32nd congress of the International Society of Applied Ethology, Clermond-Ferrand*.
- Le Goff G., Noblet J, 2001. Utilisation digestive comparée de l'énergie des aliments chez le porc en croissance et la truie adulte. *Journées de la Recherche Porcine en France* 33, 211-220.
- MacLachlan D. J., 2008. Transfer of fat-soluble pesticides from contaminated feed to poultry tissues and eggs. *Br. Poult. Sci.*, 49, 290-298.
- McConnell EE, Lucier GW, Rumbaugh RC, Albro PW, Harvan DJ, Hass JR, Harris MW, 1986. Dioxin in soil: Bioavailability after ingestion by rats and Guinea pigs. *Science* 223, 1077-1079.
- Noblet J, Etienne M, 1989. Estimation of sow milk nutrient output. *Journal of Animal Science*, 67, 3352-3359.
- Opdycke J. C., Menzer R. E., 1984. Pharmacokinetics of diflufenuron in two types of chickens. *J. Toxicol. Environ. Health*, 134, 721-733.
- Règlement n° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires, *J. Off. Commun. Eur.*, L364, 5-24.
- Reid B.J., Jones K.C., Semple K.T., 2000. Bioavailability of persistent organic pollutants in soils and sediments-a perspective on mechanisms, consequences and assessment. *Environ. Pollut.*, 108, 103-112.
- Rivera Ferre M.G., Edwards S.A., Mayes R.W., Riddoch I., DeB. Hovell F.D., 2001. The effect of season and level of concentrate on the voluntary intake and digestibility of herbage by outdoor sows. *Animal Science*, 72:501-510.
- Salmon Legagneur E., Michel M., 1955. Action des antibiotiques sur porcelets allaités. *Annales de zootechnie*, 153-163.
- Stephens RD, Petreas MX, Hayward DG, 1995. Biotransfer and bioaccumulation of dioxins and furans from soil: Chickens as a model for foraging animals. *Sci. Total Environm.* 175, 252-273.
- Schoeters G., Goyvaerts MP, Ooms D, van Cleuvenbergen R, 2004. The evaluation of dioxin and dioxin-like contaminants in selected food samples obtained from the Belgian market: comparison of TEQ measurements obtained through the CALUX bioassay with congener specific chemical analysis. *Chemosphere* 54, 1289-1297.
- Schoeters G., Hoogenboom R., 2006. Contamination of free-range chicken eggs with dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls. *Molecul. Nutr. Food Res.*, 50, 908-914.
- Tlustos C., Pratt I., Poylan R., Neilan R., White S., Fernandes A., Rose M., 2004. Investigation into levels of dioxins, furans and PCBs in battery, free range, barn and organic eggs. *Organohalogen Compounds*, 66, 1901-1907.

- Travel A., Jondreville C., Guinvarch J., Chabault M., Lubac S., Feidt C., Marchand P., Bonnard R., Le Bouquin-Neveu S., Allain V., Thébault A., Gonnier V., Nys Y., 2008. La filière fait le point sur le risque de transfert de polluants organiques persistants vers les œufs. *Tema*, 6, 11-19.
- Umbreit TH, Hesse EJ, Gallo MA 1986. Bioavailability of dioxin in soil from a 2,4,5-T manufacturing site. *Science* 232, 497-499.
- Van der Meulen J., Kwakernaak C., Kan C.A., 2008. Sand intake by laying hens and its effect on egg production parameters. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92, 426-431.
- Van Eijkeren J. C. H., Zeilmaier M. J., Kan C. A., Traag W. A., Hoogenboom L. A. P. (2006). A toxicokinetic model for the carry-over of dioxins and PCBs from feed and soil to eggs. *Food Addit. Contam.*, 23, 509-517.
- Van Overmeire I., Pussemier L., Waegeneers N., Hanot V., Windal I., Boxus L., Covaci A., Epe G., Scippo M. L., Sioen I., Bilau M., Gellynck X., De Steur H., Tangni, E. K., Goeyens L., 2009. Assessment of the chemical contamination in home-produced eggs in Belgium: General overview of the CONTEGG study. *Sci. Tot. Environ.* 407, 4403-4410.
- Vaudelet J.C. 1984. Le naissage des porcelets en plein air : démarrage des élevages, des erreurs à éviter. *Institut Technique du Porc*.
- Waegeneers N., De Steur H., De Temmerman L., Van Steenwinkel S., Gellynck X., Viaene J., 2009. Transfer of soil contaminants to home-produced eggs and preventive measures to reduce contamination. *Sci. Tot. Environ.* 407, 4438-4446.
- Wittsiepe J, Erlenkämper B, Welge P, Hack A, Wilhelm M, 2006. Bioavailability of PCDD/F from contaminated soil in young Goettingen minipigs. *Chemosphere* 67, S355-S364.

