



anses

# Risque associé à l'allègement du « feed ban »

Avis de l'Anses  
Rapport d'expertise collective

Juin 2021



CONNAÎTRE, ÉVALUER, PROTÉGER



Le directeur général

Maisons-Alfort, le 10 juin 2021

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

**relatif à l'évaluation du risque associé à un allègement du « feed ban »**

---

*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 à 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 publiés sur son site internet.*

---

L'Agence a été saisie le 06 Juillet 2020 par la Direction générale de l'alimentation (DGAL) et la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) d'une demande d'avis sur l'évaluation du risque relatif à l'allègement du « feed ban » (interdiction des protéines animales transformées en alimentation animale).

### **1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE**

Une des propositions de la deuxième feuille de route européenne sur les encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST) (C.E. 2010) est d'autoriser les protéines animales transformées (PAT) de volailles pour l'alimentation des porcs et les protéines animales transformées de porcs pour l'alimentation des volailles. L'Agence avait été saisie plusieurs fois par le passé sur ces questions relatives à l'autorisation des protéines animales transformées en alimentation animale.

Lors de sa dernière expertise (Anses 2011), l'Agence avait conclu que « *Les garanties nécessaires à la prévention de risques associés à l'utilisation des PAT dans l'alimentation des porcs et des volailles n'étaient pas toutes réunies. Seule la combinaison,*

- *du respect strict de la spécialisation de ces deux filières par espèces (depuis la collecte des matières servant à la fabrication des PAT jusqu'à leur utilisation par l'animal)*
  - *d'une méthode de contrôle de l'espèce d'origine des PAT*
- pourrait apporter ces garanties. »*

Comme l'indique la saisine de la DGAL, la réglementation européenne a évolué en 2013, autorisant les PAT de porcs et de volailles pour l'aquaculture. La saisine indique que *les méthodes de détection de l'ADN de Porc (sondes PCR pour le contrôle de l'espèce d'origine des PAT) et de détection de l'ADN de volaille sont aujourd'hui validées.*

Le projet de texte de la Commission prévoit aussi l'utilisation des PAT d'insectes pour les porcs et les volailles. Il est donc également demandé d'actualiser les précédents travaux de l'Agence sur ce sujet. En effet, l'Agence avait rendu, en février 2015, un avis relatif à la valorisation des insectes dans l'alimentation et à l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires en lien avec la consommation des insectes (Anses 2015).

Il est demandé à l'Agence, pour cette saisine 2020-SA-0094 :

1) de mettre à jour son avis de 2011 sur l'utilisation possible des PAT de porcs pour les volailles et de PAT de volailles pour les porcs.

2) d'étendre l'expertise à l'utilisation des PAT d'insectes pour les porcs et les volailles, en prenant en compte l'avis de l'EFSA du 5 octobre 2015 (EFSA 2015), et l'avis de l'Anses du 12 février 2015. Il a été précisé que la question était posée dans le cadre de la réglementation actuelle sur les substrats autorisés pour l'élevage d'insectes destinés à l'alimentation animale.

## **2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE**

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) ».

Compte tenu des échéances imposées par les discussions européennes relatives à l'utilisation des PAT en alimentation animale, le traitement de cette saisine a été divisé en deux parties.

Les questions relatives à l'autorisation des PAT de porcs pour l'alimentation des volailles et des PAT de volailles pour l'alimentation des porcs ont fait l'objet d'une expertise collective que l'Anses a confiée au groupe de travail « Protéines animales transformées n°2 » (GT PAT 2), rattaché au CES Alimentation animale (ALAN). Le GT s'est réuni le 21 octobre, les 2 et 18 novembre et les 4 et 18 décembre 2020, pour produire un rapport intermédiaire, présenté et adopté le 15 décembre 2020 au CES « ALAN », rapport qui a été transmis aux directions commanditaires.

Les travaux sur l'autorisation des PAT de porcs pour l'alimentation des volailles et des PAT de volailles pour l'alimentation des porcs se sont ensuite poursuivis (approche semi-quantitative) parallèlement au traitement des questions relatives à l'autorisation des PAT d'insectes en alimentation animale. Celles-ci portant sur un domaine plus large que celui des EST, (leur champ s'étendant sur tous les types de dangers sanitaires), le travail a été confié début 2021

à un Groupe de Travail (GT Feedban) élargi et adapté à cette double problématique. Ses travaux ont été présentés le 23 mars 2021 au CES Alan puis adoptés par ce CES le 04 mai 2021.

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 : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

### **3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES ALAN ET DU GT FEEDBAN**

#### **3.1. Concernant les PAT de porcs pour l'alimentation des volailles et des PAT de volailles pour l'alimentation des porcs**

##### **3.1.1.Aspects zootechniques et sanitaires**

Le rapport de l'Anses de 2011 (Anses 2011) avait fait état des modalités de substitution des farines et des graisses animales ainsi que du bilan sanitaire et nutritionnel de leur suppression jusqu'en 2010. Il rappelait que pour toutes les espèces concernées, les farines animales avaient été substituées par des protéines végétales et des sources minérales de calcium et phosphore. Cette substitution n'avait eu qu'un faible impact sanitaire et zootechnique chez les porcs. Chez les volailles, des problèmes zootechniques (dégradation de l'indice de consommation) et sanitaires (troubles digestifs, dégradation des litières, problèmes d'aplomb, etc.) avaient été rapportés dans la filière volaille de chair, essentiellement chez les dindes.

Ces données restent valables aujourd'hui et le GT conclut, comme en 2011, que les protéines animales transformées, de par leur composition, sont des matières premières intéressantes pour l'alimentation des monogastriques, en particulier pour les filières volailles (à cause de leur richesse en protéines équilibrées et digestibles, en énergie, et en phosphore digestible).

En outre, dans le nouveau contexte Ecoantibio qui vise à un moindre recours aux antibiotiques et dans la perspective d'une suppression de l'oxyde de zinc, elles pourraient contribuer à limiter les troubles digestifs du jeune âge chez le porcelet.

Néanmoins, leur utilisation est totalement dépendante de leur disponibilité, de leur prix d'intérêt et de l'acceptabilité par les filières de productions animales, notamment à travers leurs cahiers des charges.

##### **3.1.2.Contexte épidémiologique**

Une évolution très favorable de la situation épidémiologique vis-à-vis de l'ESB classique a été observée en France depuis les années 2000 jusqu'à aujourd'hui. Cependant, on ne peut pas exclure la présence de quelques cas d'ESB classique survenant de manière sporadique, (comme en 2016 en France et 2018 en Ecosse), dont l'origine reste sujette à hypothèse.

L'incidence de l'ESB atypique, quant à elle, est stable depuis les années 2000, avec en moyenne deux cas incidents par an.

Dans ce contexte, on peut s'attendre à une survenue à faible fréquence de cas d'ESB classique et d'ESB atypique pouvant entrer dans la chaîne alimentaire et leurs sous-produits valorisés, compte tenu des modalités réduites de surveillance aujourd'hui en place.

La tremblante classique, quant à elle, n'est plus détectée en France depuis 2019, mais les programmes de surveillance chez les petits ruminants ne sont plus en mesure de détecter les variations à ce niveau très faible de prévalence. La tremblante atypique est toujours présente. L'émergence possible d'ESB classique lors de transmission inter espèces de prions animaux d'origine distincte, réaffirme l'importance de ne pas se limiter au bovin comme réservoir potentiel de l'agent de l'ESB (en particulier les petits ruminants).

Enfin de nouvelles formes d'EST ont émergé chez des espèces ou dans des territoires que l'on croyait jusqu'à présent exempts de ces maladies, comme chez le dromadaire (Camel prion disease) ou dans plusieurs pays scandinaves pour la maladie du dépérissement chronique des cervidés (MDC). Alors que la MDC observée en Amérique du nord est transmissible au sein de la faune sauvage et en conditions d'élevage, on ne peut exclure que la maladie européenne se transmette aux ruminants d'élevage par le biais de pâtures communes.

Ces différents exemples illustrent toutes les limites de considérer une population ou une espèce de mammifères exempte d'EST, quand aucune surveillance des EST n'y est pratiquée.

### **3.1.3.Barrières de transmission interspécifique dans les EST**

Au vu des éléments scientifiques disponibles actuellement, il apparaît qu'il n'y a pas de barrière absolue à la transmission interspécifique des prions.

S'agissant du Porc :

- Plusieurs observations expérimentales indiquent que le Porc peut être infecté par certains agents de l'ESB classique, de la MDC et de la tremblante classique. Les tissus extraneuronaux peuvent être infectieux, dès 6 mois post-inoculation. Les souris transgéniques exprimant la PrP porcine sont également sensibles à l'ESB classique.
- La susceptibilité expérimentale du Porc aux agents des EST suggère également la possibilité de formes sporadiques/spontanées. Même si aucune EST n'a été rapportée chez cette espèce à ce jour à l'état naturel, il convient de souligner qu'aucun système de surveillance efficace des EST n'a été mis en place à son sujet.

S'agissant des volailles :

- Une unique étude portant sur le poulet montre qu'il est peu sensible à l'agent de l'ESB classique, mais aucune autre étude concernant d'autres EST n'est disponible.
- Plusieurs autres espèces de volailles (dinde, canard) n'ont fait l'objet d'aucune étude.

Aucune étude n'est actuellement disponible concernant la transmission potentielle d'un agent d'une EST à partir de tissus infectieux de porcs ou de volailles aux différentes espèces animales (porcs, volailles et poissons).

En conclusion, les données expérimentales aujourd'hui disponibles confirment la possibilité de transmission et/ou d'adaptation d'un agent des EST au sein de l'espèce porcine. Dans l'état des connaissances actuelles, parcellaires, l'espèce *Gallus gallus* chez les volailles apparaît

comme une espèce peu sensible aux agents de l'ESB comparativement au porc, mais cette conclusion ne peut être étendue ni aux autres EST, ni aux autres espèces de volailles.

Il convient enfin de prendre en compte dans l'évaluation des risques, la possibilité de persistance et de portage asymptomatique des agents des EST par des espèces considérées comme non sensibles

Ainsi, pour tenir compte de ces phénomènes, le GT considère que le risque d'apparition d'une épizootie d'EST comprend deux composantes qu'il convient de dissocier dans l'évaluation des risques pour cibler de façon appropriée les mesures de maîtrise :

1) le risque d'initiation d'une EST chez un animal, qui comprend :

- le phénomène initial d'infection de porc ou de volailles par des prions de ruminants,
- l'apparition sporadique/spontanée chez le porc (ne peut être exclue) ou la volaille (très peu probable en l'état des connaissances) d'une EST spécifique
- l'infection de la volaille par des prions de porc, ou inversement

2) le risque d'amplification qui consiste en une augmentation exponentielle du nombre d'animaux infectés par recyclage intra-spécifique, des prions impliqués dans l'initiation.

#### **3.1.4.Méthodes de détection et d'identification des PAT dans les aliments composés**

Les méthodes PCR sont validées, implémentées et utilisables en routine, au niveau national, au moins pour un laboratoire pour la méthode Porc. La méthode volaille est validée et implémentée, mais une difficulté technique doit être résolue concernant la stabilité des réactifs permettant de définir le seuil de détection.

Il est important de rappeler que toutes ces méthodes sont qualitatives. Les seuils de détection sont définis uniquement pour que les résultats soient reproductibles et spécifiques. Ils ne permettent pas de déterminer la quantité de PAT présentes dans un aliment composé.

Ainsi, les matières premières animales actuellement autorisées (lait, ovo-produits, produits sanguins porcins) continueront d'être à l'origine de résultats positifs lors d'analyses de contrôle des aliments composés, utilisant ces méthodes PCR. Le couplage des méthodes PCR et HPLC MS/MS pourrait à l'avenir limiter ces difficultés, mais cette approche n'est pas encore validée et nécessite des développements pour son utilisation.

#### **3.1.5.Organisation des filières au regard des contaminations croisées**

Les contaminations croisées sont définies comme étant la présence accidentelle de protéines animales d'une espèce non attendue dans une matrice, au cours des différentes étapes de fabrication, de stockage, de transport et d'utilisation des PAT.

Les conclusions formulées dans l'avis de 2011 en ce qui concerne l'existence de croisement de circuits sont toujours d'actualité, mais nécessitent d'être nuancées : différentes possibilités de contaminations peuvent encore aujourd'hui être identifiées sur la chaîne de production et d'utilisation des PAT. Néanmoins, il apparaît que le maillon de fabrication des PAT est le maillon le plus susceptible de spécialiser ses outils ainsi que les transports en amont et en aval de la fabrication de ces produits.

Il est peu probable que tous les abattoirs d'une part et les fabricants d'aliments composés d'autre part, spécialisent à terme leurs outils, de leur propre initiative, pour permettre la séparation des circuits tout au long de la chaîne de fabrication et d'utilisation des PAT.

Les experts ont envisagé les différents scénarios faisant intervenir des contaminations croisées aux différentes étapes de fabrication et d'utilisation des PAT, compte tenu de ces informations. Quatre types de scénarios ont été déterminés selon l'organisation des abattoirs, et les contaminations croisées susceptibles d'intervenir aux différentes étapes de production et d'utilisation des PAT (l'ensemble de ces scénarios est détaillé au chapitre 2.4.4 du rapport associé au présent Avis). Suite aux auditions, le GT a considéré dans les scénarios que la fabrication des PAT et leur transport vers les usines d'aliments composés pourraient être dédiés et spécialisés.

Ces scénarios ont été considérés dans deux cas différents : (i) phénomène d'initiation d'une EST ; (ii) phénomène d'amplification d'une EST.

De l'analyse des différents scénarios, il ressort que les risques d'EST proviennent de situations d'initiation d'EST de ruminants, mais également potentiellement d'autres espèces, (notamment le Porc qui ne peut pas être considéré comme résistant aux EST), ces initiations étant ensuite amplifiées par les différentes situations où des contaminations croisées permettent le recyclage intra-espèce.

Le GT a proposé une méthode semi-quantitative pour hiérarchiser, en fonction de leur gravité, les différents scénarios envisagés.

Dans un premier temps, la démarche consiste à lister différents dangers provenant d'EST décrites/connues dans la littérature scientifique (EST de ruminants, prions dans des tissus à risque ou non), mais également provenant d'EST considérées comme possibles car décrites expérimentalement (EST de ruminants transmises au porc) ou théoriques (EST sporadique de porc, ou de volaille, transmissions inter espèces) au vu des connaissances scientifiques actuelles (EST de mammifères, portage sain observé dans des modèles de laboratoire).

Un indice de gravité est ensuite affecté à chaque type de danger d'EST, en fonction des étapes du process suivies par celui-ci, jusqu'à l'aliment composé consommé par les animaux. L'indice de gravité initial pour chaque danger est fixé à 9. Des décotes successives sont ensuite appliquées pour tenir compte (i) de la probabilité d'occurrence de l'EST<sup>1</sup> considérée ; (ii) des différentes étapes du process pouvant être suivies par le danger : traitement thermique ou non, transmission par le biais de l'alimentation animale avec ou sans barrière d'espèce, transmission par le biais de l'alimentation animale directe (PAT présente dans la formule de l'aliment) ou indirecte (PAT sous forme de contamination croisée, n'apportant qu'une fraction de l'infectiosité).

Cette méthode, qui vise un classement relatif des situations à risque pour les différents dangers connus, possibles et théoriques identifiés, a permis d'obtenir une matrice constituée de 96 lignes/situations à risque, qui peut être consultée en annexe 4 du rapport associé au présent avis. Compte tenu des mesures aujourd'hui en place au niveau des chaînes de production et d'utilisation des PAT ainsi que des connaissances scientifiques actuelles, 84 situations à risque ont finalement été retenues.

---

<sup>1</sup> La probabilité d'occurrence inclut la plausibilité de l'occurrence de l'EST, compte tenu du niveau de connaissance actuel sur les différentes EST considérées. Par exemple, une EST de ruminant présente dans un tissu de ruminant a une occurrence très probable, alors qu'une EST sporadique de porc, transmise aux volailles et présente dans un tissu de volaille, a une occurrence improbable dans la mesure où la permissivité des volailles aux EST n'a pas encore été démontrée. (Seuls des éléments préliminaires sont à l'étude).

L'ensemble de ces situations à risque ont été réparties, selon leur plausibilité, dans les 4 scénarios envisagés : abattoirs et usines d'aliments non spécialisés, usines d'aliments spécialisées, ou abattoirs spécialisés, ou les deux filières spécialisées. Chaque scénario peut ainsi rassembler plusieurs situations à risque, chacune ayant un indice calculé de gravité spécifique. Il est donc caractérisé par deux indicateurs : niveaux de gravité et nombre de situations à risque. L'ensemble des résultats peut être consulté en annexes 5-6-7-8 du rapport associé.

L'analyse de ces résultats suggère que les abattoirs mixtes conduisent aux scénarios présentant les niveaux de gravité les plus élevés, particulièrement lorsque les PAT sont issues de sous-produits collectés dans des abattoirs ruminants/volailles. Suivent les abattoirs ruminants/porcs et enfin volailles/porcs.

Le modèle suggère qu'une collecte des sous-produits menée uniquement en abattoir spécialisé entraîne une diminution plus importante des 2 indicateurs de risque par rapport à un scénario n'étudiant que la spécialisation des usines d'aliments.

Quand toute la chaîne de fabrication et d'utilisation des PAT est spécialisée (de la collecte des matières de catégorie 3 en abattoir jusqu'à la livraison en élevage des aliments composés), les deux indicateurs de risque sont les plus faibles. Le GT souligne donc l'importance de tout mettre en œuvre pour éviter la survenue de contaminations croisées tout au long de la filière.

Le GT souligne qu'une erreur de distribution d'aliment dans un élevage multi-espèce, peut représenter un risque d'initiation d'EST, mais qui ne sera pas amplifiée au niveau de l'élevage. Seul le recyclage répété par la filière de fabrication des PAT et d'aliments pour animaux pourrait conduire à une amplification.

Enfin, en dehors de toutes contaminations croisées, le risque de recyclage d'une EST sporadique/spontanée éventuelle chez le porc, par la boucle alimentaire provoquée par la ré-autorisation des PAT de porcs en alimentation des volailles et des PAT de volailles en alimentation des porcs, peut être limité dès lors que les PAT de porcs sont bien produites avec la méthode 1 de transformation dite « méthode de stérilisation sous pression<sup>2</sup> » (traitement thermique à 133°C sous 3 bars de pression pendant 20 minutes pour des particules de sous-produits n'excédant pas 50 mm). Les experts considèrent, compte tenu de la faible sensibilité présumée des volailles aux EST, qu'une utilisation de la méthode 1 pour la production des PAT de volaille n'est pas proportionnée au risque, dans l'état des connaissances aujourd'hui disponibles. Si des éléments scientifiques nouveaux advenaient quant à la sensibilité des volailles, ce résultat d'expertise serait à reconsidérer.

**Ainsi, une séparation effective des sites et des circuits de productions (par espèces), de l'abattoir jusqu'à la livraison en élevage, associée à des moyens de contrôle et de traçabilité, permettraient de limiter d'éventuels phénomènes d'amplification des EST étudiés dans cette évaluation.**

---

<sup>2</sup> Méthode 1 de transformation des sous-produits selon le règlement (CE) n°142/2011 (annexe IV chapitre 3).

### 3.2. PAT d'insectes pour l'alimentation des porcs et des volailles

Le présent avis ne porte que sur les 7 espèces d'insectes autorisées pour l'alimentation des poissons ainsi que sur *Bombyx mori*, dans les conditions actuellement prévues par la réglementation concernant l'alimentation des animaux d'élevage et plus particulièrement celle relative aux matières premières autorisées<sup>3</sup> et aux limites maximales en substances indésirables<sup>4</sup>.

Les travaux de ce chapitre ont reposé sur l'analyse de la bibliographie récente, publiée après le précédent avis de l'Anses (Anses, 2015)

#### 3.2.1. Dangers biologiques

- Pour les dangers prions / EST, les experts n'ont pas identifié de publications complémentaires au précédent avis de l'Anses qui soit pertinente au regard du cadre de la saisine. Quant au rôle de vecteurs potentiels évoqué en 2015 pour les insectes, il ne peut être davantage objectivé.

Les experts soulignent qu'il est important de proscrire dans l'alimentation des insectes d'élevage toute matière première susceptible de contenir de l'infectiosité liée aux EST. Les matières premières utilisées pour l'alimentation des insectes d'élevage doivent respecter la réglementation actuelle sur l'alimentation animale citée en préambule.

- Pour les autres dangers biologiques, le GT a conduit une identification des dangers potentiels associés aux PAT d'insectes au regard de la cible envisagée par la modification réglementaire : l'alimentation des volailles et des porcs. Le GT a ensuite proposé une hiérarchisation de ces dangers. La hiérarchisation proposée est fondée d'une part sur la sévérité des dangers vis-à-vis des porcs et des volailles, et d'autre part sur la prise en compte d'un indice de « vraisemblance » de la présence de ces dangers dans les PAT d'insectes (la méthodologie de hiérarchisation peut être consultée au chapitre 3.1.2.2 du rapport associé).

De cette hiérarchisation, il ressort que les dangers à indice de risque élevé sont *Salmonella*, *Brucella*, *E. coli*, les circovirus et l'agent du rouget pour les porcs et *Salmonella*, *Clostridium botulinum*, agent du rouget, *E. coli*, coccidies, virus de la peste du canard et *Clostridium perfringens* pour les volailles. Cette hiérarchisation ne dispense pas les professionnels de mener leur propre analyse des dangers au regard de leur propre process et de sélectionner les dangers significatifs pour la sécurité de leur produit, comme prévu par la réglementation actuelle.

Les experts soulignent que les déjections animales semblent être les réservoirs principaux de beaucoup de ces dangers. Il est rappelé que la présente évaluation se place dans le contexte où les élevages d'insectes doivent respecter la réglementation actuelle sur l'alimentation des animaux d'élevage producteurs de denrées alimentaires. Un point de

---

<sup>3</sup> Règlement (CE) n° 767/2009 du Parlement européen et du Conseil du 13 juillet 2009 concernant la mise sur le marché et l'utilisation des aliments pour animaux, modifiant le règlement (CE) no 1831/2003 du Parlement européen et du Conseil et abrogeant la directive 79/373/CEE du Conseil, la directive 80/511/CEE de la Commission, les directives 82/471/CEE, 83/228/CEE, 93/74/CEE, 93/113/CE et 96/25/CE du Conseil, ainsi que la décision 2004/217/CE de la Commission (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

<sup>4</sup> Directive 2002/32/CE du Parlement européen et du Conseil du 7 mai 2002 sur les substances indésirables dans les aliments pour animaux

vigilance sur le maintien des termes de cette réglementation, notamment vis-à-vis des substrats utilisés pour l'élevage des insectes est nécessaire.

Dans le temps imparti, le GT n'a pas pu mener d'audition des professionnels de cette filière ni recueillir des protocoles précis, autres que ceux généraux décrits dans le précédent rapport de l'Anses. Néanmoins, il est souligné qu'en complément des bonnes pratiques d'hygiène, l'application d'un traitement par la chaleur, d'un niveau suffisant pour la maîtrise des dangers biologiques thermorésistants potentiellement associés aux insectes, est un des points critiques des procédés.

### 3.2.2. Dangers chimiques

- Pour le danger mycotoxines, l'analyse de la bibliographie disponible montre que l'effet des mycotoxines telles que la déoxynivalénol (DON), la zéaralénone (ZEA), l'aflatoxine B1 (Afb1) et l'aflatoxine B2 (Afb2) et l'ochratoxine A (OTA) a surtout été étudié chez trois espèces d'insectes : *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens*, *Alphitobius diaperinus*. Chez ces trois espèces, aucune accumulation de ces mycotoxines n'a été observée dans des essais d'alimentation, même lorsque la concentration en mycotoxines dans le substrat d'élevage était 25 fois plus élevée que la limite maximale réglementaire fixée pour l'AFB1<sup>4</sup> et les valeurs indicatives fixées pour les mycotoxines DON, ZEN, OTA, toxines T-2 et TH-2<sup>5</sup>. Ainsi, sur la base des résultats rapportés, les mycotoxines dans les PAT d'insectes ne semblent pas constituer un danger majeur en tant qu'aliment pour les porcs ou les volailles.
- S'agissant des autres dangers chimiques, les données disponibles, sont peu nombreuses. Concernant les dangers réglementés : Eléments traces métalliques (ETM) et arsenic (As) en alimentation animale, les publications indiquent majoritairement des teneurs faibles dans les larves. La source principale d'exposition des insectes à ces dangers est leur alimentation. Néanmoins, certains travaux ont mis en évidence que les insectes peuvent bio accumuler certains ETM (en particulier le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et le mercure (Hg) et l'As, au-delà de la teneur maximale réglementaire en alimentation animale. Ce processus semble être dépendant de l'espèce d'insecte considérée. Il conviendrait ainsi d'intégrer les PAT d'insectes dans les plans de contrôles et de surveillance pour ces contaminants.
- Les teneurs en polluants organiques persistants (dioxines, PCB-DL, PCB-NDL et les PBDE) mesurés dans les PAT d'insectes sont, quant à elles, toujours inférieures aux limites maximales réglementaires dans les publications existantes.
- S'agissant des facteurs antinutritionnels exogènes (dont l'origine est le substrat alimentaire), les experts ne peuvent, dans l'état actuel des connaissances, se prononcer sur la capacité des insectes à accumuler de telles substances. Toutefois, la réglementation actuelle impose : (i) de fournir aux insectes un substrat alimentaire respectant les limites maximales des substances indésirables de la directive 2002/32 et

---

<sup>5</sup> Recommandation (UE) 2016/1319 de la commission du 29 juillet 2016 modifiant la recommandation 2006/576/CE en ce qui concerne le déoxynivalénol, la zéaralénone et l'ochratoxine A dans les aliments pour animaux familiers

- (ii) de produire des PAT d'insectes destinées à l'alimentation des animaux d'élevage respectant elles-mêmes ces limites.
- La chitine, constituant de l'exosquelette des insectes, ainsi que l'un de ses dérivés, le chitosan, peuvent être considérés comme des facteurs antinutritionnels endogènes. La chitine est associée à des protéines durant le processus de sclérotisation, permettant la formation de structures stables assurant la rigidité de l'exosquelette. Ces structures peuvent être à l'origine de la réduction de la digestibilité des protéines. La limitation du taux d'incorporation des PAT d'insectes dans l'alimentation des porcs et des volailles ainsi que l'élimination de la chitine lors du processus de fabrication des PAT doivent permettre de limiter ce composé.
  - Le GT n'a pas eu à disposition de données sur la nature d'éventuels traitements vétérinaires réalisés dans les élevages d'insectes. Il convient de garder une attention particulière sur ce point, si le développement de ce type d'élevage s'accompagnait d'un recours à des médicaments vétérinaires.

