

Maîtrise de la contamination de la volaille dans des zones contaminées à la chlordécone

Session 2 : Sécuriser la chaîne alimentaire pour réduire l'exposition de la population

Stefan JURJANZ¹, Agnès FOURNIER¹, Florence CLOSTRE², Eric GODARD³, Cyril FEIDT¹

¹ Université de Lorraine–INRA, UR AFPA, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

² Cirad, Le Lamentin, Martinique, France

³ Agence Régional de Santé, Fort-de-France, Martinique, France

Aux Antilles, les élevages professionnels ne fournissent que 12% de la consommation locale (Galan et al., 2008), le reste étant soit importé (part majoritaire) ou autoproduit. Cette autoproduction a lieu au sein d'élevages familiaux (Vincent et al., 2011) qui sont traditionnellement élevés en plein air. Contrairement aux élevages en claustration, nourris avec des aliments formulés importés, les animaux issus de ces élevages familiaux sont souvent produits avec un lien au sol, via le parcours. Ils peuvent ingérer du sol, et une part d'aliments issus du parcours ou de déchets de jardin/cuisine. Ainsi lorsqu'ils sont élevés sur des sols contaminés par la chlordécone (CLD) ils sont à même d'être exposés à ce contaminant, et de fournir ainsi des denrées contaminées. Or celles-ci ne sont pas régies par les Limites Maximales en Résidus (LMR) applicables uniquement aux denrées commercialisées, et de ce fait leur niveau de contamination est mal connu. Ainsi, une enquête auprès d'éleveurs familiaux a été réalisée en 2014 sur les deux îles dans le cadre du programme Jafa (JARDins FAMILIAUX). L'objectif était de cerner la contamination de différents tissus de poules (*Gallus gallus domesticus*) en fonction des niveaux de contamination du sol et des pratiques d'élevage.

Dans ce cadre, 32 élevages (19 en Guadeloupe et 13 en Martinique) ont été enquêtés en relevant sur chaque site la contamination du sol du parcours en CLD, les pratiques d'élevages (alimentation, parcours mis à disposition, abreuvement, performances) et en y prélevant 42 animaux (27 poules et 15 coqs) pour analyse de la CLD dans les tissus suivants : œuf, cuisse avec la peau, gras abdominal et foie. Pour plus de détails se référer au rapport d'étude (Jurjanz et al, 2017). Les tissus analysés ont démontré une sensibilité très forte des œufs et des foies avec des concentrations maximales de 3800 µg/kg d'œuf écalé et de 4500 µg/kg frais respectivement. Celles des gras abdominaux restent un peu plus faibles avec jusqu'à 2400 µg/kg frais et finalement les cuisses (avec peau) ne dépassent pas 820 µg/kg. Un très grand nombre de denrées avicoles ont dépassé les LMR, notamment 30 foies sur les 42, 18 cuisses sur 42 et finalement 8 gras abdominaux sur les 38 analysés. Seulement 18 œufs ont pu être analysés dont 10 dépassent la LMR. Il apparaît ainsi que dès qu'il y a détection du CLD dans le sol, la concentration dans les œufs augmente très rapidement et de manière exponentielle avec celle dans le sol. Le seuil de conformité est rapidement dépassé, et parfois de beaucoup.

La contamination du sol dans l'étude Jafa, allant jusqu'à 2,57 mg de CLD/kg de sol sec, s'est avérée être le facteur déterminant de la contamination des produits avicoles. Les premiers dépassements des seuils réglementaires apparaissent dans les tissus les plus sensibles (œuf et foie) dès que le sol dépasse 0,1 mg/kg, c'est-à-dire 10 fois la LQ. Au-delà de 0,5 mg/kg de sol, les dépassements des seuils réglementaires se généralisent et plus aucun foie ou œuf n'est conforme sur les sites à 1 mg

CLD/kg de sol ou plus. La concentration de la CLD dans les gras abdominaux et les cuisses augmentent aussi avec celle du sol mais un peu moins rapidement que dans les tissus précédents.