Annexe 1

Ingestion de sol par les porcs

Il existe très peu de références bibliographiques permettant une estimation des quantités de terre que sont susceptibles de consommer les porcs. Salmon-Legagneur et Michel (1955), dans un essai portant sur l'ingestion d'antibiotiques par voie orale, ont évalué la quantité de terre fraîche consommée quotidiennement par des porcelets allaités dans le but d'utiliser la terre comme support d'antibiotiques. Cette technique est envisagée car il est communément observé que, dès les premiers jours après sa naissance, le porcelet est avide de terre. Le tableau ci-dessous précise les consommations moyennes de terre mesurées par les auteurs de cette étude en fonction de l'âge et du poids vif des porcelets. Pour chacune des périodes de mesure, la consommation de terre par kg de poids vif et par jour a été calculée. L'ingestion de terre par les porcelets allaités entre 1 et 30 jours d'âge est confirmée par le dosage des antibiotiques dans les fèces. En revanche, entre 30 et 60 jours d'âge, ce mode d'ingestion des antibiotiques n'est pas utilisé car la consommation de terre par les porcelets devient difficilement contrôlable (Salmon-Legagneur et Michel, 1955).

Consommation de terre par les porcelets allaités
(selon les données de Salmon-Legagneur et Michel, 1955)

Age (jours)	g. de terre/porc/jour	Poids vif (kg)	g. de terre/kg P.V./jour
1-15	33	de 1,2 à 3,5	de 28 à 9
15-30	54	de 3,5 à 6,7	de 15 à 8
30-60	64	de 6,7 à 20,6	de 10 à 3

Ces données ont été utilisées pour exprimer la quantité de terre ingérée en proportion de la matière sèche ingérée. Jusqu'à 15 jours d'âge, le lait représente l'essentiel de l'apport alimentaire du porcelet allaité et représente environ 80 g de matière sèche par porcelet et par jour (selon équation de Noblet et Etienne, 1989). L'ingestion de terre peut donc représenter 41% de la matière sèche ingérée au cours des deux premières semaines de lactation. Au cours des deux semaines suivantes, soit entre 15 et 30 jours d'âge, un aliment est en général distribué en complément du lait maternel. Au total, l'apport de matière sèche (lait + aliment) est de l'ordre de 200 g/j. L'ingestion de terre peut donc représenter 27% de la matière sèche ingérée. Entre 30 et 60 jours d'âge, les porcelets sont en période de post-sevrage. La consommation de matière sèche représente de l'ordre de 640 g/j (adaptée des données GTE 2008). La terre peut donc représenter 10% de la matière sèche ingérée.

Une estimation de la consommation de terre par les truies élevées en plein air peut être proposée à partir de l'étude de Rivera Ferre *et al.* (2001). Celle-ci a pour objectif principal la détermination de la consommation d'herbe fraîche par des truies gestantes. Chez les 8 truies gestantes contrôlées dans cette étude, il apparaît une forte variation de la quantité de terre ingérée selon les animaux, puisque la teneur en cendres des fèces en été varie de 20 à 80 % de la matière sèche en moyenne (40%) alors que celle observée au printemps est de l'ordre de 20%. Cette dernière valeur est similaire à celles mesurées par Le Goff et Noblet (2001) sur des truies élevées en bâtiment et sur la base de 77 régimes, puisque les matières minérales représentent en moyenne dans cet essai, 24% de la teneur en matière sèche (MS) des fèces. L'estimation de la quantité de terre ingérée à partir des données de Rivera Ferre *et al.* (2001) a été réalisée en considérant que la teneur en cendres de la terre est proche de 98% MS et qu'elle présente un coefficient d'utilisation digestive inférieur à 10%. Dans la mesure où cette étude n'indique pas la composition minérale de l'aliment distribué, les calculs se basent sur un aliment pour truie gestante contenant 6,6% de matières minérales sur MS. Sur la base d'une simulation à partir d'une consommation de

3 kg d'aliment par jour, l'estimation de la quantité de sol ingérée est donc de l'ordre de 650 g/j pour parvenir à une teneur en cendres des fèces de 40% de la MS. Cette quantité de sol ingéré représente 25% de la quantité d'aliment ingérée sous forme de MS.