Enfin, en ce qui concerne les dangers chimiques en général, compte tenu de la part importante du contenu intestinal dans la masse totale des insectes, le GT recommande l'application systématique d'une période de jeûne d'au moins 24 h avant la récolte des insectes.

En résumé, le GT n'identifie globalement pas de dangers supplémentaires par rapport à ceux présentés dans l'avis de l'Anses de 2015, hormis pour les dangers biologiques pour lesquels une démarche différente a été conduite, avec l'identification d'une liste longue et une hiérarchisation des dangers proposée, en rapport avec les animaux d'élevage ciblés (porcs et volailles).

### 3.3. Conclusions et recommandations du GT FEED BAN et du CES ALAN

Les connaissances actuelles sur les maladies à prion conduisent les experts à réaffirmer l'importance de ne pas se limiter au bovin comme réservoir potentiel de l'agent de l'ESB (en particulier les petits ruminants).

En outre, de nouvelles formes d'EST ont émergé chez des espèces ou dans des territoires que l'on croyait jusqu'à présent exempts de ces maladies. Ces exemples illustrent toutes les limites de considérer une population ou une espèce de mammifères exempte d'EST, quand aucune surveillance des EST n'y est pratiquée.

Enfin, au vu des éléments scientifiques disponibles aujourd'hui, il apparaît qu'il n'y a pas de barrière absolue à la transmission interspécifique des prions. Les données expérimentales confirment la possibilité de transmission et/ou d'adaptation d'un agent des EST au sein de l'espèce porcine. Dans l'état des connaissances actuelles, parcellaires, l'espèce *Gallus gallus* chez les volailles apparaît comme une espèce peu sensible aux agents de l'ESB comparativement au porc, mais cette conclusion ne peut être étendue ni aux autres EST, ni aux autres espèces de volailles.

Il convient également de prendre en compte dans l'évaluation des risques, la possibilité de persistance et de portage asymptomatique des agents des EST par des espèces considérées comme non sensibles.

Dans ce contexte, les experts ont analysé les différents scénarios de fabrication et d'utilisation des PAT susceptibles de provoquer une initiation d'EST ainsi que son amplification.

En ce qui concerne l'autorisation des PAT de porcs pour l'alimentation des volailles et des PAT de volailles pour l'alimentation des porcs, l'analyse réalisée par les experts démontre que tout doit être mis en œuvre pour éviter la survenue de contaminations croisées tout au long de la filière : la séparation des sites et des circuits de production (par espèce), de l'abattoir jusqu'à la livraison en élevage permet de limiter le phénomène d'amplification des EST.

Les experts ont considéré, dans les scénarios étudiés, que les étapes de fabrication des PAT et du transport des matières, en amont et en aval de cette fabrication, pourraient être dédiés et spécialisés. En revanche, la persistance de sites mixtes, en abattoir ou au niveau de la fabrication d'aliments composés, augmente les risques d'amplification. Les abattoirs mixtes conduisent à des scénarios présentant les niveaux de gravité les plus élevés, particulièrement lorsque les PAT sont issues de sous-produits collectés dans des abattoirs ruminants/volailles. Suivent les abattoirs ruminants/porcs et enfin volailles/porcs.

L'application du modèle montre qu'une collecte des sous-produits uniquement en abattoir spécialisé entraîne une diminution plus importante des indicateurs de risque qu'un scénario n'étudiant que la spécialisation des usines d'aliments.

Le développement des méthodes de détection et d'identification des PAT dans les aliments composés permet aujourd'hui la reconnaissance des espèces d'origine des PAT. Toutefois, ce développement doit être poursuivi, notamment le couplage des méthodes PCR et HPLC MS/MS, afin de bien différencier les résultats positifs dus aux matières premières autorisées (lait, ovoproduits...) de ceux liés à des usages frauduleux ou des contaminations croisées.

En ce qui concerne les PAT d'insectes pour l'alimentation des porcs et des volailles, les experts attirent l'attention des professionnels sur certains dangers biologiques à indice de risque élevé, à prendre en compte dans leur propre analyse des dangers au regard de leur procédé de fabrication des PAT.

L'application d'un traitement thermique permettant notamment la maîtrise des dangers biologiques potentiellement associés aux insectes est un des points critiques des procédés. L'analyse des dangers que le professionnel doit réaliser et l'autorisation du procédé par les autorités compétentes sont donc cruciales.

La proposition de critères microbiologiques adaptés à la production de PAT d'insectes, ne faisait pas partie des questions de la saisine ; ce travail nécessiterait des travaux d'expertise et de recherche pour valider de nouveaux critères plus adaptés.

S'agissant des dangers chimiques, une certaine vigilance est recommandée, qui doit passer par des autocontrôles des teneurs des PAT d'insectes en substances indésirables, en vue du respect de la réglementation relative à l'alimentation animale. Le CES attire notamment l'attention sur les contaminants les plus pertinents à surveiller dans les plans de contrôle : plomb, mercure, cadmium et arsenic.

Par ailleurs, le CES souligne le peu de recul sur d'éventuels métabolites générés par les insectes exposés à certaines mycotoxines. Des travaux de recherche devraient être menés sur cette thématique.

Le CES rappelle également l'importance de la séparation entre le frass<sup>6</sup> (qui peut être une source de contaminants) et les insectes, en vue de la fabrication des PAT. Il recommande en outre qu'une phase de jeûne d'au moins 24h soit respectée avant l'abattage des insectes, de manière à éliminer une source de contamination chimique qui proviendrait directement de l'aliment encore présent dans le tube digestif.

Enfin, il est rappelé que la présente évaluation sur les PAT d'insectes se place dans le contexte où les élevages d'insectes doivent respecter la réglementation actuelle sur l'alimentation des animaux d'élevage producteurs de denrées alimentaires. Un point de vigilance sur le maintien de cette réglementation, notamment vis-à-vis des substrats utilisés pour l'élevage des insectes est nécessaire, que ce soit pour les dangers biologiques ou chimiques.

#### 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

La gestion des risques liés à l'ESB et aux EST de petits ruminants en Europe s'articule autour de 4 axes :

- Les mesures d'interdiction d'utilisation des protéines animales transformées (PAT) dans l'alimentation des espèces de rente (feed ban) ;
- Le retrait et la destruction des matériels à risque spécifiés (MRS) à l'abattoir ;
- La surveillance active des EST ;
- La police sanitaire en élevage.

Ces 4 grandes mesures de gestion ont été réexaminées, allégées au travers de deux feuilles de routes de la Commission européenne (2005 puis 2010) sur les ESST, en fonction de l'évolution favorable de l'épidémiologie de l'ESB. L'Anses a été régulièrement saisie sur ces questions.

La question relative à l'allègement du feed ban avait déjà fait l'objet d'un avis de l'Anses en 2011. L'autorisation imminente de l'introduction, par l'Union Européenne, des PAT de porcs dans l'alimentation des volailles et des PAT de volailles pour l'alimentation des porcs, a conduit les autorités françaises à demander à l'Anses une actualisation de son précédent avis, tout en sollicitant un complément relatif à l'évaluation de risque associés à l'usage de PAT d'insectes pour l'alimentation des porcs et des volailles.

Concernant la réponse des experts à ces deux questions, l'Anses endosse les conclusions et recommandations du CES Alimentation animale.

L'Agence souligne notamment, en ce qui concerne l'allègement du feedban, l'importance de ne pas fonder uniquement les mesures de gestion sur l'existence d'une barrière de transmission interspécifique pour les prions, cette dernière n'étant pas absolue. Les connaissances actuelles conduisent au contraire à prendre en considération des hypothèses où les porcs pourraient être infectés par des agents de l'ESB ou d'EST de petits ruminants, voire développer eux-mêmes une forme sporadique d'EST. A cet égard, l'Anses rappelle la nécessité du maintien de la surveillance active des EST en vue de conserver une vigilance suffisante et de mesurer l'impact d'un allègement des autres mesures de gestion du risque EST (ici le feedban).

---

<sup>6</sup> Issu des élevages d'insectes, le frass est composé de leurs déjections, de leurs mues et de quelques résidus issus de leur alimentation

Les mesures de maîtrise des risques doivent être conçues pour couvrir de telles hypothèses, afin d'éviter qu'une initiation d'EST soit ensuite amplifiée par recyclages successifs. Il faut rappeler que l'épizootie d'ESB est probablement partie d'un nombre très limité de cas (peut-être même d'un seul), suivi d'une amplification par le biais du recyclage. L'expertise a rappelé l'utilité de différentes mesures de prévention, comme le recours à la stérilisation sous pression pour la préparation de PAT de porcs, et évalué les risques associés à différents scénarios et configurations des moyens de production. Il en ressort que seule une séparation effective des sites et des circuits de productions (par espèces), de l'abattoir jusqu'à la livraison en élevage, associée à des moyens de contrôle et de traçabilité permettraient de limiter d'éventuels phénomènes d'amplification des EST.

En ce qui concerne les PAT d'insectes pour l'alimentation des porcs et des volailles, l'Anses souligne que le présent avis repose sur un postulat technique fort, qui considère que le substrat alimentaire, sur lequel les insectes sont élevés, respecte les exigences de la réglementation des aliments pour animaux. L'Agence appelle l'attention des autorités sur le fait que la cotation des risques liés aux PAT d'insectes pourrait être significativement différente si le substrat alimentaire était d'une autre nature. S'il advenait que l'élevage d'insectes pour l'alimentation animale, ne s'avérait profitable à l'avenir que si leur propre alimentation permettait d'utiliser des matières non valorisées aujourd'hui (recyclage de certains déchets par exemple), les risques pour la santé publique et la santé animale seraient à totalement reconsidérer. Un point de vigilance sur le périmètre d'application de cette réglementation aujourd'hui, s'agissant des substrats utilisés pour l'élevage des insectes est nécessaire, que ce soit pour les dangers biologiques ou chimiques.

Dr Roger Genet

## MOTS-CLÉS

Prion, Encéphalopathie spongiforme transmissible (EST), monogastriques, ruminants, « Feedban », Protéines animales transformées (PAT)

Prion, Transmissible spongiform encephalopathy (TSE), monogastric animals, ruminants, Feedban, processed animal proteins (PAP)

## BIBLIOGRAPHIE

Anses. 2011. "Avis relatif relatif à l'évaluation du risque sanitaire lié à l'introduction des protéines animales transformées dans l'alimentation de certains animaux de rente en date du 25 octobre 2011 (saisine n°2011-SA-0014)."

Anses. 2015. "Avis relatif à « la valorisation des insectes dans l'alimentation et l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires en lien avec la consommation des insectes » en date du 12 février 2015 (saisine n°2014-SA-153)

EFSA. 2015. " EFSA Scientific Committee; Scientific opinion : Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed EFSA Scientific Committee." doi: doi:10.2903/j.efsa.2015.4257.

## CITATION SUGGÉRÉE

Anses. (2021). Avis et rapport d'expertise collective d'évaluation du risque relatif à l'allègement du «feed ban», (saisine 2020-SA-0094). Maisons-Alfort : Anses, 14p

**Évaluation du risque relatif à l'allègement  
du « feed ban ».**

---

**Saisine « n°2020-SA-0094 »  
Saisines liées « n°2011-SA-0014 ; n°2014-SA-0153 »**

**RAPPORT  
d'expertise collective**

**Groupe de travail « GT FEEDBAN »**

**Juillet 2021\***

\*Annule et remplace la version de Juin 2021 (voir page 124)

**Citation suggérée**

---

Anses. (2020). Evaluation du risque relatif à l'allègement du «feed ban», rapport du GT . (saisine 2020-SA-0094). Maisons-Alfort : Anses, 121p.

**Mots clés**

---

Prion, Encéphalopathie spongiforme transmissible (EST), monogastriques, ruminants, « Feedban », Protéines animales transformées (PAT)

Prion, Transmissible spongiform encephalopathy (TSE), monogastric animals, ruminants, Feedban, processed animal proteins (PAP)

## 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 (PROTÉINES ANIMALES TRANSFORMÉES N°2)

---

#### Président

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

#### Membres

M. Jean Noël ARSAC – Chargé d'expertise scientifique et de recherche, Anses Lyon (LNR ESST, compétence analyse des ESST, physiopathologie, souches).

Mme Catherine BELLOC – Professeur de médecine des animaux d'élevage, ONIRIS- (Infectiologie, porc, volailles, médecine vétérinaire - monogastrique - pharmacologie-épidémiologie).

M. Vincent BERINGUE – Directeur de recherches INRAE (Immunologie, EST des PR, ESB, mode de transmission, sous-produits animaux)

M. Hervé JUIN – Ingénieur de recherches, INRAE Centre Poitou-Charentes (physiologie et nutrition des volailles, additifs en alimentation animale)

Mme Marie-Pierre LETOURNEAU MONTMINY – Université de Laval (Nutrition animale, additifs, porcs, volailles)

Mme Françoise MÉDALE – Chef du département Physiologie animale et systèmes d'élevage, INRAE Centre Bordeaux-Aquitaine (physiologie et nutrition des poissons)

M. Eric MORIGNAT – Chargé d'expertise scientifique et de recherche, Anses Lyon (Epidémiologie de l'ESB, statisticien, Historique de l'épidémiologie de l'ESB en France)

### GROUPE DE TRAVAIL (FEEDBAN)

---

#### Président

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

#### Membres

M. Jean Noël ARSAC – Chargé d'expertise scientifique et de recherche, Anses Lyon (LNR ESST, compétence analyse des ESST, physiopathologie, souches).

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

Mme Catherine BELLOC – Professeur de médecine des animaux d'élevage, ONIRIS- (Infectiologie, porc, volailles, médecine vétérinaire - monogastrique - pharmacologie-épidémiologie).

M. Vincent BERINGUE – Directeur de recherches INRAE (Immunologie, EST des PR, ESB, mode de transmission, sous-produits animaux)

M Michel FEDERIGHI Professeur en santé publique vétérinaire et sécurité des aliments ONIRIS (Santé publique, aliments, hygiène, microbiologie, technologie, analyse des dangers, connaissance de la thématique insecte).

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

M. Hervé JUIN – Ingénieur de recherches, INRAE Centre Poitou-Charentes (physiologie et nutrition des volailles, additifs en alimentation animale)

Mme Marie-Pierre LETOURNEAU MONTMINY – Université de Laval (Nutrition animale, additifs, porcs, volailles)

Mme Françoise MÉDALE – Chef du département Physiologie animale et systèmes d'élevage, INRAE Centre Bordeaux-Aquitaine (physiologie et nutrition des poissons)

## COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

---

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

### CES ALAN – 2018-2021 (pilote)

#### 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 Joelle DUPONT – Directrice de recherche, INRAE (nutrition animale, métabolisme, ruminants, volailles)

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

Mme Evelyne FORANO – Directrice de recherche, INRAE Centre Auvergne-Rhône-Alpes (microbiologie du rumen, additifs en nutrition animale)

M. Olivier GEFFARD – INRAE (écotoxicologue)

Hervé HOSTE – Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (Nutrition animale, ruminants)

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

M. Hervé JUIN – Ingénieur de recherches, INRAE Centre Poitou-Charentes (physiologie et nutrition des volailles, additifs en alimentation animale)

Mme Nathalie LEFLOCH - Directrice de recherche, INRAE Centre Bretagne Normandie (Nutrition animale, physiologie de la nutrition, porcs)

Mme Marie-Pierre LETOURNEAU MONTMINY – Université de Laval (Nutrition animale, additifs, porcs, volailles)

Mme Françoise MÉDALE – Chef du département Physiologie animale et systèmes d'élevage, INRAE Centre Bordeaux-Aquitaine (physiologie et nutrition des poissons)

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)

---

## **PARTICIPATION ANSES**

### **Coordination scientifique**

Mme Caroline BOUDERGUE – Coordination scientifique UERSABA– Anses

M. Thomas MAIGNIEN -Coordination scientifique UERALIM- Anses

Mme Charlotte DUNOYER - Cheffe de l'unité UERSABA- Anses

### **Secrétariat administratif**

Mme Angélique LAURENT – Service Appui à l'expertise – Direction de l'Evaluation des Risques

---

## **AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES**

### **Centre wallon de recherches agronomiques**

M. Olivier FUMIERE – Chef de service- Laboratoire communautaire de référence pour la détection des protéines animales transformées, unité qualité et authentification des produits, département connaissance et valorisation des produits.

Mme Marie-Caroline LECRENIER - Cheffe de Projet, unité qualité et authentification des produits, département connaissance et valorisation des produits.

### **Service comme des laboratoires DGCCRF-DGDDI**

Mme Nelly JARDY, Responsable du Laboratoire national de référence pour la détection des PAT. Laboratoire de Rennes

### **SNIA - Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale/ La coopération agricole**

M. Emmanuel Réveillère

M. Manuel Alain

Mme Blandine MARKWITZ

Mme Valérie BRIS

## SOMMAIRE

<b>Présentation des intervenants</b> .....	<b>3</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>9</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>10</b>
<b>1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise</b> .....	<b>11</b>
1.1 Contexte .....	11
1.2 Objet de la saisine .....	11
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation .....	12
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts .....	13
<b>2 Utilisation possible des PAT de porcs pour les volailles et de PAT de volailles pour les porcs</b> .....	<b>14</b>
2.1 Modalités de substitution des farines animales et des graisses et du bilan sanitaire et nutritionnel de leur suppression .....	14
2.1.1 Rappel et actualisation de l'intérêt des PAT en 2011 en France .....	14
2.1.2 Nouveau contexte sanitaire depuis 2011 .....	15
2.1.3 Position des industries de la nutrition animale .....	15
2.2 Etat des lieux sur les risques de propagation des agents des EST dans le cadre de l'introduction des PAT de volailles et de porcs .....	16
2.2.1 Données épidémiologiques de l'ESB en France .....	16
2.2.2 Modélisation de l'EFSA concernant la réintroduction des protéines animales transformées (PAT) .....	24
2.2.3 Généralités sur les barrières d'espèces .....	27
2.2.4 Barrière d'espèce pour les EST chez les porcs et les volailles .....	28
2.3 Etat des lieux des méthodes analytiques pour identifier l'espèce d'origine d'une PAT .....	31
2.4 Evaluation du risque lié aux conditions de fabrication, de stockage, de transport et d'utilisation des PAT .....	33
2.4.1 Identification des points critiques .....	33
2.4.2 Collecte des matières C3, fabrication et transport des PAT .....	34
2.4.3 Fabrication et transport des aliments composés pour animaux .....	35
2.4.4 Estimation du risque d'EST lié aux contaminations croisées dans les filières de production et d'utilisation des PAT .....	37
2.5 Problématique de la boucle alimentaire .....	59
<b>3 Dangers/risques associés aux PAT d'insectes pour l'alimentation des porcs et des volailles</b> .....	<b>62</b>
3.1 Dangers biologiques .....	63

3.1.1	Prion et insectes .....	63
3.1.2	Bactéries, virus et parasites.....	64
3.2	Dangers chimiques.....	70
3.2.1	Mycotoxines (dangers chimiques d'origines biologiques).....	70
3.2.2	Eléments traces métalliques .....	73
3.2.3	Les substances actives de médicaments .....	75
3.2.4	Les pesticides organochlorés et les polluants organiques persistants .....	75
3.2.5	Facteurs antinutritionnels et toxiques .....	76
3.2.6	Dangers physiques .....	78
<b>4</b>	<b>Conclusions et recommandations du GT .....</b>	<b>79</b>
4.1	Concernant les PAT de porcs pour l'alimentation des volailles et des PAT de volailles pour l'alimentation des porcs.....	79
4.2	Concernant les PAT d'insectes pour l'alimentation des porcs et des volailles .....	82
<b>5</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>85</b>
	<b>Annexe 1 : Lettre de saisine.....</b>	<b>97</b>
	<b>Annexe 2 : Rappels réglementaires.....</b>	<b>102</b>
	<b>Annexe 3 : Auditions et contributions des industriels .....</b>	<b>104</b>
	<b>Annexe 4 : Grille de de cotation des dangers .....</b>	<b>114</b>
	<b>Annexe 5 : Scénario 1 .....</b>	<b>116</b>
	<b>Annexe 6 : scénario 2 .....</b>	<b>118</b>
	<b>Annexe 7 : Scénario 3 .....</b>	<b>119</b>
	<b>Annexe 8 : Scénario 4 .....</b>	<b>120</b>
	<b>Annexe 9 : substances antinutritionnelles .....</b>	<b>121</b>
	<b>Annexe 10 : sélection des maladies animales Porc et Volailles.....</b>	<b>122</b>
	<b>Annexe 11 : Suivi des actualisations du rapport .....</b>	<b>124</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Bilan des cas positifs détectés en France par type d'EST (source Anses Lyon)	16
Tableau 2 : Extrait du travail de cotation obtenu pour le scénario 1 (absence de spécialisation dans la filière, hormis fabrication et transport des PAT) - cas des abattoirs mixtes ruminants / porcs.....	50
Tableau 3 : Présentation du nombre de situations à risque / niveau de gravité dans le scénario 1. ....	51
Tableau 4 : Présentation du nombre de situations à risque et niveaux de gravités dans le scénario 2.....	53
Tableau 5 : Présentation du nombre de situations à risque / niveau de gravité dans le scénario 3 .....	56
Tableau 6 : Présentation du nombre de situations à risque / niveau de gravités dans le scénario 4. ....	58
Tableau 7 : Tri des dangers associés aux élevages de porcs et volailles.....	64
Tableau 8 : calcul de la note de risque pour les porcs .....	67
Tableau 9 : Calcul de la note de risque pour les volailles .....	68

## Liste des figures

Figure 1 : chaîne de production et d'utilisation des PAT et points critiques vis-à-vis des contaminations croisées.....	33
Figure 2 : Risque d'initiation/amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir mixte ruminants/volailles ou ruminants/porcs et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale .....	38
Figure 3 : Risque d'initiation/amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir spécialisé volailles.....	39
Figure 4 : Risque d'initiation/amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir spécialisé porcs.....	40
Figure 5 : Risque d'initiation/amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir mixte volailles/porc.....	41
Figure 6: Risque d'amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir mixte ruminants/volailles ou ruminants/porcs et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale .....	42
Figure 7: Risque d'amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir spécialisé volailles et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale .....	43
Figure 8 : Risque d'amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir spécialisé porcs et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale .....	44
Figure 9 : Risque d'amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir mixte volailles/porc et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale .....	45
Figure 10 : <i>Extrait de la matrice présentant les lignes 1 à 12 ainsi que les lignes 85 à 96 de la méthode HR<sup>Prion</sup></i> .....	48
Figure 11 : Distribution des niveaux de gravité par type d'abattoir .....	51
Figure 12 : Distribution des niveaux de gravité pour le porc .....	52
Figure 13 : Distribution des niveaux de gravité pour la volaille .....	52
Figure 14 : Distribution des niveaux de gravité pour les ruminants.....	53
Figure 15 : Distribution des niveaux de gravité par type d'abattoir.....	54
Figure 16 : Distribution des niveaux de gravité pour le porc .....	54
Figure 17 : Distribution des niveaux de gravité pour la volaille .....	55
Figure 18 : Distribution des niveaux de gravité par type d'abattoir.....	56
Figure 19 : Distribution des niveaux de gravité pour le porc .....	57
Figure 20 : Distribution des niveaux de gravité pour la volaille .....	57
Figure 21 : Distribution des niveaux de gravité pour les ruminants.....	58
Figure 22: boucle alimentaire par le biais des PAT.....	59
Figure 23 : : Représentation schématique du processus de production de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux à base d'insectes comestibles (adapté de mezdour 2017 ).....	63

# 1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise

## 1.1 Contexte

L'Agence a été saisie le 06 Juillet 2020 par la Direction générale de l'alimentation (DGAL) et la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) d'une demande d'avis sur l'évaluation du risque relatif à l'allègement du « feed ban ».