Les pratiques d'élevage ont finalement peu varié ce qui a réduit la puissance de l'analyse. Cependant, une pratique non protectrice vis-à-vis de l'ingestion de sol (distribution de nourriture et de l'eau, sol du logement et étendue du parcours) favorise le transfert de la CLD vers les animaux. L'élevage d'animaux dans un bâtiment avec une dalle bétonnée réduit l'exposition, ce qui est illustré par des concentrations de CLD inférieures ou proches de la LMR dans les tissus de ces oiseaux (3 poules et 3 coqs). L'analyse de la sensibilité des sexes à l'exposition présents sur le même site (10 couples poule – coq) ne démontre pas de tendance nette même si la faible puissance de cette comparaison doit inciter à une interprétation prudente.

Finalement, la différence des volailles de type Djem par rapport aux types métropolitains – souvent évoquée par les éleveurs interrogés – n'apparaît pas de manière très flagrante lors de l'analyse de l'échantillon restreint (6 poules et 5 coqs). L'élevage sur un site fortement contaminé (>1 mg CLD/kg de sol) semble aussi pour ce type de volailles entraîner un fort risque de contamination des tissus. Néanmoins, en dessous de ce seuil, la contamination des tissus de poules « Djem » semble plus élevée que celle de leurs congénères et un peu moins fortement corrélée à celle du site. Il est possible que les spécificités de ce mode d'élevage en quasi-liberté (durée de vie et donc exposition très longue, exploration d'une grande surface avec une contamination en CLD variable, performance de ponte plus modeste entraînant une excrétion restreinte et concentration de la CLD dans une masse corporelle plus faible) réduisent l'impact du sol du site en comparaison avec les souches classiques d'élevage en général confinées sur le site. Ainsi une éventuelle différence est probablement plus à attribuer au mode d'élevage qu'à l'effet du génotype.

Tableau 1 : Distribution des teneurs en CLD dans la cuisse par classe en fonction de la teneur en CLD du sol (n=42)

Concentration de CLD dans la cuisse (mg/kg)	Concentration de CLD dans le sol (mg/kg)				
	<LQ (0,01)	0,01 à 0,1	0,1 à 0,5	0,5 à < 1	> 1
≤ LD (2 mg CLD/kg brut)	10	0	1	0	0
> LD et ≤ LQ	0	2	2	3	0
> LQ (5 mg CLD/kg brut)	0	2	6	3	13

* : LD limite de détection, LQ limite de quantification

Compte-tenu des effectifs restreints, un regroupement a été effectué pour appliquer un test du Khi-2 afin de vérifier l'effet de la contamination du sol sur la classe de contamination de la cuisse, en ne retenant que 3 catégories pour le sol : < 0,1 ; 0,1 à 1 et > 1. Ceci permet d'atteindre respectivement 14, 15 et 13 individus pour réaliser le test. Les probabilités associées sont 0,02 ; 0,01 et < 0,001. L'effet décrit précédemment est donc bien statistiquement significatif.

En conclusion de l'étude Jafa, **le niveau de contamination du sol reste de loin le facteur explicatif majeur de la concentration dans les tissus. Ainsi l'axe principal pour sécuriser la contamination de la volaille dans les élevages familiaux doit rester la réduction de l'ingestion de sol.**

Le facteur principal identifié est la teneur en CLD du sol des parcours des poules. Cela pourrait sembler paradoxal puisque la CLD est décrite comme très liée au sol, ce qui est la cause d'une contamination au long terme. Néanmoins des études ont déjà montré pour la CLD (Jondreville et al., 2014a) comme pour une autre famille d'organochlorés : les PCB (Fournier et al., 2012), que la poule avait la capacité d'extraire puis d'absorber la quasi-intégralité de la CLD contenue dans le sol ingéré. Ainsi la biodisponibilité de la CLD chez les volailles est considérée comme indépendante de la nature de la matrice contaminée ingérée.