Fries *et al.* (1982) mesurent la consommation de terre de truies et de cochettes sur pâture et sur sol nu. La période d'expérimentation n'est pas indiquée. Cette étude est citée en tant que référence sur ce sujet par plusieurs auteurs. Cinq estimations sont présentées, pour lesquelles la consommation de terre varie de 1,2 à 8,0% de la MS ingérée, la moyenne de ces cinq valeurs étant de 4,1%. D'après ces chiffres, la consommation de terre sur sol nu n'est pas supérieure à celle sur pâture (respectivement, 3,1 et 5,7%), contrairement aux conclusions de Rivera Ferre *et al.* (2001). Par ailleurs, Fries *et al.* (1982) recommandent de tenir compte de la forte variabilité individuelle, et proposent de ce fait d'utiliser une estimation basée sur un intervalle de confiance de 95%, soit un maximum de 12% de la MS ingérée dans le cas des animaux sur pâtures.

Annexe 2

Ingestion de sol par les volailles

Des enquêtes menées dans différents pays européens (Belgique, Suisse, Allemagne, Irlande, France, Suède, Royaume Uni) révèlent la possible contamination par les dioxines d'œufs de poules ayant accès à l'extérieur (Schoeters et Hogenboom, 2006). L'ingestion de sol, végétaux et pédofaune est avancée comme la principale source de contaminants issus de l'environnement. Des niveaux élevés de contamination d'œufs issus de poules élevées dans des zones réputées contaminées (Kan, 2005), mais également lorsque les poules sont élevées dans des zones, *a priori* assez peu contaminées (De Vries *et al.*, 2006) sont rapportés. Plus récemment, des enquêtes menées dans des élevages familiaux en Belgique révèlent la contamination potentielle de ces œufs par des polluants de l'environnement, qu'il s'agisse de métaux lourds, comme le plomb, de PCB, dioxines-furannes ou pesticides organochlorés (Van Overmeire *et al.*, 2009). La même observation a été faite en France par Travel *et al.* (2008), avec des teneurs en PCB, PCDD/F et PBDE de l'ordre de cinq fois supérieures dans les élevages familiaux par rapport aux élevages professionnels.

Après étude de la bibliographie, de tels résultats d'enquêtes n'existent pas pour le poulet de chair.

Consommation de sols, végétaux et invertébrés par les volailles élevées en plein air

Les informations disponibles concernent la poule pondeuse.

La poule ayant accès à un parcours exprime naturellement un comportement d'exploration et de recherche de nourriture. Elle peut alors ingérer du sol, des végétaux et des invertébrés (insectes, lombrics). L'ingestion de végétaux est préoccupante si le site est sujet à une contamination continue, au cours de laquelle les contaminants sont déposés sur les parties aériennes des végétaux. En revanche, le sol se comportant comme un réservoir de contaminants persistants, son ingestion peut entraîner la contamination des œufs, même dans le cas d'une contamination historique ponctuelle, comme c'est le cas dans le cadre de la présente saisine. De même, on peut supposer que l'ingestion de pédofaune peut entraîner un risque de transfert du contaminant vers les produits animaux.

Certains auteurs estiment qu'une poule sur parcours consomme 10 g de sol sec, 7 g de végétaux secs et 20 g d'insectes et lombrics par jour (De Vries *et al.*, 2006). Stephens *et al.* (1995) estiment que les poules ingèrent 2 à 10 g de sol par jour, soit au maximum environ 10% de la matière sèche ingérée. Cependant, certains résultats suggèrent que l'ingestion de sol par les poules pondeuses peut largement excéder cette valeur. Selon van der Meulen *et al.* (2008) des poules peuvent ingérer des granulés contenant jusqu'à 30% de sable, sans modification des performances, grâce à l'ajustement des quantités ingérées. La teneur en cendres des fientes, qui peut être considérée comme un indicateur de l'ingestion de sol, atteint 25 à 80% chez des poules de particuliers, représentant une ingestion de sol pouvant atteindre 30 g par jour (Waegeneers *et al.*, 2009).