- Une des propositions de la deuxième feuille de route européenne sur les encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST) (C.E. 2010) est d'autoriser les protéines animales transformées (PAT) de volailles pour l'alimentation des porcs et les protéines animales transformées de porcs pour l'alimentation des volailles. L'Agence avait été saisie plusieurs fois par le passé.
- Lors de sa dernière expertise (Anses 2011b) l'Agence avait conclu que « Les garanties nécessaires à la prévention de risques associés à l'utilisation des PAT dans l'alimentation des porcs et des volailles n'étaient pas toutes réunies.
- *Seule la combinaison,*
  - o *du respect strict de la spécialisation de ces deux filières par espèces (depuis la collecte des matières servant à la fabrication des PAT jusqu'à leur utilisation par l'animal)*
  - o *d'une méthode de contrôle de l'espèce d'origine des PAT**pourrait apporter ces garanties.*

Comme l'indique la saisine de la DGAL, la réglementation européenne a évolué en 2013, autorisant les PAT de porcs et de volailles pour l'aquaculture. La saisine indique que *les méthodes de détection de l'ADN de Porc (sondes PCR pour le contrôle de l'espèce d'origine des PAT) et de détection de l'ADN de volaille sont aujourd'hui validées.*

Le projet de texte de la Commission prévoit aussi l'utilisation des PAT d'insectes pour les porcs et les volailles. Il est donc également demandé d'actualiser les précédents travaux de l'Agence sur ce sujet. En effet, l'Agence avait rendu, en février 2015, un avis relatif à la valorisation des insectes dans l'alimentation et à l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires en lien avec la consommation des insectes (Anses 2015a).

## 1.2 Objet de la saisine

Il est demandé à l'Agence, pour cette saisine 2020-SA-0094 :

1) de mettre à jour son avis de 2011 sur l'utilisation possible des PAT de porcs pour les volailles et de PAT de volailles pour les porcs.

2) d'étendre l'expertise à l'utilisation des PAT d'insectes pour les porcs et les volailles, en prenant en compte l'avis de l'EFSA du 5 octobre 2015 (EFSA 2015), et l'avis de l'Anses du 12 février 2015.

Il a été précisé que la question était posée dans le cadre de la réglementation actuelle sur les substrats autorisés pour l'élevage d'insectes destinés à l'alimentation animale.

### 1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

Compte tenu des échéances imposées par les discussions européennes relatives à l'utilisation des PAT en alimentation animale, le traitement de cette saisine a été divisé en deux parties.

Les questions relatives à l'autorisation des PAT de porcs pour l'alimentation des volailles et des PAT de volailles pour l'alimentation des porcs ont fait l'objet d'une expertise collective que l'Anses a confiée au groupe de travail « Protéines animales transformées n°2 » (GT PAT 2), rattaché au CES Alimentation animale (ALAN). Le GT s'est réuni le 21 octobre, les 2 et 18 novembre, les 4 et 18 décembre 2020, le 20 Janvier 2021, le 10 février 2021, le 11 mars 2021. Les travaux ont été présentés le 15 décembre 2020 et le 23 mars 2021 au CES « ALAN ». Un rapport intermédiaire a été transmis aux direction commanditaires fin décembre 2020.

Les questions relatives à l'autorisation des PAT d'insectes en alimentation animale portent sur un domaine plus large que celui des EST, leur champ s'étendant sur tous les types de dangers sanitaires. Elles ont été confiées début 2021 à un Groupe de Travail (GT Feedban) adapté à cette problématique élargie. Le GT s'est réuni le 25 mars et le 8 avril, ses travaux ayant été présentés et adoptés par le CES ALAN le 04 mai 2021. Le présent rapport émis par le GT Feedban a en outre repris l'analyse du GT PAT2 qui a été complétée par une approche semi-quantitative (méthode de Hiérarchisation du Risque Prion). Il rassemble ainsi l'ensemble des réponses aux questions de la saisine.

S'agissant de la question relative aux PAT de porcs et de volailles, les contraintes de temps ont conduit l'Agence à adapter sa méthode d'expertise aux courts délais de réponse. Le GT PAT2 a ainsi repris les conclusions de chaque grande partie de l'avis d'octobre 2011 et a examiné si de nouveaux éléments étaient de nature à les remettre en cause aujourd'hui.

Les travaux de 2011 reposaient en partie sur une enquête de terrain du CGAAER<sup>1</sup> relative à la séparation des filières de production, depuis l'abattoir jusqu'à l'aliment pour animaux distribué en élevage. Une mise à jour de cette enquête étant inenvisageable dans le court délai de cette saisine, les experts ont auditionné (par téléconférence ou par écrit) les parties prenantes représentatives de ces filières : CELENE<sup>2</sup>, SIFCO<sup>3</sup> et SNIA<sup>4</sup>-Coop de France<sup>5</sup>, pour connaître la situation actuelle des différents maillons de ces filières.

Par ailleurs, le laboratoire communautaire de référence ainsi que le laboratoire national de référence pour les PAT ont également été auditionnés par le GT.

La saisine porte sur l'actualisation de l'avis de l'Anses d'octobre 2011 et de celui de 2015. Le premier avis sur les PAT de porcs et de volailles ne considérait que le danger prion et le deuxième avis sur les insectes examinait de façon plus large les différents dangers, biologiques, chimiques physiques et allergènes. Comme clarifiées avec la DGAL lors d'une réunion téléphonique, les deux approches respectives ont été conservées au sein de cet avis rassemblant les deux thématiques.

De nombreux dangers chimiques sont couverts par la réglementation sur les substances indésirables, les experts ont donc uniquement abordé la possibilité de bioaccumulation de certaines substances dans les insectes au-delà de ces seuils. En revanche pour les dangers microbiologiques, la réglementation « alimentation animale » ne prend en compte que les risques associés aux salmonelles : les experts ont donc proposé une liste longue des dangers potentiels microbiologiques dans les PAT d'insectes à destination de l'alimentation des volailles et des porcs.

<sup>1</sup> Conseil Général de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Espace Rural

<sup>2</sup> Cellule d'expertise Energie-Environnement des entreprises d'abattage et de préparation de viande

<sup>3</sup> Syndicat des Industries Françaises des Coproduits

<sup>4</sup> Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale

<sup>5</sup> La Coopération Agricole en France

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) ».

## **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 <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

## 2 Utilisation possible des PAT de porcs pour les volailles et de PAT de volailles pour les porcs

### 2.1 Modalités de substitution des farines animales et des graisses et du bilan sanitaire et nutritionnel de leur suppression

#### 2.1.1 Rappel et actualisation de l'intérêt des PAT en 2011 en France

Comme mentionné dans la précédente évaluation (Anses 2011) : « *Par souci de clarté, le terme « farines animales » (regroupant les farines de viande et d'os, farines de sang etc.) sera employé pour toute référence à leur utilisation avant l'interdiction de 2000.*

*Actuellement la réglementation définit le terme de Protéines animales transformées<sup>6</sup> comme les protéines animales issues entièrement de matières de catégorie 3 (issues d'animaux propres à la consommation humaine) et transformées selon divers procédés<sup>7</sup>.*

*Il est à noter que le terme farines de viande et d'os désigne aujourd'hui les protéines animales résultant de la transformation de matières de catégorie 1 ou de catégorie 2<sup>8</sup>.* »

Le rapport de l'Anses de 2011 (Anses 2011b) avait fait état des modalités de substitution des farines et des graisses animales ainsi que du bilan sanitaire et nutritionnel de leur suppression jusqu'en 2010. Il rappelait que pour toutes les espèces concernées, les farines animales avaient été substituées par des protéines végétales et des sources minérales de calcium et phosphore. Cette substitution n'avait eu qu'un faible impact sanitaire et zootechnique chez les porcs. Chez les volailles, des problèmes zootechniques (dégradation de l'indice de consommation) et sanitaires (troubles digestifs, dégradation des litières, problèmes d'aplomb, etc.) avaient été rapportés dans la filière volaille de chair, essentiellement chez les dindes. La suppression concomitante de certains additifs alimentaires (antibiotiques facteurs de croissance en 2006, histomonostatiques en 2003) n'avait cependant pas permis d'imputer spécifiquement les difficultés rencontrées à la seule suppression des farines animales dans l'alimentation de ces espèces.

En 2011, le Conseil national de l'alimentation (CNA)<sup>9</sup>, avait déjà étudié l'intérêt zootechnique et nutritionnel des PAT au regard de leurs teneurs protéique, énergétique ainsi qu'en minéraux (phosphore et calcium).

En effet, les PAT peuvent avoir une origine très diverse et donc contiennent des pourcentages très variables de protéines, entre 50 et 56 % de protéines (NRC, 2012 ; INRA-AFZ, 2004) et 2000 kcal/kg d'énergie nette chez le porc et 2200 à 2800 kcal/kg d'énergie métabolisable corrigée pour l'azote chez le poulet (Adeola et al., 2018). De même, le phosphore (P) présent dans les aliments pour monogastriques provient aujourd'hui des matières premières d'origine végétale et des phosphates minéraux ajoutés dans l'aliment. Environ 65 % [50 à 80 %, (INRA-AFZ 2004)] de P des matières premières d'origine végétale sont sous forme phytique (acide myo-inositol hexaphosphorique (IP6), composé d'un radical inositol estérifié par six radicaux

<sup>6</sup>Règlement (CE) n° 142/2011 du 25 février 2011 portant application du règlement (CE) n° 1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et portant application de la directive 97/78/CE du Conseil en ce qui concerne certains échantillons et articles exemptés des contrôles vétérinaires effectués aux frontières en vertu de cette directive.

<sup>7</sup>Méthodes de transformations décrites à l'annexe X, chapitre II, section I, du Règlement (CE) n° 142/2011.

<sup>8</sup> Directive 2008/98/CE du Parlement européen et du conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives.

<sup>9</sup> Conseil National de l'Alimentation : Quelle place pour les protéines animales transformées (PAT) dans l'alimentation des porcs, des volailles et des poissons ? Avis n°70, 1/12/2011

phosphates et présentant une teneur en P élevée (28,7 %), la proportion restante étant sous forme non phytique (phosphoprotéines, phospholipides, nucléoprotéines). La digestibilité du P phytique des matières premières végétales est faible, car pour être utilisé par l'animal, le P phytique doit être hydrolysé par une enzyme, la phytase que les monogastriques synthétisent peu voire pas. Des phytases exogènes ajoutées dans l'aliment ont été développées, et récemment améliorées pour être plus efficaces, et sont largement utilisées pour augmenter l'utilisation du P phytique. Néanmoins, durant le jeune âge, les besoins de P sont élevés et des sources apportant plus de P digestible doivent être utilisées. Les plus utilisées sont les phosphates principalement sous forme calcique qui contiennent de 18 à 23 % de P (INRA-AFZ 2004) dont 75 à 90 % environ seraient digestibles ou disponibles pour l'animal (INRA-AFZ 2004, Jongbloed AW 2002).

Aujourd'hui, les experts du GT soulignent de nouveau que l'apport de PAT dans les aliments pour volailles et porcs pourrait jouer favorablement sur l'équilibre nutritionnel des rations, en termes de minéraux, de protéines digestibles et d'énergie.

### 2.1.2 Nouveau contexte sanitaire depuis 2011

Lors du précédent avis, l'utilisation de certains antibiotiques (en tant que médicaments vétérinaires) en prévention était pratiquée lors des périodes délicates comme le jeune âge, ou autour du sevrage chez les mammifères. Depuis, les plans Ecoantibio (2012-2016)<sup>10</sup> ont conduit à restreindre l'usage des antibiotiques : ainsi un guide de bonnes pratiques d'emploi des antibiotiques en médecine vétérinaire encadre la prescription et la délivrance de ces médicaments dans le but d'éviter le recours à un usage préventif des antibiotiques (Arrêté du 22 juillet 2015 relatif aux bonnes pratiques d'emploi des médicaments contenant une ou plusieurs substances antibiotiques en médecine vétérinaire). De plus, suite à un avis défavorable du CVMP<sup>11</sup> concernant le rapport bénéfice/risque des médicaments vétérinaires contenant de l'oxyde de zinc, à administrer par voie orale à des espèces productrices de denrées alimentaires, la Commission Européenne a adopté une décision le 26 juin 2017 induisant le retrait de leurs autorisations de mise sur le marché dans les cinq ans suivant cette date. Ces médicaments sont utilisés sous forme de prémélanges médicamenteux pour la prévention des diarrhées des porcelets en post-sevrage.

De nombreux travaux ciblent la nutrition maternelle, la mise en place du microbiote digestif et l'alimentation post-sevrage pour limiter les troubles digestifs et intestinaux. Par ailleurs, de nombreux travaux visent à développer l'utilisation de certains additifs afin de limiter les troubles digestifs notamment chez les jeunes animaux. Des vaccins sont également développés pour limiter les colibacillooses des porcelets en post-sevrage. En parallèle de ces recherches, les PAT pourraient contribuer à résoudre en partie les troubles digestifs, notamment chez la volaille de chair

### 2.1.3 Position des industries de la nutrition animale

Questionnés sur les évolutions de leurs filières depuis 2011, les professionnels auditionnés ont confirmé les nombreux travaux de recherche en nutrition des monogastriques (développement d'additifs tels que les enzymes, acides aminés de synthèse et additifs visant à sécuriser l'équilibre digestif) et sur la sélection génétique de végétaux à haute teneur en protéines. Les professionnels ont souligné :

<sup>10</sup> <https://agriculture.gouv.fr/eoantibio>

<sup>11</sup> Committee for Medicinal Products for Veterinary Use

- Un réel intérêt des PAT de porc pour les filières volailles. La pertinence d'utilisation des PAT de volailles pour l'alimentation des porcs est moindre en raison de leur besoin en protéines plus faible,
- Un intérêt des PAT pour contribuer à limiter les troubles digestifs liés notamment au jeune âge des animaux dans un contexte de moindre recours aux antibiotiques,
- Le développement de cahiers des charges 100 % « végétal et minéral » en France pour les aliments destinés aux productions animales. Par exemple, les aliments pour poissons, intégrant des PAT de monogastriques, actuellement autorisées dans cette production, sont destinés à l'exportation, faute de clients pour ces formulations.

**Le GT conclut, comme en 2011, que les protéines animales transformées, de par leur composition nutritionnelle, sont des matières premières intéressantes pour l'alimentation des monogastriques particulièrement pour les filières volailles. En outre, dans un contexte Ecoantibio en vigueur qui vise à un moindre recours aux antibiotiques, les PAT pourraient contribuer à prévenir en partie les troubles digestifs chez les jeunes animaux. Néanmoins, leur utilisation est totalement dépendante de leur prix d'intérêt et de l'acceptabilité des utilisateurs, traduite au travers des cahiers des charges.**

## 2.2 Etat des lieux sur les risques de propagation des agents des EST dans le cadre de l'introduction des PAT de volailles et de porcs

### 2.2.1 Données épidémiologiques de l'ESB en France

Au début de l'épizootie, la souche de l'ESB était considérée comme unique contrairement à la multiplicité des souches de tremblante des petits ruminants. En 2004, deux nouveaux types d'ESB ont été découverts (ESB de type H et ESB de type L par référence à la vitesse respective (High / Low) de migration électrophorétique de la PrP<sup>Sc12</sup> présente dans le cerveau des animaux atteints (Biacabe et al., 2004) et regroupés sous l'appellation d'ESB « atypique », par opposition aux cas d'ESB épizootique qualifiée depuis lors de « classique ». Ces ESB atypiques sont caractérisées par des profils moléculaires distincts des cas classiques et par des âges à la détection, généralement plus élevés. Alors que les cas d'ESB classique sont associés à une contamination par voie orale via les farines animales contaminées, l'origine des cas d'ESB atypiques reste à ce jour incertaine, bien que l'hypothèse d'un caractère spontané de la maladie soit privilégiée par la communauté scientifique (Biacabe *et al.* 2008). Le Tableau 1 présente le bilan en France des cas positifs détectés pour les différentes EST.

**Tableau 1 : Bilan des cas positifs détectés en France par type d'EST (source Anses Lyon)**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ESB Total	164	276	240	142	54	34	8	13	7	11	5	3	1	2	3	0	4	2	3	4	2
ESB C	163	275	237	138	53	33	7	10	3	6	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ESB H	1	1	2	3	0	0	0	1	2	2	1	0	0	2	1	0	3	1	1	4	1
ESB L	0	0	1	1	1	1	1	2	2	3	2	0	1	0	2	0	0	1	2	0	1
Tremb Total	55	32	136	956	620	411	485	922	182	60	70	32	39	42	39	50	9	4	11	11	4
Tremb Classique	55	32	136	956	531	395	290	738	121	29	35	5	6	29	28	40	2	0	5	0	0
Nor98	-	-	-	-	89	16	195	184	61	31	35	27	33	13	11	10	7	4	6	11	4

Tremb : tremblante, Nor 98 : tremblante atypique

<sup>12</sup> PrP<sup>Sc</sup> : forme pathologique de la protéine du prion

### 2.2.1.1 Epidémiologie globale de l'ESB

Depuis l'identification du premier cas d'ESB en France (1991), 1051 cas d'ESB (C, L, H) ont été recensés à la date du 30 octobre 2020. Le nombre maximal de cas d'ESB par an a été atteint en 2001 avec 276 cas confirmés, année durant laquelle le dépistage systématique de l'ESB à l'abattoir et à l'équarrissage par un test biochimique rapide a été mis en place au niveau national. Auparavant, la surveillance n'était basée que sur l'observation des cas cliniques (réseau d'épidémiosurveillance passive), ce qui sous-estimait très largement le nombre de cas (Calavas *et al.* 2001, Supervie et Costagliola 2004). Depuis, une diminution lente et régulière de la prévalence de l'ESB (tous types de cas confondus) a été observée : elle est ainsi passée de 120 positifs par million de bovins testés en juillet 2001 à 5 positifs par million de bovins testés en juillet 2006 (Anses 2011a). Aucun cas d'ESB classique n'a été observé en France depuis de 2012, à l'exception d'un seul détecté en 2016, alors que quelques cas d'ESB atypiques continuent à être détectés chaque année (de 1 à 5 par an)

En parallèle avec la diminution du nombre de cas détectés, la surveillance de l'ESB a été progressivement allégée en augmentant les âges seuils des bovins éligibles au test (par exemple 24, 30, 48 puis 72 mois pour les animaux sains en abattoirs). En outre depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2015, les animaux nés à partir de janvier 2002, ne sont plus testés à l'abattoir, à l'exception de certains animaux (abattage d'urgence, signes d'accident ou troubles graves repérés lors d'inspection *ante mortem*, ...) <sup>13</sup>. La surveillance à l'équarrissage reste appliquée.

L'interdiction d'importation des FVO britanniques en 1989, suivie de l'interdiction des FVO dans l'alimentation des bovins en 1990 sont les premières mesures mises en place en France, visant à enrayer l'épizootie d'ESB. En 1994, cette interdiction était étendue à l'ensemble des ruminants.

Ces mesures ont été renforcées en juin 1996 avec le retrait des cadavres et abats à risque (Matériels à risque spécifiés : MRS) pour la fabrication des FVO qui étaient encore autorisées pour l'alimentation des autres espèces de rente (notamment porcins, volailles...). A partir de 1997, les FVO devaient réglementairement faire l'objet du traitement thermique à 133°C/3Bars/20 minutes.

Des travaux basés sur la répartition des cas d'ESB par année de naissance (cohortes) mettent en évidence une décroissance forte de l'épizootie d'ESB en France pour les animaux nés après 1994 jusqu'aux animaux nés en 2001 (2001 étant la dernière année de naissance pour laquelle le risque de la maladie pouvait être estimé dans cette analyse) (Anses 2011a). Par ailleurs, le taux de reproduction de la maladie est inférieur à la valeur seuil de 1 pour les animaux nés en 1997, ce qui signifie une extinction progressive de l'épizootie depuis cette cohorte de naissance (Anses 2011a, Ducrot *et al.* 2010).

Une dernière mesure a été appliquée au niveau européen en 2001 dans la plupart des états membres, plus précocement en Angleterre et en Irlande (en 1996) et en 2004 dans certains pays du centre et du nord de l'Europe. Il s'agit de l'interdiction totale de l'utilisation des FVO et de certains dérivés d'origine animale en alimentation de tous les animaux producteurs de denrées. Les cas d'ESB classique nés après cette dernière mesure sont appelés cas hyperNAIFS<sup>14</sup> en Français ou BARB (born after the reinforced ban) en anglais. A ce jour, 2

<sup>13</sup> Conformément à l'instruction nationale (DGAL/SDSSA/2014-1002 du 11/12/2014), la surveillance des bovins à l'abattoir est la suivante :  
- tout animal né avant le 01/01/2002 dans un État figurant à l'annexe de la Décision 2009/719/CE (dont la France) ;  
- tout animal de plus de 30 mois né dans un État ne figurant pas à l'annexe de la Décision 2009/719/CE ;  
- tout animal de plus de 48 mois et pour lequel l'inspection ante mortem a mis en évidence des signes d'accident, des troubles physiologiques et fonctionnels graves, ou des signes indiquant que le bien-être des animaux a été compromis, ou d'un état quelconque susceptible de nuire à la santé animale ou humaine.  
- tout animal de plus de 48 mois abattu dans le cadre d'un abattage d'urgence (bovins abattus d'urgence en dehors d'un abattoir et bovins abattus d'urgence à l'abattoir).

<sup>14</sup> Hyper NAIF : cas né après l'interdiction totale des farines de viande et d'os (FVO) dans les aliments des animaux producteurs de denrées (1<sup>er</sup> janvier 2001)

cas d'ESB classique hyperNAIFs, nés respectivement en 2004 et 2011, ont été détectés en France en 2010 et 2016<sup>15</sup>. L'origine de la contamination de ces cas interpelle puisque cette dernière mesure était censée protéger la population bovine de toutes sources de contamination alimentaire. Une auto-saisine de l'Afssa (Afssa 2010) sur le cas détecté en 2010 et un article (Baron, Biacabe, et Calavas 2016) sur le cas détecté en 2016, explorent quatre sources de contaminations possibles :

- la persistance d'une source de contamination alimentaire résiduelle chez ces bovins, malgré les mesures réglementaires,
- la transmission verticale de la maladie, dont la réalité n'a cependant jamais été démontrée expérimentalement chez les bovins,
- l'existence d'une forme d'ESB, à ce jour non identifiée, de nature « sporadique » (c'est à dire existant « naturellement » dans l'espèce bovine, sans étiologie identifiée) mais de phénotype moléculaire similaire à celui de l'ESB-C,
- l'existence d'une maladie à prion d'origine génétique.

L'Afssa considérait, en 2010, que la première hypothèse était la plus probable.

Plus récemment, l'EFSA a également rendu un avis (EFSA 2017b) sur l'origine la plus vraisemblable des 60 cas d'ESB de type classique ou inconnu en Europe, nés après l'interdiction totale de 2001 (cas BARB).

Cette évaluation de l'EFSA repose sur :

- une revue de la littérature scientifique concernant les sources d'infection potentielles à l'ESB (maternelle, iatrogène, génétique, environnementale et alimentaire),
- une analyse des données de surveillance des États membres afin d'évaluer la capacité de chaque État membre à détecter un cas d'ESB sur la base de la puissance de ses systèmes de surveillance et pour détecter toute hétérogénéité dans la survenue des 60 cas BARB entre états membres,
- une enquête par questionnaire auprès des 11 États membres dans lesquels les 60 cas BARB avaient été confirmés pour tenter d'expliquer l'origine de ces cas,
- une évaluation qualitative de la traçabilité des ingrédients utilisés dans la production d'aliments pour bovins, qui a été effectuée à partir des 54 rapports d'audit résultant des inspections menées par l'Office alimentaire et vétérinaire (OAV)<sup>16</sup> pour la période 2001-2015. L'objectif était de résumer toutes les informations disponibles concernant la mise en œuvre et le respect par les États membres de l'interdiction totale des FVO dans les aliments pour animaux producteurs de denrées, et d'évaluer si les aliments contaminés par l'agent de l'ESB pouvaient être exclus en tant que source d'infection des 60 cas BARB.

Les conclusions de l'EFSA sont, qu'en dépit d'une incertitude élevée sur l'origine de la maladie, l'exposition à des aliments composés contaminés est la source la plus probable d'infection (probabilité de vraisemblance estimée entre 66 et 90 %) par rapport aux autres sources potentielles d'infection. En effet, l'EFSA souligne que :

- l'origine alimentaire ne peut être exclue que pour un seul des cas ;
- des enquêtes épidémiologiques, examinant un plus grand nombre de cas confirmés nés après l'interdiction totale des FVO au Royaume Uni et en Irlande (1996), ont conclu que les aliments pour animaux étaient un facteur de risque important. Quelques preuves dans ces deux États membres d'un risque associé géographiquement et un regroupement spatial de ces cas BARB ont également été identifiées. Cela confirme l'hypothèse d'une source de contamination commune pour certains de ces cas, cohérente avec une source d'origine alimentaire ;

<sup>15</sup> 3 cas hyperNAIF français sont comptabilisés par l'EFSA mais le premier des cas, né le 01/01/2001 n'est pas considéré comme tel en France.