Une fois absorbée, la CLD se distribue dans les différents tissus de l'animal. Cependant cette distribution (sur la base de la matière grasse) ne se fait pas de façon équivalente entre tissus, comme cela peut être observé pour d'autres pesticides organochlorés tels que le DDT ou la dieldrine. En effet, une étude chez la poule pondeuse en milieu contrôlé d'une part (Jondreville et al., 2014a) et une autre chez des canards (*Cairina moschata*) élevés sous des goyaviers sur un sol modérément contaminé en CLD (0,41 mg/kg de sol sec) d'autre part (Jondreville et al., 2014b), mettent en évidence une hiérarchie dans la contamination des tissus suite à une exposition. Ainsi, les concentrations obtenues, sur la base de la matière grasse se répartissent de la façon suivante : foie > œuf (où seul le jaune est contaminé) > tissu adipeux > sérum > cuisse, avec notamment un foie « concentrateur » de la CLD qui est 36 à 47 fois plus chargé que le tissu adipeux respectivement chez la poule et le canard. La forte affinité de la CLD pour le foie a été également démontré chez les humains (Cohn et al., 1978), la souris (Hewitt et al., 1986) et chez le rat (Egle et al 1978, Belfiore et al 2007). Cette distribution particulière serait due à un transport préférentielle de la CLD via les lipoprotéines de haute densité (HDL) comme cela a été montré chez l'homme et le rat (Soine et al., 1982), tandis que les autres organochlorés sont davantage transportés via les lipoprotéines de faible voire très faible densité (LDL et VLDL).

La décontamination de l'œuf est possible (Jondreville et al., 2014a et b) mais elle n'a pas de sens d'un point de vue pratique car l'objectif est de consommer des œufs régulièrement. Par contre il serait possible de décontaminer des animaux avant de consommer leurs tissus. La CLD peut notamment être éliminé par voie biliaire, métabolique ou via la ponte. En effet, des demi-vies courtes sont observées pour les animaux en ponte : 5 j chez la poule pondeuse et 19 j chez la cane (Jondreville et al., 2014a,b). La différence entre ces deux espèces tient principalement à l'intensité de ponte qui était de plus de 90% chez la poule et d'environ 20% chez la cane. Un essai de décontamination a été réalisé dans l'étude terrain sur les canards, en plaçant les oiseaux complètement à l'écart du sol contaminé sur caillebotis. Il a permis de réduire notablement les concentrations de la CLD dans tous les tissus après 9 semaines. Néanmoins, compte tenu des concentrations atteintes dans les différents tissus des canards (par ex. après 16 semaines d'exposition : 656 µg/kg de foie frais, 133 µg/kg de gras abdominal et 78 µg/kg de cuisse avec peau), une diminution pour atteindre les LMR aurait nécessité une durée de décontamination de 12 à 13 semaines dans des conditions hors sol et sans alimentation issue du site. Un tel élevage sur une durée de 3 mois semble économiquement peu intéressant pour les petits élevages familiaux. Deux conclusions peuvent en être tirées, pour un élevage d'animaux jeunes de consommation il faut avant tout réduire l'exposition, pour un élevage d'animaux adultes avec un objectif de gestion de couvert par le pâturage, une décontamination serait possible. La question est la capacité à adapter les pratiques au contexte.

Pour ce faire, un outil de gestion est en cours de développement via l'élaboration d'un modèle à compartiments composé de deux sous modèles, l'un prenant en compte la physiologie de l'animal et

l'autre le transfert de la CLD. Il permettra de construire des abaques indicatifs quant au triplet « pratiques d'élevage / concentrations de CLD dans le sol / caractéristiques de l'animal » permettant de respecter les seuils réglementaires dans les produits avicoles. En effet, la prise en compte des pratiques d'élevage déterminera la quantité de sol ingéré, ce qui couplé à la concentration du sol permettra d'évaluer l'exposition quotidienne de l'animal et les caractéristiques de l'animal permettront de prendre en considération le niveau d'élimination via la ponte et de dilution lors de la croissance de l'animal.