Facteurs de variation liés aux pratiques d'élevage

La limitation du risque de transfert des contaminants de l'environnement vers l'œuf nécessite de connaître et d'évaluer les pratiques d'élevage susceptibles de favoriser l'ingestion de matrices environnementales. Des poules ayant un accès à l'extérieur ingèrent notamment des végétaux, même lorsqu'on leur apporte une alimentation équilibrée (Horsted *et al.*, 2007). Lorsque l'alimentation est déséquilibrée ou présente une granulométrie très grossière (blé entier, grit, coquille d'huîtres), le volume de matrice environnementale ingérée, notamment de sol, augmente. Dans une étude non publiée par Jondreville *et al.*, les fientes contenaient 40 à 60% de cendres selon que les animaux recevaient un aliment standard ou un aliment déséquilibré, à base de blé et de coquilles d'huître uniquement, représentant une ingestion de sol estimée de 7 à 27% de la matière sèche ingérée. Par ailleurs, des conditions climatiques favorables, une taille réduite de troupeau, certains types génétiques, le temps d'ouverture des trappes, qui favorisent le contact des animaux avec l'extérieur, la distribution de l'aliment à l'extérieur, sont des facteurs de risque (Kjaer et Isaksen 1998). Cependant, leur impact doit encore être quantifié.

Annexe 3

Transfert des dioxines et PCB de type dioxine ingérés vers le tissu adipeux du porc

Le coefficient de transfert des dioxines et des PCB de type dioxine ingérés du sol aux lipides corporels chez le porc n'est que peu renseigné.

Cependant quelques travaux sur d'autres espèces permettent de s'approcher des valeurs probables : McConnell *et al.* (1986) exposent des cobayes (animal réputé sensible) à des doses croissantes et très élevées de la 2,3,7,8-TCDD dans deux sols, comparativement à la même molécule aux mêmes doses dans de l'huile de maïs. Les concentrations hépatiques après cette exposition aux contaminants apportés par le sol représentent 0,5 à 0,6 fois celles qui résultent d'une exposition directe à la TCDD (c'est-à-dire dissous dans de l'huile considérée comme matrice de référence et pour laquelle la biodisponibilité est considérée à 100%). En étudiant le même modèle animal, Umbreit *et al.* (1986) rapportent des coefficients de transfert de 0,21 à 0,5. pour la 2,3,7,8-TCDD du sol issu de deux sites industriels.

Chez les ruminants en lactation, un coefficient d'environ 0,4 a pu être calculé à partir de la bibliographie (Avis de l'Afssa du 27 juillet 2009- n°2009-SA-0087) et une valeur similaire est connue chez la poule pondeuse (Stephens *et al.*, 1995).

La seule étude utilisant des porcins (minipigs de Göttingen, Wittsiepe *et al.*, 2006) rapporte un coefficient de transfert de 0,4 des PCDD/Fs du sol.

Il peut alors être supposé que le coefficient **de transfert des dioxines et des PCB de type dioxine du sol au tissu adipeux du porc reste inférieur à 0,5**, ce qui inclut une certaine marge de sécurité.

Annexe 4

Transfert des dioxines et PCB de type dioxine ingérés vers le tissu adipeux des volailles et de l'œuf

Chez la poule pondeuse, on estime que 5 à 50% des PCDD/F et PCB ingérés sont transférés vers l'œuf, 7 à 54% sont stockés dans le gras corporel et moins de 1% dans le foie (Stephens *et al.*, 1995). La disponibilité des PCDD/F et DL PCB présents dans un aliment est d'environ 90% chez la poule pondeuse (van Eijkeren *et al.*, 2006), le poulet de chair (Iben *et al.*, 2003) et d'autres oiseaux (Drouillard *et al.*, 2000).

Compte tenu de ces données, un coefficient de transfert de 0,5 a été retenu dans les simulations.