<sup>16</sup> Food and Veterinary Office

- la survenue hétérogène des 60 cas BARB entre les États membres pourrait s'expliquer par des différences de sensibilité de la surveillance, mais aussi par des différences d'exposition à des facteurs de risque associés géographiquement non identifiés, qu'ils soient ou non liés à l'alimentation animale ;
- les agents EST sont connus pour rester biologiquement actifs dans l'environnement pendant plusieurs années (Maddison *et al.* 2010, Smith, Booth, et Pedersen 2011). La persistance de l'infectiosité dans des poches de contamination résiduelle (fond de silo, tuyauterie d'usine), où du matériel historiquement contaminé a été stocké et manipulé, ainsi que l'importation d'aliments composés pour animaux avec des traces de contamination pourraient entraîner une exposition continue ;
- malgré le grand nombre d'échantillons d'aliments testés dans l'UE et la grande sensibilité analytique des tests en place, dans le contexte de l'énorme volume de matières premières utilisées pour la production d'aliments pour le bétail, le système de surveillance de l'alimentation a une sensibilité limitée pour la détection de faibles niveaux de matières contaminées. Si l'infectiosité est toujours présente, elle est vraisemblablement concentrée en petites quantités sous la forme d'agrégats de matières contaminées ;
- au regard des 88 rapports d'audit, menés par l'OAV entre 2001 et 2015, afin de surveiller la bonne mise en application du « feed ban » dans les États membres, il a été constaté un effort global pour se conformer à la législation. Les carences constatées par les équipes de l'OAV au début de la mise en œuvre (en 2001) ont été progressivement surmontées par des mesures appliquées par les États membres (EFSA 2017b). Cependant, des aliments contaminés par des protéines animales étaient toujours présents dans l'UE après l'interdiction totale des PAT dans les aliments pour animaux. Dans le cadre des audits nationaux des aliments pour animaux, des protéines d'origine animale ont été détectées dans des échantillons d'aliments après 2001.

L'utilisation d'une distribution exponentielle pour modéliser la tendance des cas BARB à l'échelle de l'Union Européenne est compatible avec la décroissance des cas observés. Ce modèle de l'EFSA a permis d'estimer une diminution de 34 % de la prévalence d'infection entre les cohortes de naissance successives. Il suggère également que les mesures de contrôle ont eu la même efficacité au sein de l'Union Européenne et que la prévalence de la maladie va tendre vers zéro. Selon l'avis de l'EFSA, l'origine spontanée de ces cas BARB ne peut pas être démontrée au travers des données recueillies. En effet, un cas de maladie est classé comme spontané par un processus d'élimination, excluant tout autre possibilité définissable : en ce qui concerne les 60 cas BARB, aucun ne répond à ces critères. D'autre part, les hétérogénéités spatiales de survenue de cas dans l'UE, ainsi que les clusters géographiques de cas observés au Royaume Uni et en Irlande plaident en faveur d'une exposition commune de ces cas, de type alimentaire par exemple, plutôt que d'une origine spontanée. De plus, la modélisation de la prévalence de la maladie dans les cohortes de naissance des cas BARB a également montré que la décroissance exponentielle de ces cas est plus compatible avec l'hypothèse d'une réduction progressive de l'exposition à un facteur de risque qu'à une hypothèse de cas spontanés (Arnold *et al.* 2017).

Depuis cet avis, un seul autre cas hyper NAIF a été détecté au Royaume-Uni en octobre 2018<sup>17</sup> chez un animal âgé de 5 ans, ce qui ne remet pas en cause la conclusion de la décroissance de la maladie.

<sup>17</sup> [https://www.oie.int/wahis\\_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?reportid=28331](https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?reportid=28331)

### 2.2.1.2 Les cas d'ESB atypiques

Contrairement aux cas d'ESB classique, le nombre de cas d'ESB atypique semble rester stable au fil des ans. En moyenne 2 cas atypiques sont recensés par an depuis 2000 en France (au total, 25 cas de type H et 21 cas de type L au 30/10/2020). Ces deux formes d'ESB atypique peuvent être transmises à d'autres espèces et certaines transmissions expérimentales ont conduit à l'émergence de souches similaires à l'ESB classique. Un lien étiologique entre ces formes atypiques et la forme classique ne peut donc pas être exclu (EFSA 2014b).

### 2.2.1.3 Les EST des petits ruminants

#### 2.2.1.3.1 *Epidémiologie*

La tremblante est une maladie qui sévit dans les cheptels ovins et caprins. Plusieurs souches de tremblante classique ont été mises en évidence par dépistage biochimique ou transmission à l'animal de laboratoire. La tremblante classique est présente en France bien que les cas détectés soient rares et que leur prévalence ait diminué de manière significative depuis 2002 (tableau 1) (Cazeau *et al.* 2015, Cazeau *et al.* 2018). Ces faibles chiffres sont cependant à pondérer compte tenu i) du dépistage qui n'est réalisé que sur un échantillon limité de la population à l'abattoir et à l'équarrissage et ii) des tests de dépistage qui sont pratiqués sur le système nerveux central et qui ne permettent pas la détection des animaux infectés en phase précoce d'incubation (impossibilité de détecter 50 % des animaux infectés (Afssa 2007)).

La tremblante atypique n'est due à priori, qu'à une souche de prion, dénommée Nor98. En ce qui concerne les ovins, elle a été détectée dans 21 pays. Une étude épidémiologique sur une période de 10 années (2002 à 2012) avait montré qu'il n'y a pas de modification significative de la prévalence de la tremblante atypique dans la quasi-totalité de ces pays, à l'exception de la France (décroissance significative), et du Royaume-Uni (croissance significative) (EFSA 2014a, Anses 2015b). Néanmoins, le dernier bilan de surveillance des EST évoque une décroissance du nombre de cas à l'échelle de l'Europe de 4 % par an pour la tremblante atypique du mouton, aucune évolution n'étant constatée chez la chèvre (EFSA 2020). La probabilité de développer la maladie ne semble pas différente entre un animal de la population générale et un animal d'un troupeau dans lequel il y a déjà eu un premier cas de tremblante atypique (Fediaevsky *et al.* 2010, Afssa 2009a) suggérant que la maladie ne serait pas ou peu transmissible en conditions d'élevage. Néanmoins, comme mentionné en 2015 par l'Anses, la transmissibilité de la tremblante atypique par voie orale a été démontrée expérimentalement (Simmons *et al.* 2011), avec des doses importantes de matériel infectieux (5 grammes de cerveau). L'absence, à ce jour, d'études utilisant des doses inférieures ne permet pas de conclure quant à l'efficacité de cette voie de contamination. Ces travaux permettent toutefois de pondérer le paradigme du caractère exclusivement spontané de cette forme de tremblante. De même, il a été observé que la transmission par voie intracérébrale de la tremblante atypique au mouton pouvait conduire à l'émergence de la souche particulière de tremblante classique CH1641 (Simmons *et al.* 2015) et donc potentiellement transmissible en conditions d'élevage.

#### 2.2.1.3.2 *Diversité des souches d'EST de petits ruminants*

Il existe une forte diversité des souches observées des EST classiques chez les petits ruminants, après transmission sur modèles animaux, qui s'expliquerait par une grande variabilité naturelle des maladies et/ou un caractère instable lors d'une transmission entre espèces différentes.

A titre d'exemples, 14 souches a minima, issues d'isolats naturels de tremblante classique ont été caractérisées après d'éventuelles transmissions intermédiaires sur moutons, chèvres, rats et/ou hamsters (étapes de sélection) puis stabilisation sur souris conventionnelles (Bruce *et al.* 2002). Plus encore, le caractère instable de certaines souches de tremblante a été démontré lors de passages successifs chez un même hôte. Lors de passages en séries sur lignée C57BL/6, certaines souris inoculées avec la souche 87A présentent des changements significatifs au regard des critères différenciant 87A (diminution de la période d'incubation, diminution du nombre de plaques amyloïdes, profil lésionnel plus étendu) ce qui identifie une nouvelle souche baptisée 7D (Bruce et Dickinson 1987).

Dans ces conditions, le typage moléculaire et la transmission expérimentale d'isolats de tremblante classique (mouton et chèvre) à la souris transgénique pour la PrP ovine ou caprine ont permis d'identifier au moins cinq souches naturelles de prions ovins (Beringue, Vilotte, et Laude 2008, Thackray *et al.* 2007, Thackray, Lockey, *et al.* 2012, Tixador *et al.* 2010, Nonno, Marin-Moreno, *et al.* 2020)), certaines d'entre elles pouvant coexister en proportions variables chez le même animal infecté (Le Dur 2017 ; Barrio 2020) et dans des tissus distincts (Beringue *et al.* 2020).

Les mêmes études réalisées avec les isolats de tremblante atypique ovine et caprine ont identifié jusqu'à présent un seul type de souche, dénommée Nor98 (Benestad *et al.* 2003, Le Dur *et al.* 2005, Griffiths *et al.* 2010). Cependant, chez les animaux infectés naturellement ou expérimentalement par la tremblante atypique, il a récemment été démontré la co-propagation à bas bruit de prions présentant un phénotype similaire à ceux de l'ESB classique (Huor *et al.* 2019).

De ce fait, c'est l'une des hypothèses proposées pour expliquer l'apparition de l'épizootie d'ESB classique chez les bovins, suite au recyclage d'animaux porteurs de la tremblante atypique/Nor98 dans les farines de viande et d'os. Toutefois, il a été proposé que l'apparition de l'épizootie d'ESB classique chez les bovins pourrait également résulter d'une contamination interspécifique à partir d'une maladie autre que la tremblante atypique, en particulier suite au franchissement de la barrière d'espèce par l'agent de la tremblante classique du mouton (Bradley et Wilesmith 1993, Pattison 1991). Selon une autre hypothèse, l'ESB classique pourrait également résulter d'une infection due à un prion présent à un faible niveau enzootique dans la population bovine, qu'il s'agisse d'ESB classique « sporadique » ou des deux formes d'ESB atypiques identifiées depuis 2003 : l'ESB-H (Baron *et al.* 2011, Bencsik *et al.* 2013); et l'ESB-L (Beringue *et al.* 2007).

Enfin, un cas d'ESB-C a été détecté en 2004 chez une chèvre (Eloit *et al.* 2005), illustrant la possibilité de présence de cet agent dans les cheptels ovins et caprins. Malgré une phase intensive de surveillance des ESST chez les petits ruminants visant l'exhaustivité, pendant les années 2005-2007, aucun cas supplémentaire n'a été détecté en France, un deuxième cas a été toutefois découvert en Ecosse (Spiropoulos *et al.* 2011). Si cette EST était encore présente à bas bruit dans le cheptel de petits ruminants, les programmes de surveillance actuels ne seraient pas adaptés à la mise en évidence d'une prévalence aussi faible (Anses 2014).

L'émergence possible d'ESB classique lors de transmission inter-espèces de prions animaux d'origine distincte, réaffirme l'importance de ne pas se limiter au bovin comme réservoir potentiel de l'agent de l'ESB.

#### 2.2.1.4 Maladies sporadiques chez l'Homme et l'animal

Deux EST humaines sont classées comme « non génétique » et « non acquise », la forme sporadique de la maladie de Creutzfeldt Jakob (MCJs) qui représente la maladie à prion la plus commune dans l'espèce humaine (environ 85% des cas humains d'EST) et la forme sporadique de l'Insomnie Fatale (IFS) (Parchi *et al.* 1999, Mastrianni *et al.* 1999, Scaravilli *et*

*al.* 2000, Piao *et al.* 2005). Ces EST s'ajoutent à celles précédemment évoquées chez l'animal : ESB L, ESB H, et tremblante atypique (Nor98).

Pour ces EST, l'origine de la maladie est inconnue. En particulier, aucun facteur de risque n'est identifiable (Cocco, Caperna, et Vinci 2003) ni aucune mutation germinale du gène *PRNP* liée à une EST génétique connue n'est retrouvée. De manière générale, les résultats des études épidémiologiques témoignent de cas isolés touchant principalement des personnes/animaux âgés au regard de l'espérance de vie de l'espèce considérée (Biacabe *et al.* 2008).

On estime que, par analogie avec les maladies à prion génétiques, les EST sporadiques pourraient être la conséquence d'une mutation somatique au niveau du gène *PRNP*. Ainsi un cas d'ESB-H s'est révélé porteur d'une mutation homologue chez le bovin à la mutation E200K liée à une MCJs humaine (Clawson *et al.* 2008). Cependant, il est également proposé que la transconformation de la PrPc puisse être un phénomène spontané aléatoire, exceptionnel, éventuellement favorisé par le dérèglement de la machinerie cellulaire et/ou certaines conditions environnementales et/ou certaines prédispositions génétiques. A ce titre, il est intéressant de noter que chez l'ovine les allèles les plus susceptibles à la tremblante atypique sont les allèles codant pour des protéines prions les moins thermodynamiquement stables (Fitzmaurice *et al.* 2008). Par ailleurs, dans la plupart des maladies à prion sporadiques, des composantes génétiques situées au niveau du gène *PRNP* ou à proximité de celui-ci ont été décrites comme facteurs de susceptibilité, chez l'homme- , le bovin, (Clawson *et al.* 2008) et les petits ruminants (Moum *et al.* 2005, Saunders *et al.* 2006, Arzac *et al.* 2007, Moreno *et al.* 2007).

Cette découverte de cas possiblement « sporadiques » chez les bovins (et chez les petits ruminants) pose la question de l'apparition « spontanée » d'EST dans d'autres espèces, telles le porc, voire les volailles. La rareté de tels cas indique que leur identification ne peut être établie qu'à la faveur d'une surveillance très large et approfondie de ce type de maladie et de l'existence d'outils de diagnostic appropriés, ce qui n'existe pas pour les espèces de non ruminants.

### 2.2.1.5 Identification de formes émergentes

#### 2.2.1.5.1 *Maladie à prion chez le dromadaire (Camel prion disease)*

En 2018, une nouvelle maladie à prion a été rapportée chez le dromadaire. Trois animaux présentant des signes neurologiques dans un abattoir du sud de l'Algérie ont fait l'objet d'analyses histologiques, immunohistologiques et biochimiques. La protéine pathologique du prion et les lésions caractéristiques d'une EST ont pu être identifiées dans le système nerveux central des 3 animaux. La PrP<sup>sc</sup> était également présente dans les ganglions lymphatiques cervicaux du seul animal pour lequel des tissus lymphoïdes avaient été prélevés (Babelhadj *et al.* 2018). La prévalence de cette maladie pourrait atteindre 3,5 % des animaux abattus dans cet établissement d'après les études rétrospectives menées sur les précédentes années (jusqu'en 2015) concernant des signes neurologiques similaires à ces 3 animaux. Les témoignages du personnel de l'abattoir et des éleveurs évoqués par les auteurs suggèrent que la maladie pourrait être présente depuis les années 1980. Un autre cas a été rapporté en Tunisie lors d'une conférence en 2019<sup>18</sup>.

#### 2.2.1.5.2 *Maladie du dépérissement chronique en Europe (Chronic Wasting Disease).*

La maladie du dépérissement chronique (MDC) est une maladie à prions qui affecte certaines espèces de cervidés. Apparue dans les années 60 aux USA, on la croyait jusqu'en 2015 uniquement présente dans le continent nord-américain (USA et Canada) et en Corée. En

<sup>18</sup> "Prion disease in dromedary camels in North Africa" June 2019 - 18th meeting of the REMESA Joint Permanent Committee in Egypt (Cairo) [abridged, edited]

2016, cette maladie a été détectée pour la première fois en Norvège chez le Renne et chez l'Élan (Benestad *et al.* 2016, Pirisinu *et al.* 2018). Les campagnes de surveillance active initiées chez certains États membres, consécutives aux recommandations de l'EFSA (EFSA 2017a) ont montré que la maladie était également présente en Finlande (2018) et en Suède (mars 2019) chez l'Élan. Un cas a été également rapporté chez le Cerf élaphe (Vikoren *et al.* 2019) en Norvège. Chez le Renne (actuellement 20 cas détectés en Norvège), le prion associé à la forme classique de la maladie semble contagieux, contrairement aux formes atypiques du prion isolées chez les élans (7 cas en Norvège<sup>19</sup>, 4 en Suède<sup>20</sup>, 2 en Finlande) et chez un cerf élaphe, suspectées d'être sporadiques. Des travaux récents (Nonno, Di Bari, *et al.* 2020) suggèrent que ces cas sont associés à de nouvelles souches, se distinguant de celles précédemment décrites en Amérique du nord. Les auteurs de ces travaux considèrent pour le moment 4 souches différentes parmi les cas européens : une chez le Renne, une chez le Cerf élaphe et au moins deux chez l'Élan.

Les prions de la MDC peuvent présenter, à l'instar des prions lymphotropes de la tremblante classique, une distribution extrêmement large dans les organes périphériques au sein d'un cervidé infecté. Chez les animaux au stade clinique de la maladie, la PrPSc et/ou l'infectiosité ont été détectées dans les fèces, la salive et les urines, pouvant ainsi contaminer l'environnement (Tamguney *et al.* 2009, Haley *et al.* 2009, Mathiason *et al.* 2006, Rubenstein *et al.* 2011). Ainsi, certains cervidés placés expérimentalement dans un tel environnement contaminé s'infectent (Miller *et al.* 2004, Mathiason *et al.* 2009) et il a été démontré que des échantillons de sol provenant d'enclos de cervidés atteints, contiennent suffisamment d'infectiosité pour infecter par voie orale des souris transgéniques qui expriment la PrP de cervidés (Wyckoff *et al.* 2016).

Ces différents exemples de formes émergentes illustrent toutes les limites de considérer une population ou une espèce de mammifères exempte d'EST, quand aucune surveillance des EST n'y est pratiquée.

---

<sup>19</sup> <https://www.vetinst.no/en/news/chronic-wasting-disease-cwd-identified-in-a-wild-reindeer-at-hardanger-plateau>

<sup>20</sup> <https://www.sva.se/en/animals/wildlife/map-of-chronic-wasting-disease-cwd/>

### **Conclusions sur l'épidémiologie des EST**

Une évolution très favorable de la situation épidémiologique vis-à-vis de l'ESB classique a été observée depuis les années 2000 jusqu'à aujourd'hui. On ne peut pas exclure la présence de quelques cas d'ESB classique survenant de manière sporadique (comme en 2016 en France) et dont l'origine est encore sujette à hypothèse.

L'incidence de l'ESB atypique est stable depuis les années 2000, avec deux nouveaux cas détectés en moyenne par an. Dans le contexte actuel, on peut s'attendre à un maintien à faible fréquence de cas d'ESB classique d'apparition sporadique, ou d'ESB atypique, continuant à transiter par les abattoirs. Cependant, l'évolution des modalités de surveillance en abattoir ne permettront pas de garantir la détection de ces cas. En outre, l'émergence possible d'ESB classique lors de transmission inter-espèces de prions animaux d'origine distincte, réaffirme l'importance de ne pas se limiter au bovin comme réservoir potentiel de l'agent de l'ESB.

La tremblante classique n'est plus mise en évidence en France depuis 2019, mais les programmes de surveillance ne sont plus en mesure de détecter les variations à des niveaux très faibles de prévalence. La tremblante atypique est toujours présente.

Enfin de nouvelles formes d'EST ont émergé chez des espèces ou dans des territoires ou que l'on croyait jusqu'à présent exempts de ces maladies, comme chez le dromadaire (Camel prion disease) ou dans plusieurs pays scandinaves pour la maladie du dépérissement chronique des cervidés (MDC). Ces exemples illustrent toutes les limites de considérer une population ou une espèce de mammifères exempte d'EST, quand aucune surveillance des EST n'y est pratiquée. Alors que la maladie observée en Amérique du nord est transmissible au sein de la faune sauvage et en condition d'élevage, on ne peut exclure que la maladie européenne se transmette aux ruminants d'élevage par le biais de pâtures communes (EFSA 2019).

## **2.2.2 Modélisation de l'EFSA concernant la réintroduction des protéines animales transformées (PAT).**

### **2.2.2.1 Définition du modèle**

Un modèle probabiliste a été développé par l'EFSA pour évaluer le scénario du risque d'infection des bovins par l'agent de l'ESB via des aliments contenant des PAT potentiellement contaminés par de l'ESB (EFSA 2018). Le modèle quantifie le risque posé par des PAT de ruminants infectés qui contamineraient des PAT de non-ruminants qui seraient ensuite incorporées accidentellement dans des aliments pour ruminants (contaminations croisées).

La voie de contamination des bovins qui est évaluée résulte ainsi :

- d'un retrait incomplet des MRS sur carcasses de bovins (proportion de matériel infecté de catégorie 1<sup>21</sup> qui resterait dans les sous-produits de catégorie 3<sup>22</sup> entre 0,1% et 5%)
- d'une contamination de 0 à 5% des PAT de non ruminants à partir de PAT de ruminants, en dépit', en dépit des mesures de séparation de production et de manutention des PAT de différentes origines,
- d'une contamination (selon 3 scénarios 0,02%- 0,1%-2%) d'aliment composé pour bovins à partir des PAT de non ruminants

#### 2.2.2.2 Résultats du modèle

En considérant un niveau de contamination de 0,1% de l'aliment composé des bovins par des PAT de non ruminants la charge totale d'agent infectieux qui pénétrerait dans la chaîne alimentaire bovine par an dans l'union européenne serait de 0,05 ColD<sub>50</sub><sup>23</sup> (Intervalle à 95 % : 2,4 10<sup>-4</sup> – 0,33). Ainsi, aucun cas d'ESB supplémentaire n'est attendu dans le cheptel bovin de l'union européenne par an à l'intervalle de confiance supérieur, même si un seul animal était exposé oralement à la totalité de la charge infectieuse.

L'hypothèse d'un niveau de contamination de 0,1 % des aliments pour bovins par des PAT de non ruminants a été sélectionnée car il correspond à la limite de sensibilité de la technique de microscopie classique : en d'autres termes, de l'aliment pour ruminants pourrait contenir jusqu'à 0,1% de PAT de ruminants sans que la contamination ne soit détectée. Le niveau de contamination peut néanmoins être plus élevé : ainsi sous l'hypothèse d'un niveau de contamination de 2%, le modèle estime que 3 bovins par an dans l'union européenne seraient contaminés (borne supérieure de l'intervalle de confiance).

En appliquant le scénario du pire-cas (la totalité de l'agent infectieux de la carcasse d'un bovin infecté entre dans la chaîne alimentaire), avec un niveau de contamination de 0,1% d'aliment composé pour bovins à partir des PAT de non ruminants, les résultats du modèle montrent une moyenne du niveau total d'infection de 4,67 ColD<sub>50</sub> (Intervalle à 95 % : 0,23 – 9,34) par an. Cela correspond à 4 bovins infectés supplémentaires, sous l'hypothèse de l'exposition de 9 bovins (borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95%).

#### 2.2.2.3 Limites du modèle

- Cette analyse du risque est basée exclusivement sur une contamination des bovins résultant d'un seul schéma de contamination, dont l'origine est le recyclage de carcasses de bovins infectés par l'ESB. Une analyse similaire pourrait être réalisée à partir du recyclage de carcasses de petits ruminants infectés par des EST. D'autres modes de contamination peuvent être néanmoins envisagés :
  - o Depuis 2008, l'utilisation des farines de poisson est autorisée dans les lactoreplaceurs. Deux voies de contamination par lesquelles les lactoreplaceurs pourraient être contaminés avec du matériel d'origine ruminant sont envisageables :1) au niveau de la production des farines de poisson par le biais de contaminations croisées avec d'autres PAT sur le lieu de production ou lors des transports (événement peu probable, en France, car les filières sont séparées). 2) plus indirectement, des aliments pour poissons contaminés par des PAT de ruminants (au niveau de la production des PAT de

<sup>21</sup> Comme défini à l'article 8 du règlement (CE) 1069/2009, qui comprend notamment des sous-produits les plus à risque vis-à-vis de l'infectiosité prion.

<sup>22</sup> Comme défini à l'article 10 du règlement (CE) 1069/2009 qui comprend notamment des sous-produits issus de carcasses propres à la consommation humaine mais non valorisées en alimentation animale.

<sup>23</sup> Dose infectieuse nécessaire pour infecter 50 % des bovins exposés.

porc ou de volaille). La fabrication ultérieure de farines de poissons, à partir de poissons (et de leur contenu intestinal) nourris avec ces aliments, pourrait entraîner le transfert de faibles niveaux de cette contamination dans la farine de poisson et par la suite dans les lactoreplaceurs.