La réduction de l'exposition des oiseaux élevés en plein air est le levier majeur pour sécuriser les denrées issues des volailles familiales. Elle peut être réfléchi sur la concentration de la CLD dans le sol du site (qui est cependant subie par l'aviculteur), la durée d'exposition (compatible avec la durée d'élevage des animaux en question), les pratiques d'élevage (réduisant autant que possible le contact avec le sol contaminé) et le tissu destiné à la consommation humaine (foie et œufs sont particulièrement exposés). La marge de manœuvre sur la concentration de la CLD dans le sol du site pour l'aviculteur est en général nulle et l'écart de la consommation de certaines denrées ne semble pas réaliste, notamment des œufs. Ainsi, la démarche se restreint-elle à choisir des catégories d'animaux dont la durée d'élevage est compatible avec la concentration de la CLD dans le sol à condition d'utiliser des pratiques réduisant au maximum le contact avec le sol. Des études sont en cours pour l'utilisation de séquestrants d'origine végétale incorporés au sol des parcours qui empêcheraient la volaille d'absorber la molécule. Les résultats de l'étude JAJA (Jurjanz et al, 2017) suggère que la production d'œufs en système extensif (avec donc un taux de ponte faible) entraîne un risque non négligeable de dépasser la LMR dans les œufs dès que la concentration dans le sol dépasse 0,1 mg/kg. Des systèmes d'élevage visant une production de volailles de chair pourrait éventuellement tolérer une concentration de la CLD du sol jusqu'à 0,5 mg/kg à condition d'une période d'élevage relativement rapide, en utilisant des pratiques d'élevages très protectrices (distribution de l'alimentation et de l'eau, couvert végétal du parcours des animaux) et en écartant le foie de la consommation.

Références

- Belfiore CJ, Yang RSH, Chubb LS, Lohitnavy M, Lohitnavy OS, Andersen ME. 2007.** Hepatic sequestration of chlordecone and hexafluoroacetne evaluated by pharmacokinetic modelling. *Toxicology* 234, 59-72.
- Cohn WJ, Boylan JI, Blanke RV, Fariss MW, Howell JR, Cuzelian PS. 1978.** Treatment of chlordecone (Kepone) toxicity with cholestyramine. Results of a controlled clinical trial. *N Engl J Med* 298, 243-251.
- Egle Jr JL, Fernandez SB, Guzelian PS, Borzelleca JF. 1978.** Distribution and excretion of chlordecone (kepone) in the rat. *Drug Metab Dispos* 6, 91-96.
- Fournier A, Feidt C, Travel A, Le Bizec B, Venisseau A, Marchand P, Jondreville C. 2012.** Relative bioavailability to laying hens of indicator polychlorobiphenyls present in soil. *Chemosphere* 88, 300-306.
- Fournier A, Martin O, Travel A, Puillet L, Feidt C, Jondreville C. 2015.** Modeling pcb transfer into hen eggs: influence of physiological characteristics of the animal. *Environ Toxicol Chem*, 34, 173-183.
- Galan V, Duflot B, Julien L. 2008.** Panorama des filières animales et typologie des systèmes d'exploitations avec élevage de Guadeloupe. *Insitut d'élevage, Réseau de références POSEI France*, 63p
- Hewitt LA, Caille G, Plaa GL 1986.** Temporal relationships between biotransformation, detoxication, and chlordecone potentiation of chloroform-induced hepatotoxicity. *Can J Physiological Pharmacol* 64, 477-482.
- Jondreville C., Fournier A., Mahieu M., Feidt C., Archimède H., Rychen G. 2014a.** Kinetic study of chlordecone orally given to laying hens (*Gallus domesticus*). *Chemosphere* 114, 275-281.
- Jondreville C, Lavigne A., Jurjanz S, Dalibard C, Liabeuf JM, Clostre F, Lesueur-Jannoyer M. 2014b.** Contamination of free-range ducks by chlordecone in Martinique (French West Indies): a field study. *Science of the Total Environment* 493, 336-341.
- Jurjanz S, Clostre F, Godard E. 2017.** Risques de contamination des volailles en élevages familiaux par la chlordécone. *Rapport d'étude ARS*, 45p.

Soine PJ, Blanke RV. 1982. Preferential binding of chlordecone to the protein and high density lipoprotein fractions of plasma from humans and other species. *J Toxicol Environ*, 9, 107-118.

Vincent J, D Camy, G Thalmensi, M Julien, M Ledrans, P Quénel, A Bateau, E Godard, 2011. Le programme de santé des jardins familiaux en Martinique. *Environnement Risque Santé* 10, 395-403.