Facteurs de variation liés à l'animal

Pour les molécules lipophiles et peu métabolisées, les cinétiques et taux de transfert dépendent des performances, essentiellement du taux de ponte et de la composition corporelle des animaux. Par exemple, les concentrations à l'équilibre de diflubenzuron dans l'œuf sont plus élevées et le temps de demi vie plus long chez des White Leghorn que chez des Brown Warren (Opdycke et Menzer 1984, MacLachlan 2008), en raison d'un compartiment gras périphérique plus important chez ces dernières.

Par ailleurs, dans le cas d'une exposition chronique à un contaminant lipophile persistant, la détérioration des performances de ponte favorise son accumulation dans le gras corporel. Dans le cas extrême de l'interruption de la ponte, lors d'une mue par exemple, l'animal accumule les contaminants ingérés dans les tissus gras corporels. Lors de la reprise de la ponte, la teneur en contaminant de l'œuf peut être significativement augmentée par rapport à la valeur observée avant l'arrêt de la ponte (Fournier *et al.*, 2009).

Chez la poule âgée (plus d'un an), un temps d'exposition long, associé à cette relation entre l'accumulation et le flux d'excrétion via les œufs, entraîne un plus grand risque de contamination des œufs. Ces phénomènes peuvent être à l'origine de la corrélation positive entre l'âge des poules (23 semaines à 4 ans) et la teneur en dioxines des œufs observée par Tlustos *et al.* (2004).

Facteurs de variation liés à la matrice sol

Van Eijkeren *et al.* (2006) ont par ailleurs montré que les PCDD/F et DL PCB ingérés via le sol, présentent une disponibilité réduite de 40 à 60% environ, probablement en raison de leur adsorption et piégeage dans les micropores du sol ou la matière organique (Reid *et al.*, 2000). La disponibilité relative de ces composés présents dans le sol dépend vraisemblablement des caractéristiques du sol (teneur en argile, en matières organiques), mais les éléments présents dans la littérature ne nous permettent pas de quantifier ces effets.

Annexe 5

Mesures permettant de limiter l'ingestion de terre par les porcs et les volailles

Porcs plein air :

Les méthodes permettant de diminuer la consommation de terre par les porcs sont limitées. Ces recommandations ne concernent que l'élevage de truies en plein air, pour lequel des travaux basés sur des enquêtes auprès d'éleveurs, et parfois des expérimentations ont pu être menés. Il n'existe pas de référence technique portant sur l'élevage de porcs charcutiers en plein air.

- Même si la consommation de terre paraît indépendante de la surface disponible pour chaque truie (Fries *et al.*, 1982), il paraît utile de préciser les recommandations en terme de chargement à l'hectare. La surface par animal doit représenter au minimum 400 m² sur terrain très perméable et recevant moins de 700 mm de précipitations annuelles (soit 25 truies par hectare). A l'inverse, sur un terrain argileux ou en cas de pluviométrie annuelle supérieure à 700 mm, la surface minimale par truie doit être de 650 m² (Vaudelet, 1984), soit 15 truies par hectare.
- La gestion de la parcelle doit permettre de limiter la dégradation du couvert végétal. Dans le cas d'un couvert végétal dégradé, les animaux doivent être transférés sur d'autres parcelles ou rentrés dans des bâtiments.
- Il est préférable de distribuer l'aliment dans une auge et de prévoir la réalisation d'une plateforme en béton autour de celle-ci de manière à éviter la présence d'un borbier autour de la zone d'alimentation.
- La pose d'un anneau nasal de 4 cm de diamètre est conseillée pour éviter la détérioration des parcours lorsque les truies sont élevées en plein air (Vaudelet, 1984).

Volailles plein air :

Les volailles sur parcours peuvent consommer des quantités importantes de sol. Les dispositions permettant de diminuer le niveau d'ingestion peuvent être de :

- limiter de l'accès au parcours (diminuer la quantité quotidienne d'ouverture des trappes) ;
- distribuer une alimentation équilibrée à l'intérieur du bâtiment ;
- favoriser une granulométrie fine de l'aliment ;
- pour les poules pondeuses, éliminer les animaux âgés, notamment après un épisode de mue. La diminution des performances de ponte et le vieillissement des animaux sont des facteurs favorisant des concentrations élevées de contaminants dans les œufs.