- Risque de contamination par l'accès délibéré ou accidentel des animaux à des aliments ne leur étant pas destinés dans les élevages avec plusieurs ateliers (cette contamination n'étant pas de nature à relancer une épidémie selon l'avis de l'Anses en 2011).
- Le modèle repose sur les hypothèses que les stratégies mises en place en 2017 sur le retrait des MRS et les systèmes de surveillance des EST perdurent.
  - L'hypothèse de considérer l'UE comme une seule unité épidémiologique est discutable compte tenu de l'hétérogénéité de la situation épidémiologique et des mesures de surveillance en place dans les états membres. L'infectiosité moyenne utilisée dans le modèle de l'EFSA ne reflète donc pas celle observée en pratique et pourrait donc constituer une sous-évaluation de la prévalence de certaines infections localisées. Pour rappel, l'avis de l'Anses de 2011 soulignait que l'épizootie d'ESB est probablement partie d'un nombre très limité de cas (peut-être même un seul), suivi d'une amplification par le biais du recyclage.

#### 2.2.2.4 Seuil de sensibilité des méthodes de contrôle de l'origine des PAT

La deuxième partie de l'avis de l'EFSA concerne l'évaluation des conséquences d'un changement de seuil du test qPCR utilisé dans le cadre de la détection d'ADN de ruminant dans les aliments composés destinés aux animaux. Ce changement de seuil correspond à une volonté d'abaisser la sensibilité actuelle de la technique, dans le but de limiter la détection de petites traces de produits autorisés issus de ruminants (eg. Produits laitiers).

Un modèle probabiliste a été développé pour évaluer l'impact de plusieurs scénarios : le passage du seuil de détection actuellement défini à 10 copies d'ADN, à 100, 150, 200, 250 et 300 copies d'ADN.

L'augmentation du nombre de copies entraîne une diminution de la détection d'aliments contaminés et du retrait de ces aliments de la chaîne alimentaire de ces aliments. Cette diminution de la détection d'aliments contaminés est comprise entre 46,5 % (intervalle de confiance à 95 % : [20,2%-77,4%]) pour un seuil de 100 copies d'ADN à 78,6% [48%-94,9%] pour un seuil défini à 300 copies d'ADN, par rapport au seuil actuel. Sur la base de ces deux seuils, le modèle estime qu'entre 3 604 tonnes et 5 955 tonnes d'aliments contaminés ne seraient pas détectées sur une année, ce qui représenterait entre 0.0022 % et 0.0037 % des aliments produits dans l'Union Européenne.

Le scénario d'une augmentation des contaminations d'aliments par des PAT de ruminants, suite à la réintroduction des PAT de porcs dans l'alimentation des volailles et des PAT de volailles dans l'alimentation des porcs a été évalué pour différentes valeurs du seuil de détection. Le modèle a estimé que la proportion des aliments contaminés mais non détectés par rapport à la totalité des aliments produits dans l'Union Européenne pendant une année, serait multipliée par 4 si le seuil qPCR passait de 10 à 300 copies d'ADN, dans le contexte d'une augmentation des contaminations croisées comprise entre 2,5 et 10 % selon les endroits où se produisent les contaminations.

**Pour le GT, un tel relèvement du seuil de sensibilité remettrait en cause la pertinence des tests de contrôle de l'origine de PAT, dont l'impact est d'autant plus grand que ces contrôles sont par ailleurs réalisés sur un échantillonnage limité d'aliments.**

### 2.2.3 Généralités sur les barrières d'espèces.

Les agents étiologiques des EST ou prions sont constitués de polymères d'une forme anormalement repliée d'une protéine quasi-ubiquiste de l'hôte, la protéine prion ou PrP. Ce conformère pathologique, appelé PrP<sup>Sc</sup>, s'accumule principalement dans le tissu nerveux, engendrant ainsi les désordres neurodégénératifs qui caractérisent ces maladies, et dans un certain nombre de tissus extra-neuronaux, notamment le tissu lymphoïde.

Les durées d'incubation aboutissant à ces désordres neurodégénératifs sont généralement longues au regard de la durée de vie des espèces considérées.

Une même espèce-hôte, peut être infectée par une diversité de souches de prions présentant des caractéristiques phénotypiques distinctes, notamment aux plans biochimique et neuropathologique.

La barrière de transmission interspécifique (barrière d'espèce) dans les EST se traduit par la faible réceptivité des animaux d'une espèce donnée lors d'une infection par un agent des EST d'une autre espèce animale (transmission hétérologue). Les marqueurs couramment utilisés pour estimer cette réceptivité sont cliniquement, l'apparition de signes neuropathologiques typiques des EST, et/ou post-mortem, la présence de protéine prion pathologique dans le cerveau.

L'absence de barrière de transmission interspécifique se traduit, après administration d'une dose suffisante de prion, par une mortalité de la totalité des animaux receveurs avec une durée d'incubation variant peu au cours des passages successifs (injection à des animaux receveurs d'un homogénat de cerveau d'animaux ayant déclaré la maladie suite à la précédente injection). En revanche, l'existence d'une barrière de transmission interspécifique se traduit, soit par une absence de transmission, soit par une transmission de la maladie chez une partie seulement des animaux, après une phase d'incubation longue et de durée variable. La répétition des administrations aboutit généralement en quelques passages à une homogénéisation et un raccourcissement du temps d'incubation, et à l'atteinte de la totalité des animaux, ce qui reflète une adaptation de l'agent à son nouvel hôte. Au cours de cette adaptation, un phénomène de mutation s'observe parfois, avec sélection ou émergence d'un variant phénotypique plus rapidement adapté à son nouvel hôte. Ce phénomène constitue probablement un des moteurs de l'évolution des prions dans les conditions naturelles.

A l'extrême, une barrière de transmission interspécifique totale correspond à des animaux non réceptifs, incapables de multiplier l'agent infectant.

La diversité naturelle des prions et la transmission interspécifique sont deux phénomènes étroitement liés : à l'image des agents infectieux conventionnels, les prions possèdent un spectre d'hôtes, susceptible de varier considérablement en fonction de la souche. L'efficacité de transmission reposerait essentiellement sur le degré de compatibilité de conformation existant entre la PrP<sup>Sc</sup> de l'espèce donneuse et la PrP<sup>C</sup> de l'hôte infecté (Beringue, Vilotte, et Laude 2008, Collinge et Clarke 2007). L'issue d'une transmission interspécifique est, dans l'état actuel des connaissances, imprédictible.

L'absence de signes cliniques lors d'un événement de transmission hétérologue ne signifie pas pour autant une barrière de transmission interspécifique absolue. Il apparaît clairement que, dans de telles situations, il puisse persister des niveaux significatifs d'infectiosité prion et/ou une réplication à bas bruit, parfois tout au long de la durée de vie de l'animal. A force de passages successifs, cet agent peut devenir pathogène chez l'espèce receveuse.

Cette réplication silencieuse peut prendre place spécifiquement dans le système lymphoïde de l'animal infecté, suggérant que la barrière de transmission interspécifique varie en fonction du tissu au sein d'un même individu (Beringue *et al.* 2012).

Ces prions présents à bas bruit conservent toujours une forte pathogénicité pour l'espèce dont ils sont issus (Hill *et al.* 2000, Nonno *et al.* 2006, Race et Chesebro 1998, Wadsworth *et al.* 2004, Kobayashi *et al.* 2010).

D'autres données (Martin *et al.* 2021) indiquent que les prions peuvent persister tout au long de la vie de rongeurs expérimentalement invalidés pour le gène de la protéine prion endogène et voir leur virulence exacerbée lors de la transmission retour à l'espèce hôte parentale.

**L'ensemble de ces observations ne permet pas d'affirmer que des animaux, appartenant à des espèces en apparence non sensibles, ne soient pas des porteurs sains des agents des EST. Elles suggèrent également que l'élimination totale des prions chez ces espèces semble difficile, voire impossible. Ces hôtes peuvent constituer des réservoirs d'infectiosité potentielle en cas de transmission accidentelle à des espèces sensibles.**

**Ces éléments de connaissance sont davantage étayés aujourd'hui qu'en 2011.**

## 2.2.4 Barrière d'espèce pour les EST chez les porcs et les volailles

Depuis 2011, les connaissances scientifiques ont conforté le fait que le franchissement de barrière d'espèce dépendait étroitement des interactions entre la protéine prion cellulaire de l'hôte et la souche de prion infectante. D'autres paramètres tels que la dose infectante et la voie d'administration contribuent également à l'efficacité d'infection.

### 2.2.4.1 État des connaissances chez les porcs

L'avis de l'Anses de 2011 mentionnait que le porc ou les souris transgéniques porcines sont expérimentalement susceptibles aux prions de l'ESB classique et Nor98 inoculés par voie intracérébrale ou parentérale. Depuis, plusieurs travaux ont complété les connaissances :

- En 2016 par le laboratoire de Badiola. Ces auteurs montrent que les prions de l'ESB classique, provenant d'une autre espèce hôte (le mouton exprimant l'allèle PrP ARQ) peuvent également se propager chez le porc après inoculation intracérébrale (Hedman *et al.* 2016).  
Ils observent pour la première fois chez le porc infecté une distribution relativement large des prions en dehors du SNC : présence de protéine prion pathologique (PrP<sup>Sc</sup>) dans les organes lymphoïdes, tissu intestinal, pancréas, rein et muscle squelettique (oculomoteur).
- Le groupe de J. Greenlee montre une susceptibilité relative du porc aux prions MDC d'Amérique du Nord (S. Jo Moore *et al.* 2017, S. J. Moore *et al.* 2017). Une minorité des porcs inoculés par voie intracérébrale (IC) ou orale a développé des signes cliniques (soit 4-5 animaux sur la trentaine inoculée). En revanche, une majorité (50-70%) accumule de la PrP<sup>Sc</sup> dans le SNC ainsi que dans le tissu lymphoïde. Il est à noter qu'une certaine proportion de porcs euthanasiés à 6 mois post-inoculation (âge correspondant aux porcs destinés à l'alimentation humaine) accumulent des quantités détectables de PrP<sup>Sc</sup> dans le tissu lymphoïde (5/6 après infection par voie orale) et le SNC (2/9 après infection par voie orale).
- Le même type d'expérience a été réalisé par le même groupe avec un isolat de tremblante du mouton (ARQ)(Greenlee *et al.* 2016) A 6 mois post-inoculation (IC et orale), aucun porc n'est testé positif. En revanche, l'inoculation du cerveau de ces porcs à une cohorte de souris transgéniques exprimant la PrP porcine (bioessai) suggère la présence d'infectiosité dans le tissu cérébral à ce stade.

A 51 mois ou plus, bien qu'aucun porc n'ait développé de signes cliniques, 50% d'entre eux sont positifs pour l'accumulation de PrP<sup>Sc</sup> dans le cerveau.

- Le groupe de JM Torres a complété les expérimentations prions chez la souris transgénique pour la PrP porcine (bioessai et utilisation comme substrat en PMCA) (Espinosa *et al.* 2020). En utilisant un nombre relativement conséquent d'isolats, ils montrent l'absence de transmission de l'ESB atypique H et L (2 passages) et d'isolats représentatifs de tremblante classique ou atypique (1 passage). L'ESB classique provenant de la chèvre ou du mouton et le variant de la MCJ (passage de l'ESB-C à l'homme) sont également transmissibles. Cela suggère que la PrP porcine est convertible par les prions ESB-C quelle que soit la séquence en acides aminés de la PrP (Espinosa 2020).

### **Conclusion**

- La PrP porcine est convertible par les prions ESB-C, quelle que soit l'espèce hôte dont ils sont issus
- Le porc est susceptible aux prions ESB-C transmis par voie intracérébrale ou parentérale et MDC transmis par voie IC ou orale. Dans une moindre mesure, il est susceptible à un isolat de tremblante transmis par voie intracérébrale ou orale. Cette espèce ne peut être considérée comme une espèce résistante aux agents des EST.
- Les tissus extraneuronaux (tissus lymphoïde) sont positifs relativement rapidement en post-infection, constituant un risque de transmission supplémentaire par rapport à ce qui avait été envisagé en 2011, sachant qu'il n'existe aujourd'hui aucun tissu de porc considéré comme MRS.

**Ainsi, les données expérimentales permettent de considérer que le Porc n'est pas une espèce résistante aux EST et la susceptibilité de cette espèce à ces agents est davantage étayée aujourd'hui qu'en 2011.**

**Par ailleurs, comme indiqué en 2011, l'existence de formes sporadiques/spontanées ne peut pas être exclue chez les porcs. Aucune maladie neurologique transmissible s'apparentant à une EST n'a, certes, été rapportée chez cette espèce à ce jour à l'état naturel. Cependant aucun système de surveillance efficace des EST n'a été mis en place chez cette espèce.**

#### **2.2.4.2 État des connaissances chez les volailles.**

Les transmissions expérimentales aux volailles restent extrêmement limitées. Un article relate la résistance du poulet à l'agent de l'ESB-C (Moore *et al.* 2011). Des essais de transmission par voie IC ou orale, avec un suivi sur 5 ans et des seconds passages se sont révélés négatifs. Il n'existe pas d'articles relatant des essais de transmission avec les agents de la MDC ou de la tremblante, ou des essais chez la dinde ou le canard.

Par ailleurs, comme mentionné en 2011, la protéine prion de porc partage une identité de 94% avec les PrP d'ovins/bovins mais seulement 32 à 38% d'identité avec celle du poulet ou du canard. Aussi, la possibilité de réplication chez les volailles de protéines PrP de mammifères semble peu probable.

**Le peu de données expérimentales disponibles semble indiquer que le poulet n'est pas réceptif à l'agent de l'ESB classique. Néanmoins aucune étude n'est disponible concernant les agents de la tremblante ou de l'ESB atypique. De plus aucune étude n'a été réalisée dans les autres espèces de volailles (dinde, canard, etc).**

### Conclusions sur la barrière d'espèce

Au vu des éléments scientifiques disponibles actuellement, il apparaît qu'il n'y a pas de barrière absolue à la transmission interspécifique des maladies à prions. Un nombre limité d'observations expérimentales indiquent que les porcs peuvent être infectés par certains agents de l'ESB classique (voie IC ou parentérale), de la MDC (IC et orale) et de la tremblante classique (IC et orale).

L'existence de formes sporadiques/spontanées ne peut pas être exclue chez les porcs. Même si aucune EST n'a été rapportée à ce jour chez cette espèce à l'état naturel, il convient de souligner qu'aucun système de surveillance efficace des EST n'a été mis en place dans cette espèce.

Sur une base expérimentale qui reste faible, les données semblent indiquer que le poulet (*Gallus gallus*) n'est pas réceptif par voie orale à l'agent de l'ESB classique. Il est à noter que plusieurs espèces de volailles (dinde, canard) n'ont fait l'objet d'aucune étude. Il n'y a pas eu non plus d'étude relatives à d'autres EST chez les volailles.

Aucune étude n'est actuellement disponible concernant la transmission potentielle d'un agent d'une EST à partir de tissus infectieux de porcs ou de volailles aux différentes espèces animales (porcs, volailles notamment).

En conclusion, les données expérimentales aujourd'hui disponibles confirment la possibilité de transmission et/ou d'adaptation d'un agent des EST au sein de l'espèce porcine.

Dans l'état des connaissances parcellaires actuelles, l'espèce *Gallus gallus* apparaît comme une espèce peu sensible aux agents de l'ESB comparativement au porc, mais cette conclusion ne peut être étendue aux autres EST, ni aux autres espèces de volailles.

Il convient enfin de prendre en compte dans l'évaluation des risques, la possibilité de persistance et de portage asymptomatique des agents des EST par des espèces considérées comme non sensibles.

Le GT considère que le risque d'apparition d'une épizootie d'EST comprend deux composantes qu'il convient de dissocier dans l'évaluation des risques pour cibler de façon appropriée les mesures de maîtrise :

1) le risque d'initiation d'une EST chez un animal<sup>24</sup>, comprenant :

- le phénomène initial d'infection de porcs ou de volailles par des prions de ruminants,
- l'apparition sporadique/spontanée chez les porcs ou les volailles d'une EST spécifique
- l'infection de volailles par des prions de porc, ou inversement

2) le risque d'amplification, qui consiste en une augmentation exponentielle du nombre d'animaux infectés par recyclage intraspécifique, des souches impliquées dans l'initiation.

<sup>24</sup> Considérant que l'initiation des EST en ruminants a déjà eu lieu

## 2.3 Etat des lieux des méthodes analytiques pour identifier l'espèce d'origine d'une PAT

Dans son précédent avis, l'Anses avait évoqué différentes techniques, la microscopie optique restant la méthode de référence pour détecter des PAT dans les aliments composés. Différentes techniques complémentaires avaient été présentées : PCR, spectrométrie dans le proche infrarouge, microscopie dans le proche infrarouge, immuno analyses. Des couplages de méthodes (ex : Microscopie dans le proche infrarouge et PCR) avaient également été évoquées pour permettre de discerner les matières premières d'origine animale déjà autorisées dans les aliments composés, susceptible d'engendrer des résultats positifs avec les méthodes PCR. L'Anses avait toutefois souligné que de nombreuses étapes en termes de développement et d'essais interlaboratoires étaient encore nécessaires avant que ces méthodes soient disponibles en routine pour les laboratoires de contrôle.

Suite à l'audition du Laboratoire Communautaire de Référence pour les protéines animales (Centre Wallon de Recherches Agronomiques (CRA-W)) et du Laboratoire National de Références pour les protéines animales (laboratoire de Rennes, Service commun des laboratoires, DGCCRF – DGDDI), il ressort que depuis 2011, les méthodes PCR en temps réel ont continué à être développées pour la recherche de séquence cibles d'ADN de ruminants, de volaille et de porc (Lecrenier *et al.* 2020) suivant le calendrier suivant :

- Le test ruminant a été validé à la fin de l'année 2011, début 2012 et implémenté en février 2012.
- Le test porc a été validé de décembre 2014 à février 2015 et implémenté d'octobre 2015 à février 2016.
- Le test volaille a été validé de mai à juin 2017, et implémenté de janvier 2018 à mars 2018.

Les cibles génétiques sont situées dans l'ADN mitochondrial pour le porc et la volaille et dans l'ADN chromosomique pour les ruminants. La sonde « ruminant » cible indifféremment toutes les espèces de ruminants, la sonde « porc » cible spécifiquement le porc. La sonde développée pour la volaille cible uniquement le poulet et la dinde (qui représenteraient au niveau européen, la majeure partie des sources de PAT de volaille).

En augmentant le nombre de cycles d'amplification de la cible génétique, une amplification peut se produire qui peut être :

- non spécifique ;
- non reproductible car la cible était présente en trop petite quantité.

Des seuils ont donc été définis au-delà desquels les analystes peuvent considérer que la cible est présente de manière reproductible dans l'échantillon initial. Pour définir ces seuils, des « calibrants » sont commercialisés par le laboratoire de référence de la Commission européenne, dans lesquels un nombre de copies de la cible est certifié. Les méthodes PCR développées par le laboratoire de CRA-W, peuvent être utilisées à la fois sur les PAT ou sur un aliment composé.

La méthode permettrait donc de donner un résultat exprimé en nombre de copies de la cible initialement présente dans l'échantillon de départ. Toutefois ce nombre n'est pas lié au pourcentage en masse de la PAT dans l'aliment composé. Toutes ces méthodes sont donc qualitatives (présence vs absence).

Dans le cas de la sonde ruminants, après implémentation, les procédures et protocoles précis sont publiés sur le site du laboratoire communautaire de référence, permettant aux laboratoires de contrôle de les maîtriser et de gérer les inhibitions éventuelles liées aux

matrices. Des essais d'inter-comparaison sont disponibles et permettent aux laboratoires de vérifier leur aptitude.

Les réactifs (calibrants) sont fournis/commercialisés par le centre de référence de la Commission Européenne. Si les sondes porcs et volailles ont été implémentées, les protocoles pour les utiliser ne sont pas encore publiés sur le site du laboratoire communautaire de référence, dans l'attente du changement réglementaire. Néanmoins le laboratoire national de référence français est aussi accrédité pour réaliser le test porcs car il dispose des protocoles utilisés pour l'étape d'implémentation. Il est donc en mesure de réaliser ce test en routine.

En revanche, pour la sonde volaille, bien qu'implémentée, les calibrants ne sont actuellement plus disponibles. Le centre de référence de la Commission Européenne doit résoudre des problèmes de stabilité de la cible pour pouvoir en certifier le nombre de copies dans ces réactifs. La méthode n'est donc pour le moment toujours pas disponible en routine.

#### Détection de matières premières autorisées pouvant être contenues dans les aliments composés :

Une des limites de la méthode PCR est qu'elle ne permet pas de discerner si la cible présente dans l'échantillon provient ou non d'une matrice animale autorisée en alimentation animale comme les produits laitiers, les ovo-produits et les produits sanguins de porc. Le Laboratoire communautaire de référence est en train de développer une méthode de Chromatographie liquide à haute performance couplée à un spectromètre de masse en tandem (UHPLC-MS-MS), (Lecrenier *et al.* 2018). Cette technique protéomique devrait permettre d'identifier la source des protéines présentes (ex : lait vs muscle bovin, œuf vs muscle de volaille, ...) dans l'aliment composé en fonction de la masse de certains peptides spécifiques au sein de la source considérée. Cette technique devrait ainsi permettre de discriminer au sein d'un aliment composé (ex : aliment pour volaille pouvant contenir des PAT de porc), les PAT et autres matières premières d'origine animale autorisées (des PAT de Porcs, du lait de ruminants, des protéines d'œufs,) des autres PAT qui seraient interdites (PAT de ruminants ou de volailles). Cette méthode est en cours de développement et n'est pas encore validée.

Le seuil de cette technique est actuellement de 0,5% de détection des PAT au sein d'un aliment composé. Il serait éventuellement possible d'abaisser ce seuil, mais ce dernier est extrêmement dépendant de la composition en PAT et de celle des aliments composés.

**Les méthodes PCR sont validées, implémentées et utilisables en routine pour l'identification de PAT de porc, au moins pour un laboratoire au niveau national. La méthode volaille est validée et implémentée, mais une difficulté technique doit être résolue concernant la stabilité des réactifs permettant de définir le seuil de détection.**

**Il est important de rappeler que toutes ces méthodes sont qualitatives. Les seuils de détection sont définis uniquement pour que les résultats soient reproductibles et spécifiques. Ces méthodes ne permettent pas de déterminer la quantité de PAT présentes dans l'aliment composé.**

**Par ailleurs, les matières premières d'origine animale actuellement autorisées (lait, ovo-produits, produits sanguins porcins) sont détectables par ces méthodes et seront à l'origine de résultats positifs lors de contrôles des aliments composés.**

**Le couplage des méthodes PCR et UHPLC MS/MS pourrait à l'avenir limiter ces difficultés, mais la méthode n'est pas encore validée et nécessite des développements pour son utilisation.**

## 2.4 Evaluation du risque lié aux conditions de fabrication, de stockage, de transport et d'utilisation des PAT

### 2.4.1 Identification des points critiques

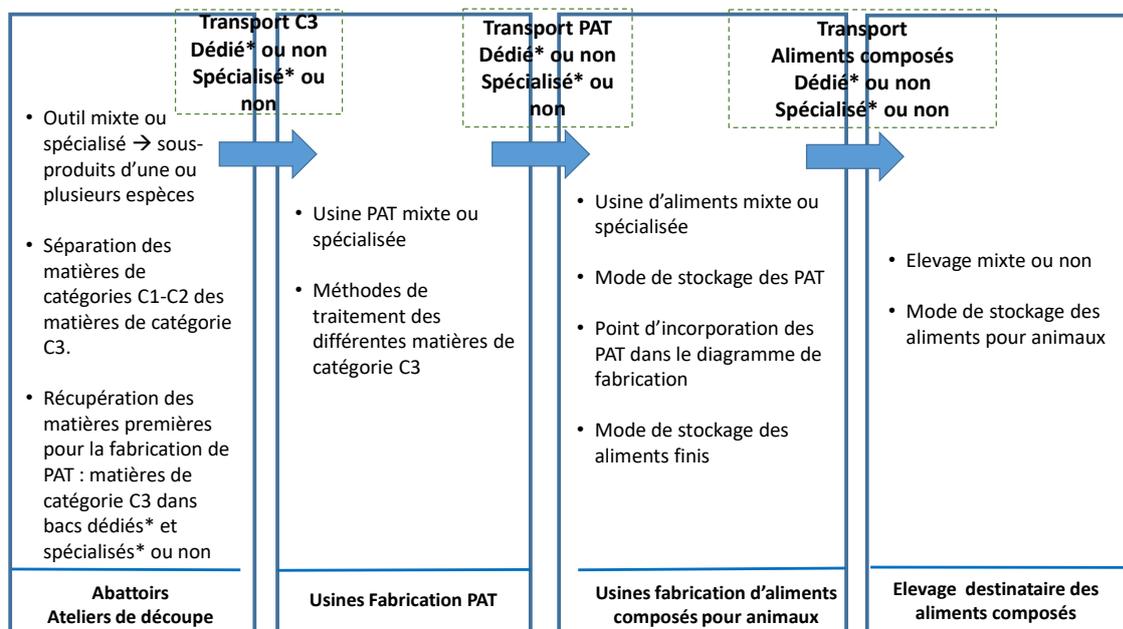
En 2011, l'Anses avait analysé ce risque, d'une part au niveau de la collecte et du transport des matières C3 à partir des abattoirs, de la fabrication et du transport des PAT, et d'autre part au niveau de la fabrication et du transport des aliments composés pour animaux jusqu'aux élevages.

Le projet de règlement européen vise à autoriser les PAT de porcs en alimentation des volailles et les PAT de volailles dans l'alimentation des porcs, en maintenant une séparation stricte des filières tout au long de la chaîne, depuis la collecte des matières en abattoir jusqu'à la livraison des aliments en élevage. Des dérogations à la séparation stricte des outils sont envisagées par le projet de règlement, dès lors que les moyens sont mis en œuvre pour maîtriser les contaminations croisées.

Compte tenu des connaissances actuellement disponibles, l'objet du présent chapitre est d'envisager les scénarios où l'absence actuelle de systèmes de production spécialisés, depuis la collecte des produits d'abattoir jusqu'à la distribution d'aliments en élevage représenterait un risque d'initiation et/ou d'amplification d'EST, par le biais des « contaminations croisées ». Celles-ci sont définies ici comme étant la présence accidentelle de protéines animales d'une espèce non attendue dans une matrice, au cours des différentes étapes de fabrication, de stockage, de transport et d'utilisation des PAT.

Schématiquement, la chaîne de production et d'utilisation des PAT est représentée par les étapes suivantes (Figure 1), dans lesquelles les risques de contaminations sont à analyser.

Figure 1 : chaîne de production et d'utilisation des PAT et points critiques vis-à-vis des contaminations croisées.



\*Dédié : mise en œuvre d'un seul type de produit : (matières C3 ou PAT ou aliment) issu ou à destination d'une seule espèce \*Spécialisé : mise en œuvre des produits issus d'une seule espèce animale (ou groupe d'espèces pour les volailles) ou à destination d'une seule espèce (ou groupe d'espèces) animale

Dans son précédent avis sur les PAT, l'Anses s'était fondée sur le rapport du CGAAER<sup>25</sup> pour dresser un état des lieux de l'état des filières de production et d'utilisation des PAT. A l'issue de son analyse, l'Anses concluait : « *différentes possibilités ou niveaux de contaminations peuvent être identifiés tout au long de la chaîne de production et d'utilisation des PAT. Dans ces conditions, il apparaîtrait nécessaire de réserver l'utilisation des PAT exclusivement aux usines dédiées à la fabrication d'aliments pour une seule espèce, et disposant de transports dédiés d'aliments. Ainsi sécurisées (filières spécialisées), la présence simultanée de PAT de porcs et de volailles au sein d'exploitations multi-espèces ne devrait pas poser de problèmes de sécurité sanitaire en cas d'erreur ponctuelle d'utilisation* ».

Dans les délais impartis de réponse à la saisine, l'Anses ne peut reconduire une telle analyse sur la base d'un rapport de terrain. Elle a toutefois auditionné ou consulté par écrit certains représentants des filières professionnelles d'abattoirs, de transformateurs de sous-produits de catégorie 3, de fabricants d'aliments. L'Anses les a invités à lui transmettre tout élément permettant de mettre en lumière une éventuelle évolution des pratiques par rapport à la situation relevée en 2011. L'ensemble des réponses reçues figure en annexe 3. Le présent rapport tient compte de ces informations.

## 2.4.2 Collecte des matières C3, fabrication et transport des PAT

Comme exposé dans le chapitre 2.3, afin d'estimer le risque d'initiation et/ou d'amplification d'une infection par un agent d'EST, les trois risques à considérer lors de la production des PAT (y inclus la collecte des matières premières) sont :

- 1- la présence d'éléments infectieux d'EST de ruminants, dans les matières de catégorie 3 employées pour l'élaboration des PAT ;
- 2- la présence de matières infectieuses d'EST non connue dans les matières de catégorie 3 employées pour l'élaboration des PAT ;
- 3- la présence de PAT d'une espèce donnée dans des PAT destinées à la même espèce.

Compte tenu des informations recueillies lors des auditions et consultations écrites, les experts soulignent les points suivants associés à chacun des risques :

### Risque 1 : S'agissant du risque de présence de matériel infectieux d'EST de ruminants dans les PAT

- Pour les sous-produits de catégorie 3 issus des volailles, la spécialisation importante (en termes de volumes) des abattoirs pour l'espèce *Gallus gallus*, ainsi que l'existence d'un transport dédié de ces matières par catégorie de risque et par espèce, conduit à considérer comme très rare la présence potentielle de matériels infectieux issus de ruminants dans les PAT de volailles.
- Pour les sous-produits de catégorie 3 issus des porcs, du fait de la non spécialisation par espèce des abattoirs, le risque de présence de matériels infectieux issus de ruminants dans les PAT ne peut pas être exclu. L'application obligatoire de la méthode de stérilisation sous pression<sup>26</sup> sur les matières de catégorie 3 de mammifères permet de réduire l'infectiosité sans garantir une élimination totale (voir encadré ci-après).

<sup>25</sup> Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux

<sup>26</sup> Cette obligation de traitement sous pression ne concerne pas le cas particulier des produits du sang chez le porc.

Rappels sur les traitements des sous-produits animaux et conséquences sur le risque EST (pour plus de détails, voir annexe 2) :

Différentes méthodes de transformation de matières de catégorie 3 en PAT sont évoquées en annexe 2. Seule la méthode 1 réduit significativement l'infectiosité liée au prion, avec un abattement de 2 à 7 unités logarithmiques de l'infectiosité selon la souche de prion considérée (Giles et al. 2008, Taylor 2000), sans pour autant garantir l'absence totale d'infectiosité du produit transformé.

Les PAT de porcs (comme toutes celles de mammifères), quand elles sont destinées à l'alimentation des animaux producteurs de denrées, doivent être produites par la méthode 1, à l'exception des farines de sang. Le risque d'EST associé à ces PAT est donc réduit par ce traitement.

Les PAT de volailles peuvent être produites par les différentes méthodes même quand elles sont destinées à l'alimentation des animaux producteurs de denrées. Des auditions, il ressort que les PAT de volailles ne sont aujourd'hui pas produites par la méthode 1. Une amplification des prions de mammifères chez ces espèces apparaît aujourd'hui peu probable. En revanche, l'état des connaissances actuellement disponibles conduit les experts à prendre en compte l'hypothèse, qui ne peut être exclue, d'un portage asymptomatique de ces agents par ces espèces, avec transfert possible à d'autres espèces animales susceptibles. Les traitements actuellement mis en œuvre pour produire ces PAT, n'auraient aucune incidence sur le titre infectieux éventuel. Les traitements appliqués aux matières de catégorie 3 pour la fabrication des aliments pour animaux de compagnie, matières fertilisantes et support de culture n'ont pas d'action significative sur le titre infectieux prion (en dehors de la méthode 1).

Risque 2 : S'agissant du risque de présence de matières infectieuses d'EST non connue dans les matières premières employées pour l'élaboration des PAT :

Celui-ci ne peut être estimé. Toutefois, il conditionne le risque d'amplification qui pourrait se produire à partir de cette initiation d'une nouvelle EST. C'est majoritairement par un recyclage intra-espèce qu'une telle amplification pourrait se produire, ce qui est envisagé ci-dessous.

Risque 3 : S'agissant du risque de présence de PAT d'une espèce donnée dans des PAT destinées à la même espèce :

Les experts soulignent qu'il peut être maîtrisé si le transport des matières premières C3, la fabrication des PAT et leur transport sont dédiés et spécialisés (mono-espèce). Des auditions, il ressort que les industries produisant des PAT ont commencé cette spécialisation et qu'ils sont capables de l'étendre si les PAT de porcs et volailles étaient ré-autorisées en alimentation des animaux d'élevage.

### **2.4.3 Fabrication et transport des aliments composés pour animaux**

Afin d'estimer le risque d'initiation et d'amplification d'une infection par un ATNC<sup>27</sup> après la fabrication et le transport des PAT, les risques à considérer sont les suivants :

1. La contamination d'un aliment composé pour ruminants par des PAT contenant accidentellement des protéines de ruminants, soit lors de la fabrication des aliments, soit lors de leur transport.

<sup>27</sup> ATNC : Agent transmissible non conventionnel

2. La contamination d'un aliment composé destiné à une espèce monogastrique- par des PAT de la même espèce, soit lors de la fabrication des aliments, soit lors de leur transport.

En 2011, les experts avaient souligné que lors de la fabrication d'aliments destinés à différentes espèces sur des lignes de fabrication communes, des contaminations croisées (transferts inter-lots) ont été constatées en pratique, et de l'avis des professionnels, ces taux de contamination ne pouvaient pas descendre sous la valeur de 2 %.

Comme rappelé dans de précédents avis (Afssa 2009b), l'Agence a recensé plusieurs études permettant une compréhension globale des sources d'infection par l'ESB de la population bovine en France après l'interdiction des farines animales dans l'alimentation des bovins en 1990 (Abrial *et al.* 2005a, b, Ducrot *et al.* 2005, Jarrige *et al.* 2006, Jarrige *et al.* 2007, Paul *et al.* 2007). Au-delà des risques liés à des mélanges de matières dans les abattoirs, qui n'auraient pas été traités ensuite par la stérilisation sous pression, une source importante d'infection semble avoir été liée à des contaminations croisées dans les aliments : majoritairement au niveau des industries de fabrication d'aliments pour bétail, et dans une moindre mesure en exploitation (contamination par des aliments qui pouvaient encore légalement contenir alors des farines animales : aliments pour ovins jusqu'en 1994, aliments pour volailles et porcs jusqu'en 2000). Ainsi, du fait de l'autorisation encore effective des farines animales chez certaines espèces de rente et d'une application imparfaite de la réglementation, les bovins ont été encore exposés à des farines animales issues de ruminants contaminés au-delà de 1990.

Pour la fabrication des aliments composés aujourd'hui, les éléments mis en exergue au cours des auditions (annexe 3) suggèrent que, au moins pour la France, la proportion d'établissements ou de moyens (transports) spécialisés par espèce n'aurait pas ou peu évolué depuis la précédente saisine. En effet, aucun changement réglementaire pour l'utilisation de ces PAT en alimentation animale n'a pu inciter les industriels à le faire. En outre, suite aux auditions, il ressort que l'ensemble des éléments à prendre en considération pour décider de spécialiser des usines, ne s'avère pas en faveur d'une séparation de la fabrication des aliments porcs de celle des aliments volailles (à part quelques exceptions pour les volailles). Tout au plus une séparation des usines ruminants/monogastriques pourrait être envisagée par les acteurs industriels.

Dans ce contexte, les conclusions de l'Anses de 2011 restent valables quant à la situation relative à la séparation des filières de production et de transport d'aliments composés.

Ce statu quo interroge sur la réelle possibilité de réintégrer ces PAT dans la fabrication des aliments composés, compte tenu des risques liés aux contaminations croisées. Par ailleurs, la question soulevée par les industriels, de la nécessité de fixer un « zéro technique » (cf annexe 3) interroge à la fois :

- l'évaluation de risque d'EST, lié à la présence possible de traces de PAT indésirables dans les aliments pour porcs ou pour volailles, ou de traces de PAT dans des aliments pour ruminants ;
- la capacité des méthodes d'analyse. Comme indiqué dans le chapitre relatif aux méthodes d'analyse, l'expression des résultats ne peut être que qualitative (présence/absence). Il ressort des auditions, qu'il n'est pas possible d'envisager à court terme de solutions pour quantifier ces traces de PAT indésirables.

## 2.4.4 Estimation du risque d'EST lié aux contaminations croisées dans les filières de production et d'utilisation des PAT

### 2.4.4.1 Approche qualitative

Le GT a envisagé les différents scénarios faisant intervenir des contaminations croisées aux étapes de fabrication et d'utilisation des PAT, compte tenu des informations obtenues par les auditions et les contributions des industriels.

Les schémas ci-après envisagent 4 types de scénarios selon l'organisation des abattoirs, et les contaminations croisées susceptibles d'intervenir aux différentes étapes de production et d'utilisation des PAT (figures 2 à 5). Suite aux auditions, le GT a considéré dans les scénarios que la fabrication des PAT et leur transport en amont (C3) et en aval (PAT) vers les usines d'aliments composés pourraient être dédiés et spécialisés.

Ces scénarios ont été considérés dans deux cas différents :

- Phénomène d'initiation d'une EST ;
- Phénomène d'amplification d'une EST.

Une première approche a consisté à mettre en évidence les évènements indésirables susceptibles d'advenir (en rouge sur les figures), sans y attribuer de niveau de probabilité. A l'issue des auditions, le GT a considéré de manière générale, qu'un système totalement étanche<sup>28</sup> n'est pas atteignable en pratique. L'analyse des scénarios a pour objectif de mettre en exergue une ou des situations dont les failles peuvent conduire soit à une initiation d'une EST, soit à un emballement par amplification.

Il convient de noter que les risques associés à chaque étape des scénarios restent globalement faibles. Cependant, l'histoire de l'ESB, qui a très probablement démarré à partir d'un ou d'un très petit nombre de cas, ainsi que la découverte d'EST dans des espèces jusqu'alors présumées non sensibles, incitent à l'extrême prudence.

---

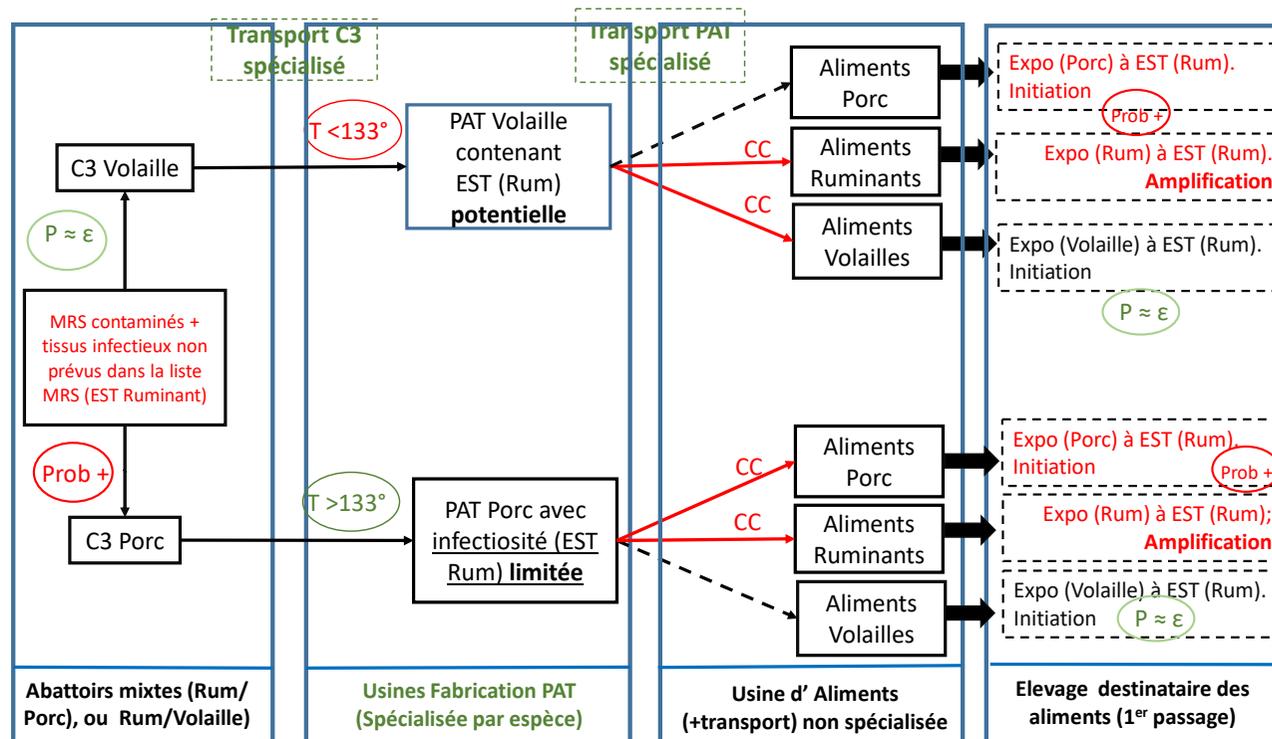
<sup>28</sup> Absence de toute contamination croisée

Figure 2 : Risque d'initiation/amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir mixte ruminants/volailles ou ruminants/porcs et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale

Dans un abattoir multi-espèces (Figure 2), des MRS de ruminants (ou de tissus infectieux non prévus dans la liste des MRS) pourraient être inclus accidentellement dans des matières C3 de volailles ou de porcs. Ce phénomène pour des matières C3 de volailles a une faible probabilité ( $P \approx \epsilon$ ), car il n'existe que très peu d'ateliers ruminants/volailles et leur tonnage est peu important. Le phénomène peut être plus fréquent pour des matières C3 de porcs (Prob +), car il existe un nombre plus important d'abattoirs mixtes porcs/ruminants.

Les matières C3 de volailles seraient ensuite transformées en PAT de volailles dans une usine spécialisée, avec une méthode de traitement sans effet sur la diminution de l'infectiosité des agents d'EST (de ruminant).

L'utilisation de ces PAT de volailles en usine de fabrication d'aliments non spécialisée, peut induire des transferts inter-lots (ou contaminations croisées notées CC dans le schéma) dans des aliments pour ruminants ou pour volailles. Ceci conduirait à un risque d'amplification d'EST pour les ruminants.



Le risque d'initiation d'EST chez les volailles resterait très peu probable ( $P \approx \epsilon$ ), du fait de leur faible sensibilité présumée aux EST de ruminants. L'utilisation de ces PAT de volailles en alimentation des porcs (sous l'hypothèse de leur autorisation (flèche pointillée)) représenterait un risque de transmission d'une EST de ruminants à des porcs (initiation), du fait de leur sensibilité potentielle aux EST de ruminants (Prob +). Ce risque minoré par la rareté des abattoirs mixtes ruminants-volailles, pourrait être maîtrisé en ne collectant pas de matières C3 de volailles dans ces rares abattoirs mixtes.

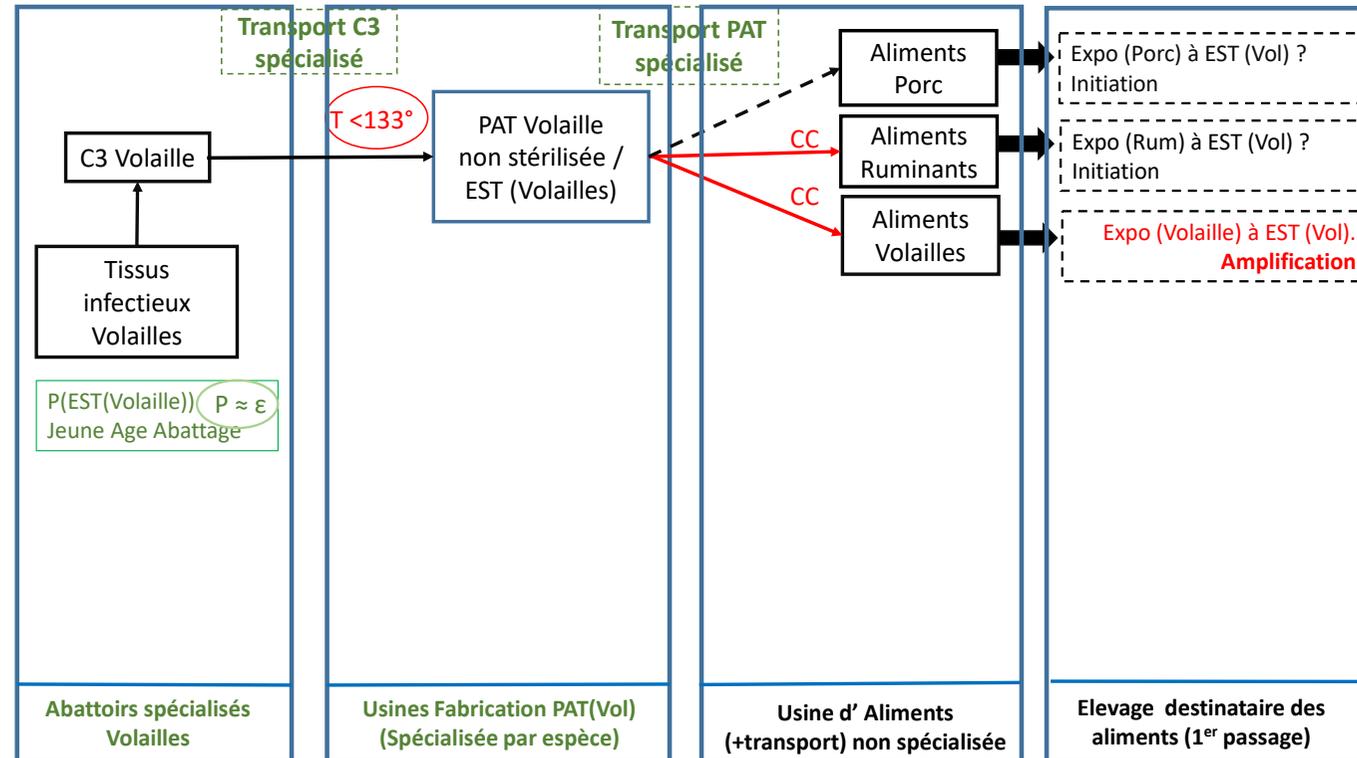
Les matières C3 de porcs seraient quant à elles transformées en PAT de porcs dans une usine spécialisée, avec une méthode incluant la stérilisation sous pression, pouvant limiter leur infectiosité. L'utilisation de ces PAT de porcs en usine de fabrication d'aliments non spécialisée, peut conduire à des transferts inter-lots dans des aliments pour ruminants ou pour porcs. Ceci pourrait conduire à un risque de transmission d'une EST de ruminants aux porcs (initiation) du fait de leur sensibilité potentielle aux EST de ruminants (Prob +). La stérilisation sous pression des PAT va diminuer la probabilité de cet événement, mais ne l'annule pas. De même, cette situation pourrait conduire à un risque d'amplification d'une EST de ruminants chez les ruminants. La probabilité de survenue de cet événement serait, là aussi, diminuée du fait du traitement des PAT par stérilisation sous pression. Enfin, l'utilisation (qui serait autorisée) de ces PAT de porc en alimentation des volailles représenterait un risque d'initiation d'EST chez les volailles bien inférieur, du fait de leur faible sensibilité présumée aux EST de ruminants ( $P \approx \epsilon$ ).

Au niveau d'un abattoir spécialisé de volailles (Figure 3), le risque identifié serait l'incorporation, dans les matières C3 de volailles, de « tissu infectieux » de volailles infectées par un agent d'EST inconnu. Ce risque repose sur la découverte récente d'EST chez des espèces qu'on pensait non sensibles. Il ne peut donc être totalement exclu. Pour autant, l'âge d'abattage des volailles (quelques semaines pour la plupart à 18 mois pour les poules pondeuses de réforme) reste peu compatible avec le développement des EST identifiées à ce jour ( $P \approx \epsilon$ ).

Néanmoins, au niveau de l'usine de fabrication des PAT, les matières C3 de volailles sont actuellement traitées avec une méthode sans effet sur la diminution de l'infectiosité des agents d'EST (Volailles).

L'utilisation de ces PAT de volailles en usine de fabrication d'aliments non spécialisée, peut conduire à des transferts inter-lots (ou contaminations croisées notées CC dans le schéma) dans des aliments pour ruminants ou pour volailles.

Figure 3 : Risque d'initiation/amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir spécialisé volailles et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale



Il est aujourd'hui impossible de prédire le devenir d'un éventuel agent d'EST de volaille chez un ruminant. Cet éventuel agent aurait à franchir une potentielle barrière d'espèce. Un recyclage intra-espèce pourrait quant à lui, avoir lieu dans le cas d'aliments pour volailles contenant des agents d'EST de volaille, représentant un risque d'amplification d'une EST de volaille.

Enfin, l'utilisation (qui serait autorisée, (flèche pointillée)) de ces PAT de volailles (sans stérilisation sous pression) en alimentation des porcs conduirait à un risque de transmission d'une EST de volaille à un porc. Il est aujourd'hui impossible de prédire le devenir d'un éventuel agent d'EST de volaille chez un porc. Cet éventuel agent aurait, là aussi, à potentiellement franchir la barrière d'espèce.

Au niveau d'un abattoir spécialisé de porcs (Figure 4), le risque identifié serait l'incorporation, dans les matières C3 de porc, de tissus infectieux de porcs infectés par un agent d'EST porcine inconnu (EST sporadique / spontanée).

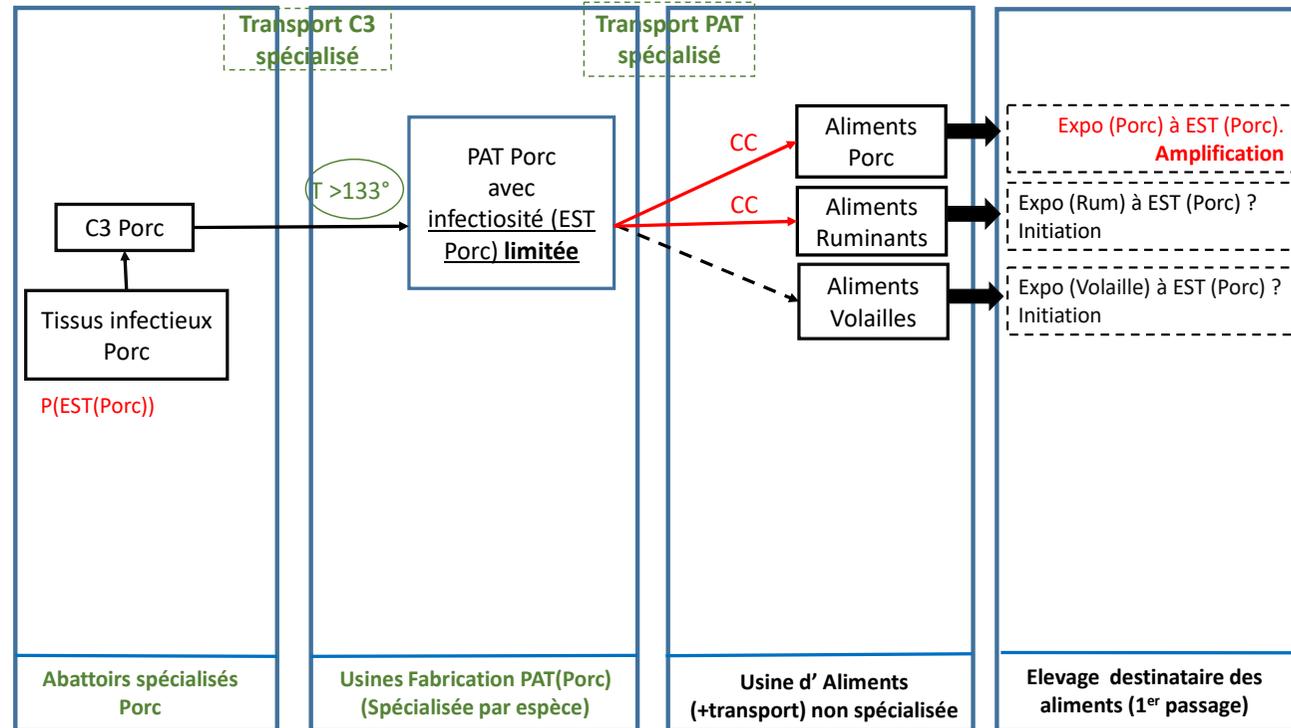
Les matières C3 de porcs seraient transformées en PAT de porcs dans une usine spécialisée, avec une méthode incluant la stérilisation sous pression, pouvant limiter leur infectiosité.

L'utilisation de ces PAT de porcs en usine de fabrication d'aliments non spécialisée, peut conduire à des transferts inter-lots (ou contaminations croisées notées CC dans le schéma) dans des aliments pour ruminants ou pour porcs.

Il est aujourd'hui impossible de prédire le devenir d'un éventuel agent d'EST de porc chez un ruminant. Cet éventuel agent aurait à franchir une potentielle barrière d'espèce.

Un recyclage intra-espèce pourrait quant à lui, avoir lieu dans le cas d'aliments pour porcs

Figure 4 : Risque d'initiation/amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir spécialisé porcs et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale



contenant des agents d'EST de porc, conduisant à une amplification. Ce risque sera potentiellement limité par le traitement de stérilisation sous pression des PAT, sous réserve que cet agent ne soit pas exceptionnellement résistant à l'inactivation thermique.

Enfin, l'utilisation (qui serait autorisée, (flèche pointillée)) de ces PAT de porcs en alimentation des volailles conduirait à un risque de transmission d'une EST de porc à une volaille. Il est aujourd'hui impossible de prédire le devenir d'un éventuel agent d'EST de porc chez une volaille. Cet éventuel agent aurait, là aussi, à franchir une potentielle barrière d'espèce. Par ailleurs, la probabilité de survenue de cet événement serait, là aussi, diminuée du fait du traitement des PAT par stérilisation sous pression.

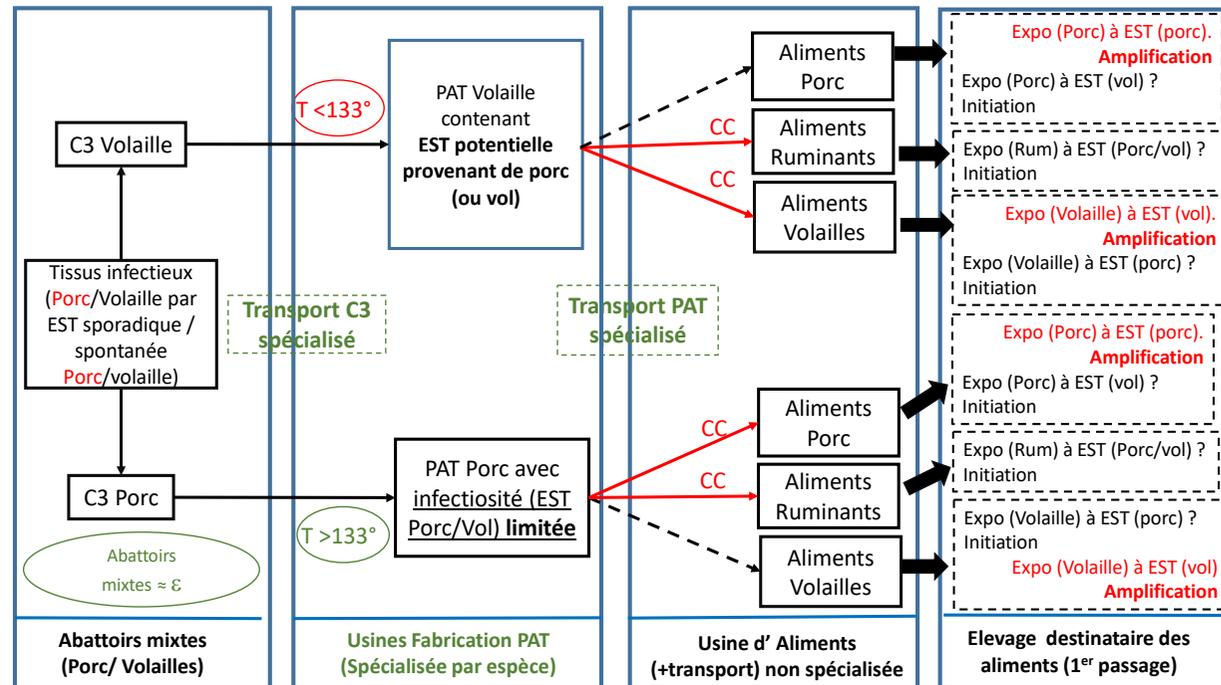
Au niveau d'un abattoir mixte porc/volailles (Figure 5), le risque identifié serait l'incorporation, dans les matières C3 de porc ou de volaille, de tissus infectieux provenant de porc ou de volaille atteint d'une EST sporadique / spontanée. La probabilité de survenue de cet événement est diminuée par le faible nombre d'abattoirs mixtes porc/volailles.

Les matières C3 de volailles ainsi contaminées ne seraient pas traitées par stérilisation sous pression. L'infectiosité potentielle ne serait pas diminuée. L'utilisation de ces PAT de volailles en usine de fabrication d'aliments non spécialisée, peut induire des transferts inter-lots (ou contaminations croisées notées CC dans le schéma) dans des aliments pour ruminants ou pour volailles.

Il est aujourd'hui impossible de prédire le devenir d'un éventuel agent d'EST de porc ou de volaille chez un ruminant. Cet éventuel agent aurait à franchir une potentielle barrière d'espèce. Il en est de même pour le devenir d'un agent d'EST de porc chez la volaille et inversement. Le recyclage intra-espèce pourrait quant à lui, avoir lieu dans le cas d'aliments volailles contenant des agents d'EST de volaille.

L'utilisation (qui serait autorisée, (flèche pointillée)) de ces PAT de volailles en alimentation des porcs représenterait un risque d'amplification d'une EST de porc chez les porcs.

Figure 5 : Risque d'initiation/amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir mixte volailles/porc et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale



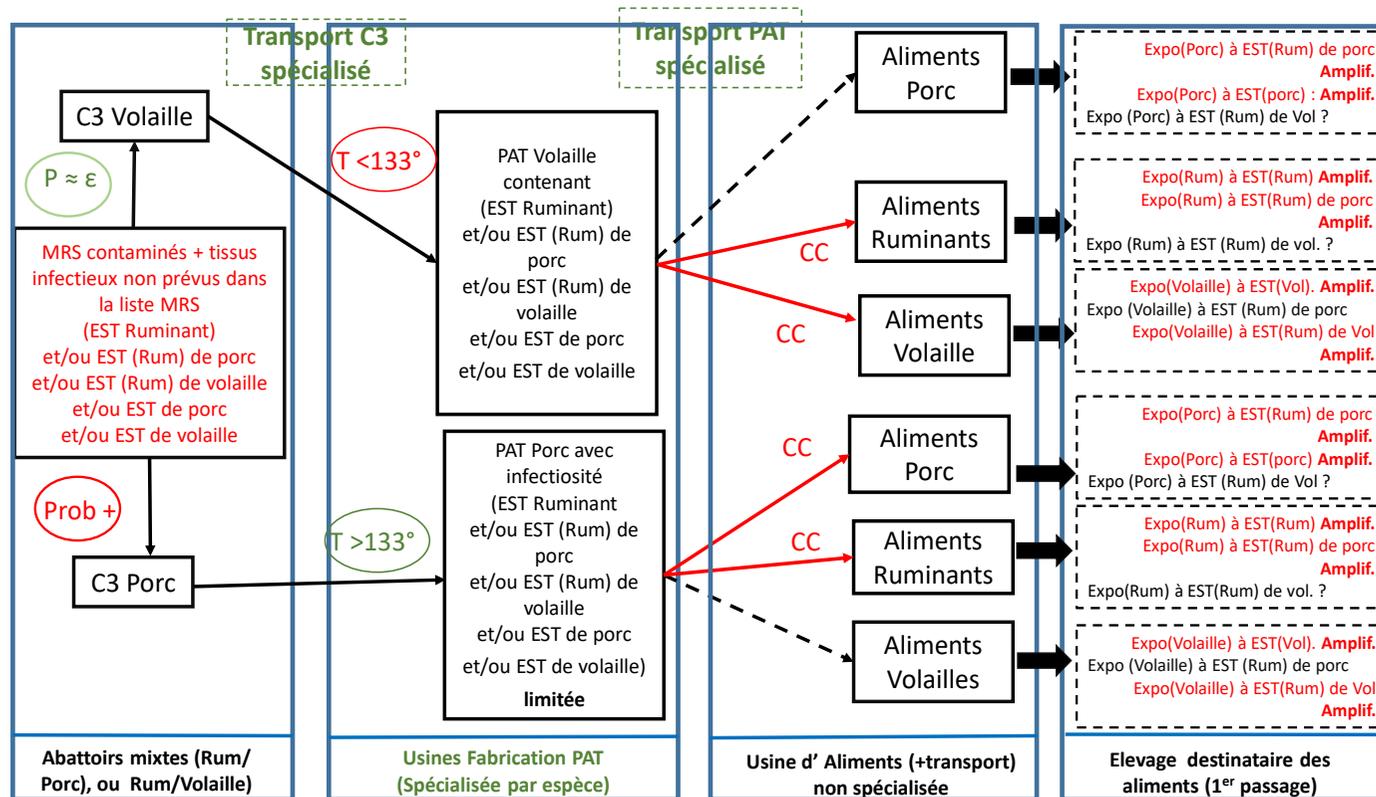
Les matières C3 de porcs ainsi contaminées seraient quant à elles traitées avec une méthode incluant la stérilisation sous pression, pouvant limiter leur infectiosité. L'utilisation de ces PAT de porcs en usine de fabrication d'aliments non spécialisée, peut induire des transferts inter-lots dans des aliments pour ruminants ou pour porcs. Cela conduirait à un risque d'amplification d'une EST de porc chez les porcs. Ce risque sera diminué, mais pas annulé, par le traitement de stérilisation sous pression des PAT, sous réserve que cet agent ne soit pas exceptionnellement résistant à l'inactivation thermique.

Comme dit précédemment, il est aujourd'hui impossible de prédire le devenir d'un éventuel agent d'EST de porc ou de volaille chez un ruminant. Cet éventuel agent aurait à franchir une potentielle barrière d'espèce. Il en est de même pour le devenir d'un agent d'EST de porc chez la volaille et inversement. L'utilisation (qui serait autorisée) de ces PAT de porcs en alimentation des volailles représenterait un risque d'amplification d'une EST de volaille chez les volailles. La probabilité de survenue de cet événement serait, là aussi diminuée, mais pas annulée, du fait du traitement des PAT par stérilisation sous pression.

Figure 6: Risque d'amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir mixte ruminants/volailles ou ruminants/porcs et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale

Une fois les différentes espèces animales contaminées initialement par des EST de Ruminants ou par des EST sporadiques / spontanées de Porc ou de Volaille, elles sont abattues dans un abattoir multi-espèces (Figure 6), où toutes sortes de tissus infectieux peuvent se retrouver, accidentellement ou non (certains tissus infectieux ne sont pas connus), dans les matières C3 récoltées en abattoir.

La succession des étapes jusqu'à la livraison en élevage conduit, soit à certains événements initiaux d'EST (déjà traités dans les figures précédentes), soit à des phénomènes d'amplification par recyclages intra-espèces, du fait de l'absence de séparation des circuits dans les différentes étapes. Ces phénomènes d'amplification seraient plus rapides si le traitement par stérilisation sous pression n'est pas appliqué, ne diminuant pas l'infectiosité (haut de la figure).



EST (Rum) de porc : EST de ruminant portée par le porc ; EST (Rum) de vol : EST de ruminant portée par la volaille

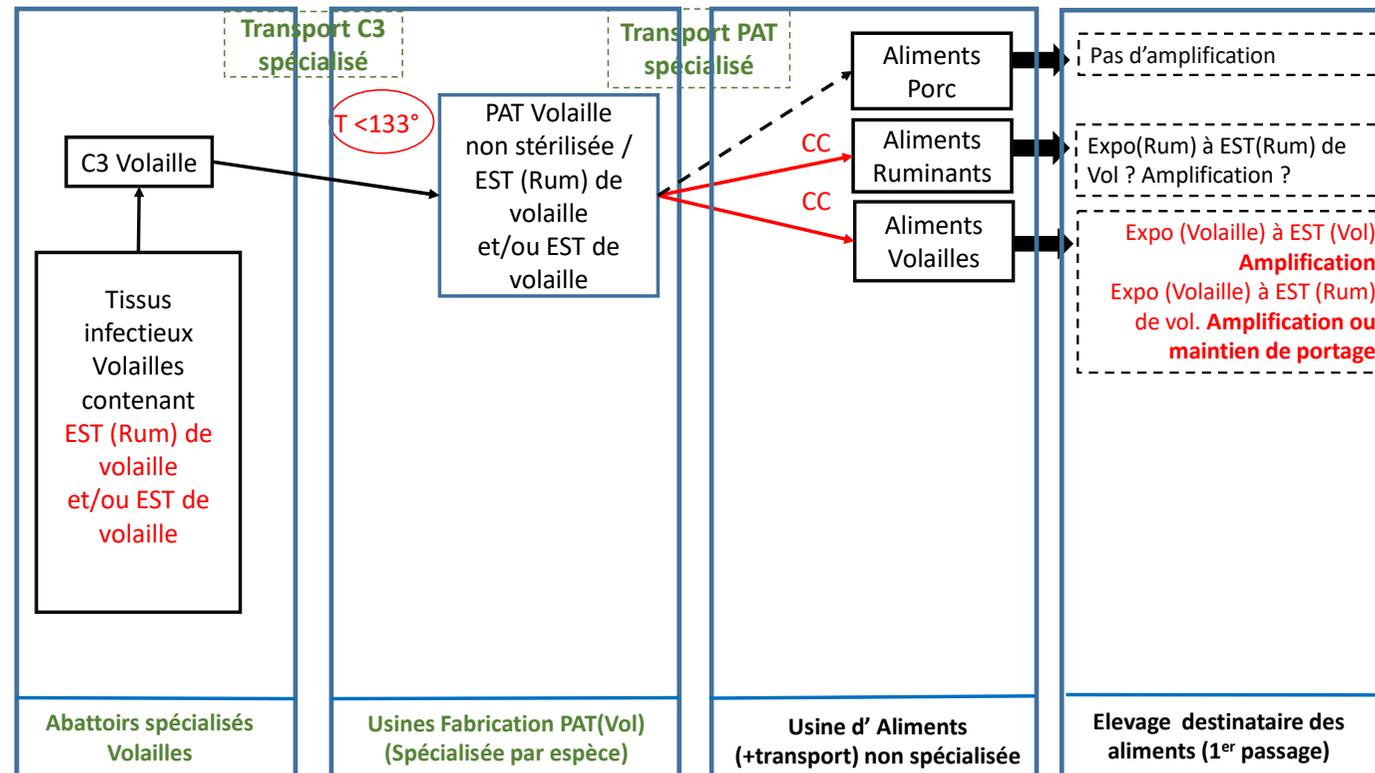
La distribution de PAT de volailles à des porcs (en cas d'autorisation) pourrait aussi conduire à de telles amplifications. Ce risque pourrait être maîtrisé en ne collectant pas de matières C3 de volailles dans ces rares abattoirs.

La distribution de PAT de porc à des volailles (en cas d'autorisation) conduirait également à des amplifications, mais dont la probabilité serait inférieure, du fait de la plus faible sensibilité présumée des volailles aux EST et de la diminution d'infectiosité par le traitement de stérilisation sous pression.

Figure 7: Risque d'amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir spécialisé volailles et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale

Lorsque des volailles, qui ont pu être contaminées initialement par des EST de Ruminants ou par une EST sporadique / spontanée spécifique, sont abattues dans un abattoir spécialisé, des tissus infectieux d'EST de volailles (soit d'EST de ruminant portée par la volaille [désignée EST(Rum) de vol], soit d'EST de volaille sporadique / spontanée) peuvent se retrouver dans les matières C3 récoltées en abattoir (Figure 7).

La succession des étapes jusqu'à la livraison en élevage conduit, soit à certains événements initiaux d'EST (déjà traités dans les figures précédentes), soit à des phénomènes d'amplification par recyclages intra-espèces, du fait de l'absence de séparation des circuits dans les différentes étapes. Ces phénomènes d'amplification sont plus rapides quand le traitement par stérilisation sous pression n'est pas appliqué, comme c'est le cas ici, s'agissant de PAT de volailles.



Le risque d'amplification mis ici en évidence est celui d'une EST chez la volaille ou le maintien d'un portage d'une EST de ruminant Si la probabilité d'amplification d'une EST de volaille peut être considérée inférieure à d'autres situations, du fait de la faible sensibilité présumée des volailles aux EST, il convient de rester attentif au risque de maintien éventuel d'un portage d'une EST de ruminant.

Figure 8 : Risque d'amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir spécialisé porcs et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale

Lorsque des porcs, qui ont pu être contaminés initialement par des EST de ruminants ou par une EST sporadique / spontanée spécifique, sont abattus dans un abattoir spécialisé, des tissus infectieux d'EST de porc (soit d'EST de ruminant portée par le porc [désignée EST(Rum) de porc], soit d'EST de porc sporadique / spontanée) peuvent se retrouver dans les matières C3 récoltées en abattoir (Figure 8).

La succession des étapes jusqu'à la livraison en élevage conduit, soit à certains événements initiaux d'EST (déjà traités dans les figures précédentes), soit à des phénomènes d'amplification par recyclages intra-espèces, du fait de l'absence de séparation des circuits dans les différentes étapes. Ces phénomènes d'amplification sont ralentis mais pas annulés par le traitement par stérilisation sous pression.

Le risque d'amplification mis ici en évidence est celui d'une EST chez le porc (EST de ruminant ou EST spécifique) ou d'une EST de ruminant chez le ruminant.

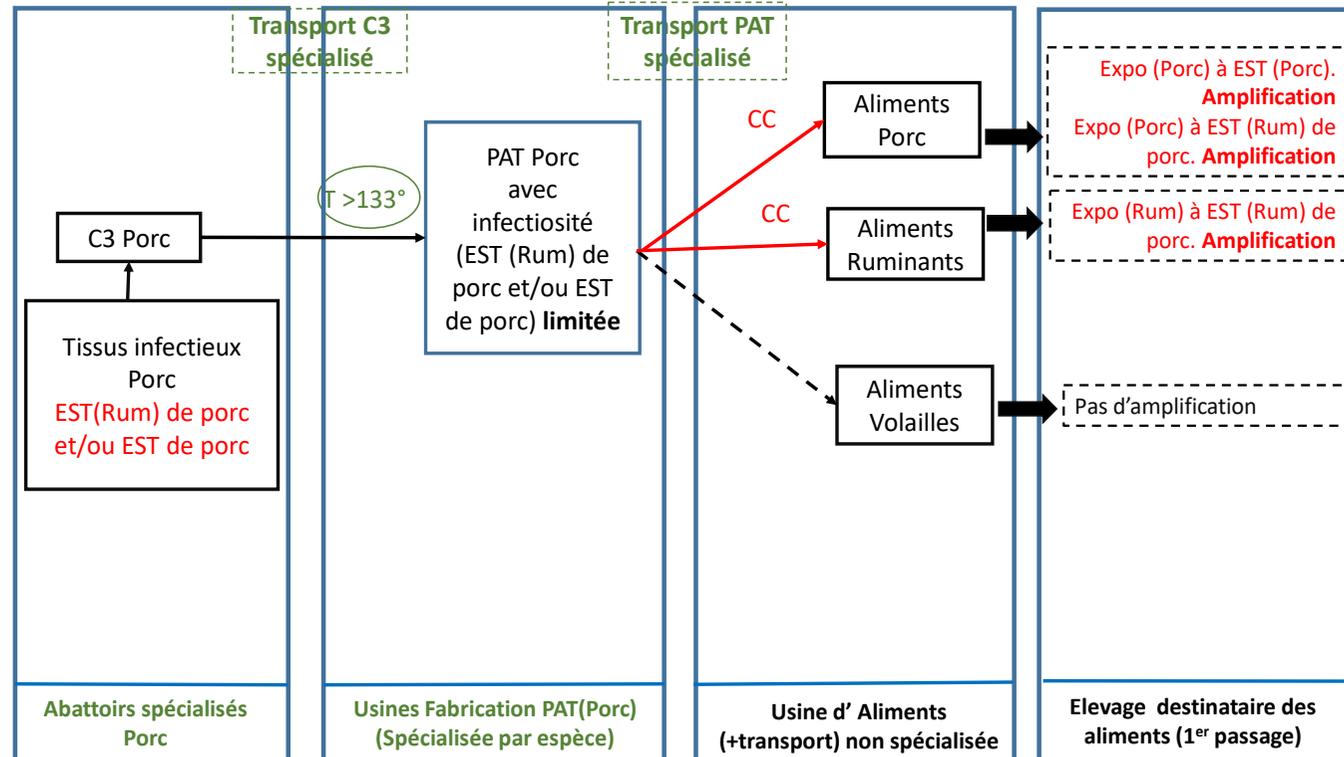
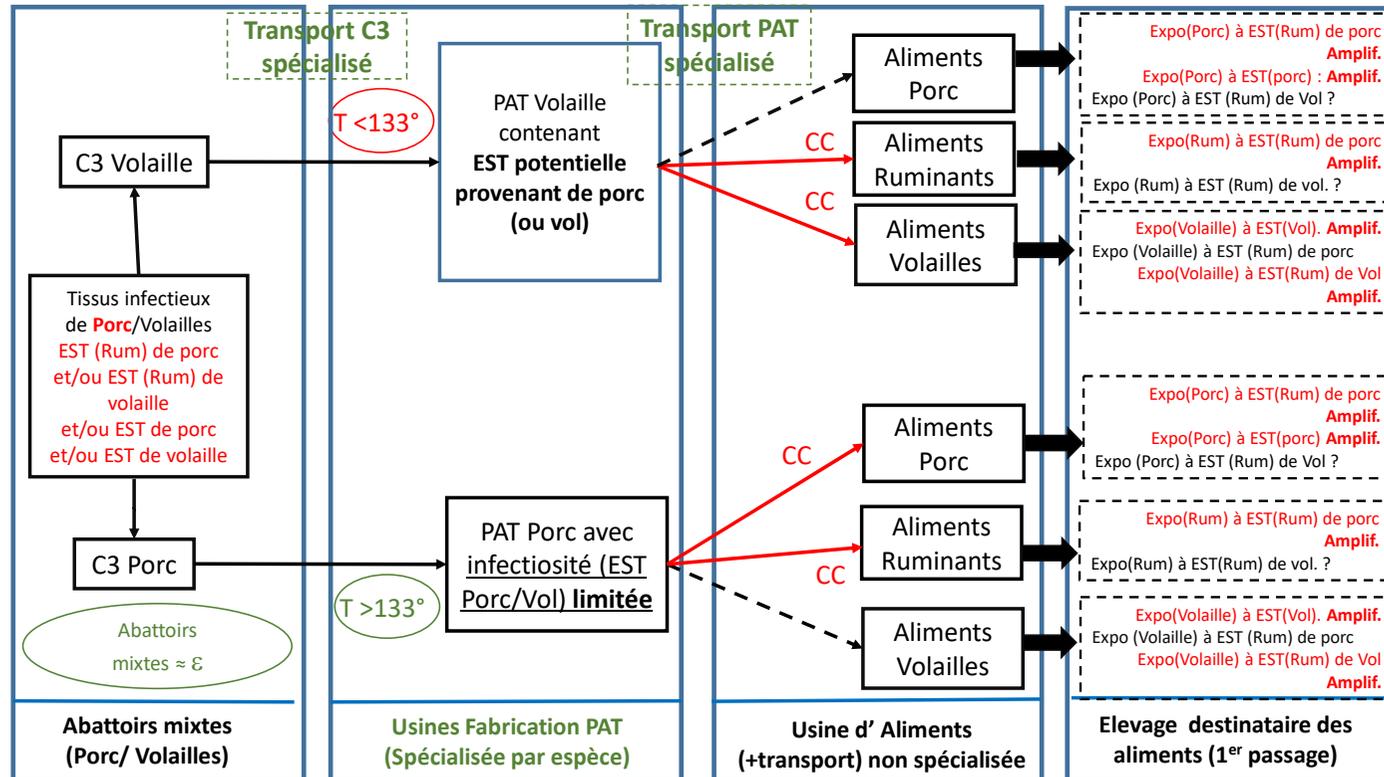


Figure 9 : Risque d'amplification lors de production de PAT à partir d'un abattoir mixte volailles/porc et d'utilisation dans les filières d'alimentation animale

Lorsque des porcs et des volailles qui ont été initialement contaminés par des EST de ruminants ou par des EST sporadiques / spontanées spécifiques, sont abattus dans des abattoirs mixtes porcs-volailles, les phénomènes d'amplification sont assez similaires dans leur nature et leur probabilité que pour un abattoir mixte porcs/ruminants ou volailles/ruminants, hormis les amplifications propres aux EST de ruminants chez les ruminants (Figure 9).

Ces phénomènes d'amplification seraient plus rapides si le traitement par stérilisation sous pression n'est pas appliqué, ne diminuant pas l'infectiosité (haut de la figure).



La distribution de PAT de volailles à des porcs (en cas d'autorisation) pourrait aussi conduire à de telles amplifications. Ce risque pourrait être maîtrisé en ne collectant pas de matières C3 de volailles dans ces rares abattoirs. La distribution de PAT de porc à des volailles (en cas d'autorisation) conduirait également à des amplifications, mais dont la probabilité serait inférieure, du fait de la plus faible sensibilité présumée des volailles aux EST et de la diminution d'infectiosité par le traitement de stérilisation sous pression.

Le GT a, dans un 2<sup>ème</sup> temps, cherché à hiérarchiser ces différentes situations à risque, au travers d'une méthodologie semi-quantitative présentée ci-dessous.

#### 2.4.4.2 Approche semi-quantitative : Méthode de Hiérarchisation du Risque Prion ( $HR^{Prion}$ ) sur un axe ordinal

##### 2.4.4.2.1 *Présentation de la méthode*

Dans un 1<sup>er</sup> temps, la démarche consiste à lister les 8 dangers évoqués dans les situations à risque présentées au point 2.4.4.1. Ces dangers proviennent d'EST décrites/connues dans la littérature scientifique, mais également d'EST considérées comme possibles ou théoriques au vue des connaissances scientifiques actuelles.

##### Liste des dangers considérés :

- ✓  $EST(rum)^{MRS}$  : EST de ruminants présentes dans des MRS de ruminant
- ✓  $EST(rum)^{rum}$  : EST de ruminants présentes dans tissus/organes (hors MRS) de ruminants
- ✓  $EST(rum)^{Porc}$  : EST de ruminants transmises aux porcs et présentes dans des tissus/organes de porcs
- ✓  $EST(Porc)^{Porc}$  : EST sporadiques de porcs présentes dans des tissus/organes de Porcs
- ✓  $EST(rum)^{Vol}$  : EST de ruminants transmises aux volailles et présentes dans des tissus/organes de volailles
- ✓  $EST(vol)^{Vol}$  : EST sporadiques de volailles présentes dans des tissus/organes de volailles
- ✓  $EST(Vol)^{Porc}$  : EST sporadiques de volailles transmises aux porcs et présentes dans des tissus/organes de porcs
- ✓  $EST(Porc)^{Vol}$  : EST sporadiques de porcs transmises aux volailles et présentes dans des tissus/organes de volailles

Dans un 2<sup>ème</sup> temps, chaque danger est affecté initialement d'un facteur maximal de gravité de 9, auquel sont appliquées les décotes successives suivantes :

- 1) Selon la probabilité d'occurrence de l'EST<sup>29</sup>.

Une décote de 1 à 5 unités est appliquée en fonction de la plausibilité du danger (1 : très probable, 2 : assez probable, 3 probable, 4 : peu probable, 5 : improbable)

- 2) Selon l'application ou non d'un traitement thermique susceptible de réduire de façon significative l'infectiosité prion (méthode 1 : 133 degrés pendant 20 minutes sous une pression de 3 bars) dans la chaîne de production et d'utilisation des PAT. Si les sous-produits subissent le traitement thermique, une décote de 1 unité est appliquée. Dans le cas contraire aucune décote n'est appliquée.

Puis les paramètres de transmission, qui sont susceptibles de moduler le niveau d'exposition à ces dangers, ont été pris en compte dans une nouvelle décote :

- 1) Transmission sans barrière d'espèce ou transmission inter-espèce :

Trois possibilités sont envisagées et une décote de 0 à 3 est appliquée en fonction des caractéristiques de la transmission :

---

<sup>29</sup> La probabilité d'occurrence inclut la plausibilité de l'occurrence de l'EST, compte tenu du niveau de connaissance actuel sur les différentes EST considérées. Par exemple, une EST de ruminant présente dans un tissu de ruminant a une occurrence très probable, alors qu'une EST sporadique de porc, transmise aux volailles et présente dans un tissu de volaille, a une occurrence improbable dans la mesure où la permissivité des volailles aux EST n'a pas encore été démontrée. (Seuls des éléments préliminaires sont à l'étude).

0 : transmission sans barrière d'espèce (transmission intra-espèce ou transmission à l'espèce d'origine de l'EST considérée).

1 : transmission inter-espèces, pour une espèce ayant démontré (en conditions d'élevage, ou expérimentalement) une permissivité aux EST (ruminants, Porcs)

2 : transmission inter-espèces, pour une espèce n'ayant pas démontré (naturellement ou expérimentalement) une permissivité aux EST (volailles)

## 2) Transmission directe ou indirecte :

Dans la chaîne de production et d'utilisation des PAT, si l'exposition résulte d'une utilisation autorisée des PAT pour une espèce donnée (flèches en pointillés noirs sur les figures 2 à 7), aucune décote n'est appliquée. A l'inverse, si l'exposition résulte d'une contamination croisée (flèches rouges sur les figures 2 à 7), une décote de 1 est effectuée pour prendre en compte le facteur de dilution de cette voie de transmission (exposition à une fraction de l'infectiosité).

Cette méthode HR<sup>Prion</sup>, qui vise un classement relatif des situations à risque pour les 8 dangers identifiés, permet d'obtenir une matrice constituée de 96 lignes/situations à risque (annexe 4). Ces lignes représentent l'ensemble des situations à risques pouvant être envisagées. Toutefois, il faut souligner que dans cette matrice certaines lignes sont i) théoriques au regard des connaissances scientifiques actuelles ou ii) non pertinentes au regard des mesures actuellement en place au niveau des chaînes de production et d'utilisation des PAT : il reste donc 84 lignes retenues comme possibles.

La figure 10 est un extrait du tableur présenté en annexe 4. Ses lignes correspondent à l'estimation de la gravité des dangers pour deux sources d'EST :

- Les EST de ruminants présentes dans des MRS de ruminant (EST(rum)<sup>MRS</sup>) : lignes 1 à 12.
- Les EST sporadiques de Porcs transmises aux Volailles et présentes dans des tissus/organes de Volailles (EST(Porc)<sup>Vol</sup>) : lignes 85 à 96.

La ligne 1, qui porte la valeur finale de 8, correspond à la situation où des ruminants seraient exposés à des EST de ruminants par l'intermédiaire de PAT produites à partir de MRS de ruminants non traités par la méthode 1 (stérilisation sous pression). Compte tenu de la réglementation actuelle, cette ligne n'a pas été retenue parmi les situations possibles. En revanche, la ligne 10, qui porte la valeur finale de 5, correspond à la situation où des porcs seraient exposés, par des contaminations croisées, à des PAT de porcs contenant des MRS de ruminants, traités par la méthode 1. Ce scénario fait partie des situations possibles.

On notera toutefois que, n'étant dépendante ni de l'organisation de la filière ni de la réglementation actuelle, la matrice constituée des 96 lignes/situations à risque constitue un outil d'évaluation intéressant pour envisager puis comparer différents scénarios au regard de la production et de l'utilisation des PAT, quelle que soit la réglementation et son évolution.

Danger	Caractérisation des dangers					Exposition aux dangers				N° de ligne
	Gravité du danger	Probabilité d'occurrence	Gravité du danger (ajustement 1)	Réduction de l'infectiosité (méthode 1)	Gravité du danger (ajustement 1 + 2)	Facteur espèce	Gravité du danger (ajustement 1 + 2 + 3)	Facteur mode d'exposition	Gravité du danger (final)	
EST(rum) <sup>MRS</sup>	9	tres probable	8	non	8	sans barrière d'espèce	8	exposition directe	8	1
						inter- espèce et espèce sensible	7	contamination indirecte	7	2
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	6	exposition directe	7	3
								contamination indirecte	6	4
								exposition directe	6	5
								contamination indirecte	5	6
				oui	7	sans barrière d'espèce	7	exposition directe	7	7
						inter- espèce et espèce sensible	6	contamination indirecte	6	8
								exposition directe	6	9
								contamination indirecte	5	10
								exposition directe	5	11
								contamination indirecte	4	12
EST(Porc) <sup>Vol</sup>	9	improbable	4	non	4	sans barrière d'espèce	4	exposition directe	4	85
						inter- espèce et espèce sensible	3	contamination indirecte	3	86
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	exposition directe	3	87
								contamination indirecte	2	88
								exposition directe	2	89
								contamination indirecte	1	90
				oui	3	sans barrière d'espèce	3	exposition directe	3	91
						inter- espèce et espèce sensible	2	contamination indirecte	2	92
								exposition directe	2	93
								contamination indirecte	1	94
								exposition directe	1	95
								contamination indirecte	0	96

Ces lignes correspondent à l'estimation de la gravité des dangers pour deux sources d'EST.

Les EST de ruminants présentes dans des MRS de ruminant (EST(rum)<sup>MRS</sup>) : lignes 1 à 12.

Les EST sporadiques de Porcs transmises aux Volailles et présentes dans des tissus/organes de Volailles (EST(Porc)<sup>Vol</sup>) : lignes 85 à 96.

Figure 10 : Extrait de la matrice présentant les lignes 1 à 12 ainsi que les lignes 85 à 96 de la méthode HR<sup>Prion</sup>

#### 2.4.4.2.2 Limites de la méthode

Cette méthode HR<sup>Prion</sup> de hiérarchisation des dangers et de classement des situations à risques ne permet pas de prendre en compte tous les paramètres qui conditionnent les risques associés aux différents dangers. De manière générale, les choix proposés résultent des difficultés rencontrées pour caractériser certains paramètres, qui sont par essence multifactoriels, car dépendant de l'EST considérée, de l'espèce exposée, des mécanismes de transmission par voie orale, de la quantité d'agent infectieux présent dans les PAT etc ...

En conséquence le GT a appliqué la stratégie suivante :

- non prise en compte de l'effet dose. Un ajustement plus précis impacterait principalement/uniquement les paramètres de transmission selon les EST et multiplieraient les scénarios théoriques.
- non prise en compte de l'effet souche d'EST. Un ajustement plus précis impacterait principalement la décote introduite par les étapes "réduction de l'infectiosité" et "facteur d'espèce".

Enfin, il faut souligner que l'échelle d'estimation de la gravité des dangers n'est pas une échelle quantitative, mais une échelle qualitative ordinale qui, par définition, ne se comporte pas de façon linéaire (la cotation 5 n'est pas 5 fois plus importante que la cotation 1).

#### 2.4.4.2.3 Application de la méthode aux scénarios de l'approche qualitative (2.4.4.1)

La matrice produite à l'aide de la méthode HR<sup>Prion</sup> a été utilisée pour estimer la gravité des dangers et dénombrer le nombre de situations à risque qui résulteraient d'une autorisation des PAT de porcs en alimentation des volailles et des PAT de volailles en alimentation des porcs, dans différentes hypothèses :

Sous l'hypothèse d'une spécialisation des usines de fabrication des PAT et de leur transport en amont (C3) et en aval (PAT) évoquée au 2.4.4.1, les scénarios suivants ont été explorés :

- Sc 1 : abattoirs et usines d'aliments non spécialisés par espèce animale (usine de PAT et transport amont /aval spécialisés),
- Sc 2 : usines d'aliments spécialisées par espèce animale (abattoirs non spécialisés, usine de PAT et transport amont /aval spécialisés),
- Sc 3 : abattoirs spécialisés par espèce animale (usine d'aliments non spécialisées, usine de PAT et transport amont /aval spécialisés),
- Sc 4 : abattoirs et usines d'aliments spécialisées par espèce animale (i.e. : de l'ensemble de la filière).

Pour les 4 scénarios proposés, les travaux de cotation ont été réalisés en 3 étapes selon la même méthodologie :

- Identification des dangers concernés pour chaque type d'abattoir,
- Estimation de la gravité de chaque danger. La gravité dépend du canal de sortie (C3 volaille ou C3 Porc, qui détermine la méthode de traitement subie par les PAT) et elle est déterminée à partir de la matrice produite *via* la méthode HR<sup>Prion</sup>
- Estimation de l'exposition aux dangers en fonction de l'espèce cible considérée (transmission intra- ou inter-espèce, à partir de la matrice produite *via* la méthode HR<sup>Prion</sup>).

Les 4 travaux de cotation sont proposés en annexe (annexes 5, 6, 7, 8).

Concernant le premier scénario proposé (Absence de spécialisation dans la filière, hormis fabrication et transport des PAT) et le deuxième scénario proposé (Spécialisation de la filière d'élaboration et de distribution des PAT et des usines d'aliments), il faut noter que le GT a considéré les configurations d'abattoir indépendamment de leur représentativité et de leur

fréquence sur le territoire national. Il incombe aux autorités de gestion de considérer la hiérarchisation qui suit, au regard du nombre d'abattoirs appartenant à ces catégories (par exemple, le cas extrêmement rare des abattoirs ruminants/volailles).

Le Tableau 2 présente un extrait du résultat obtenu dans l'hypothèse d'une autorisation des PAT de porcs en alimentation des volailles en l'absence de spécialisation dans la filière (hormis la fabrication et le transport des PAT) (scénario 1). Dans cet exemple, seule la cotation obtenue pour les abattoirs mixtes ruminants/porcs est proposée.

Ce tableau traduit le nombre de situations à risque théorique pouvant survenir à partir d'un abattoir mixte ruminants/porcs (ici au nombre de 15) et indique le niveau de gravité du danger pour chacune des situations (entre 1 et 6 sur une échelle de 0 à 8).

**Tableau 2 : Extrait du travail de cotation obtenu pour le scénario 1 (absence de spécialisation dans la filière, hormis fabrication et transport des PAT) - cas des abattoirs mixtes ruminants / porcs**

Situations	Danger	Canal de sortie	Caractérisation des dangers (décotes 1 + 2)	Espèce cible considérée	Gravité du danger (final)
Risques à partir d'un abattoir ruminants/Porcs	EST(rum) <sup>MRS</sup>	C3 porc	7	Porcs	5
		C3 porc		volailles	5
		C3 porc		Ruminants	6
	EST(rum) <sup>rum</sup>	C3 porc	6	Porcs	4
		C3 porc		volailles	4
		C3 porc		Ruminants	5
	EST(rum) <sup>porc</sup>	C3 porc	5	Porcs	4
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	4
	EST(Porc) <sup>porc</sup>	C3 porc	5	Porcs	4
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	3
	EST(Vol) <sup>porc</sup>	C3 porc	3	Porcs	2
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	1

#### 2.4.4.2.4 Résultats

Pour la présentation des résultats obtenus concernant les 4 scénarios proposés, deux types de données ont été considérés : le nombre de situations à risque et les valeurs des situations à risque (l'ensemble des situations à risque est présenté en annexe 5 à 8) obtenues sur l'échelle d'estimation de la gravité des dangers.

##### 2.4.4.2.4.1 Scénario 1 : abattoirs et usines d'aliments non spécialisés (usine de PAT et transport amont /aval spécialisés)

- Nombre de situations à risque

Dans le scénario 1, 84 situations à risque sont identifiées, comme indiquées dans le Tableau 3, où le nombre de situations à risque est présenté par type d'abattoir

Tableau 3 : Présentation du nombre de situations à risque / niveau de gravité dans le scénario 1.

Type d'abattoir	Nombre de situations à risques (total= 84 )	Valeur minimale de gravité	Valeur maximale de gravité
Mixte ruminants/volailles	15	2	7
Mixte ruminants/porcs	15	1	6
Mixte volailles/porcs	36	1	5
Spécialisé volailles	9	2	4
Spécialisé porcs	9	1	4

- Niveau de gravité pour les différentes situations à risques identifiées

- Distribution des niveaux de gravité par type d'abattoir

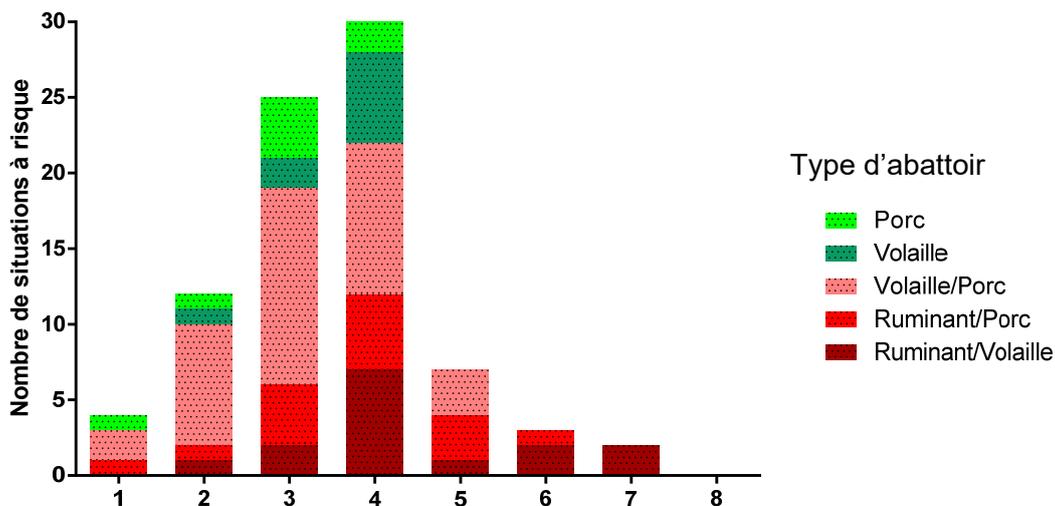


Figure 11 : Distribution des niveaux de gravité par type d'abattoir

En considérant la valeur maximale de gravité de chaque type d'abattoir, les abattoirs mixtes présentent le niveau de gravité le plus élevé et, dans un ordre décroissant : ruminants/volailles (gravité maximale = 7) > ruminants/porcs (gravité maximale = 6) > Volaille/porc (Gravité maximale = 5) (Figure 11).

- Distribution des niveaux de gravité par espèce :

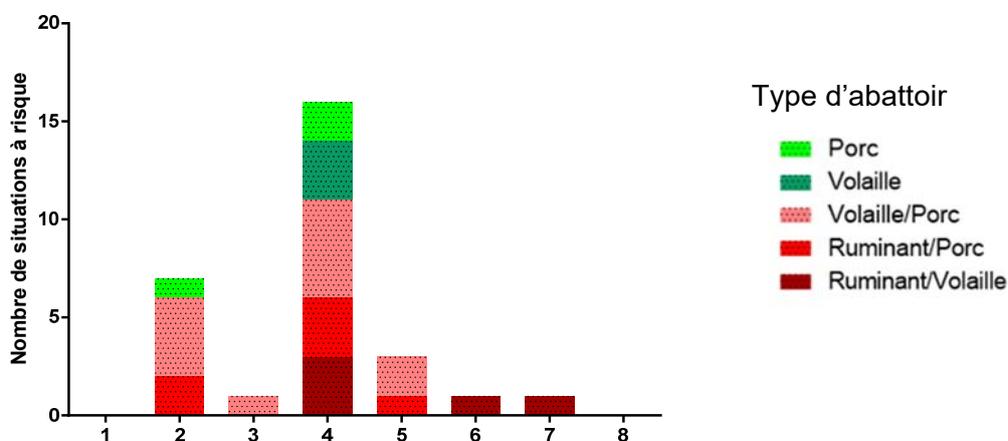


Figure 12 : Distribution des niveaux de gravité pour le porc

La valeur maximale de gravité pour le porc est de niveau 7, elle est issue de situations impliquant des abattoirs mixtes ruminants/volailles fournissant des C3 destinées à la fabrication de PAT destinées au porc. Dans un second temps on retrouve un niveau de gravité de 5 pour les abattoirs mixtes du type ruminant/porc ou volaille/porc fournissant des C3 destinées à la fabrication de PAT destinées au porc (Figure 12).

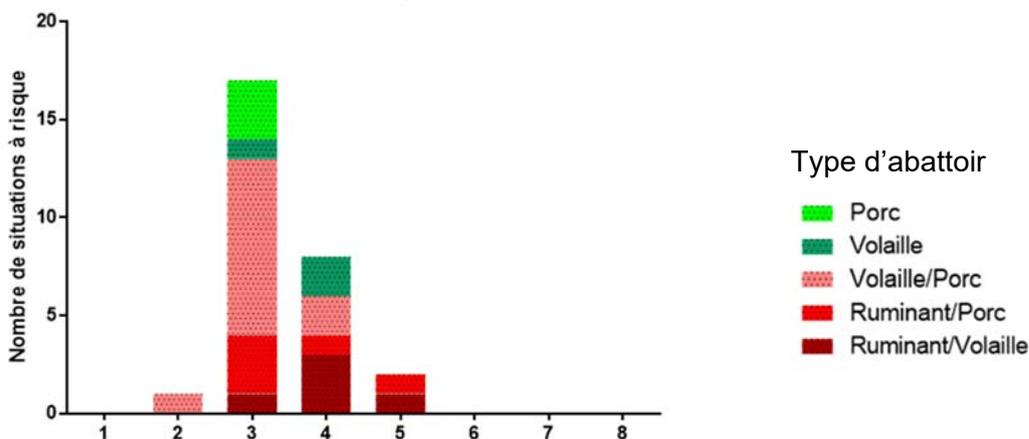


Figure 13 : Distribution des niveaux de gravité pour la volaille

La valeur maximale de gravité pour les volailles est de niveau 5, elle provient de situations impliquant des abattoirs mixtes ruminants/volailles et ruminants/porcs fournissant des C3 destinées à la fabrication de PAT destinées au volailles (Figure 13).

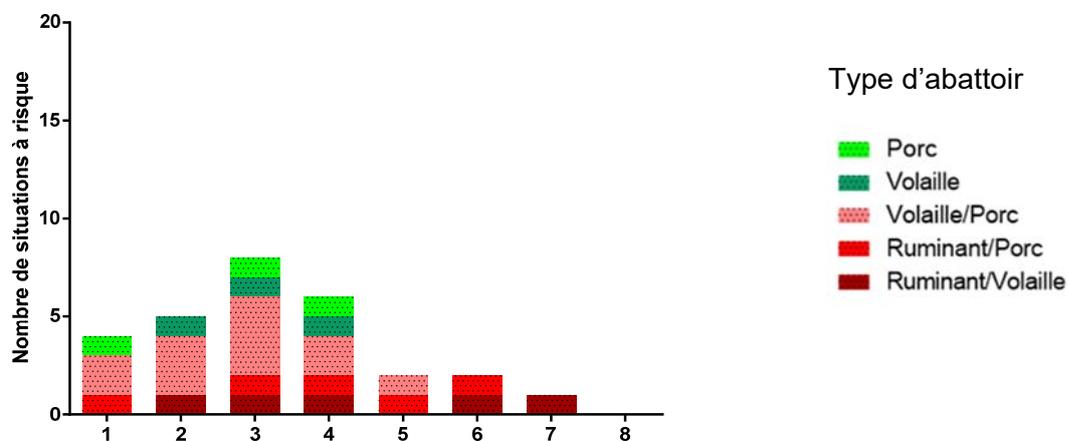


Figure 14 : Distribution des niveaux de gravité pour les ruminants

La valeur maximale de gravité pour les ruminants est de niveau 7, elle provient de situations impliquant des abattoirs mixtes ruminants/volailles. Dans un second temps on retrouve un niveau de gravité de 5 pour des scénarios impliquant les abattoirs mixtes du type ruminant/porc ou volaille/porc (Figure 14).

#### 2.4.4.2.4.2 Scénario 2 : Usines d'aliments spécialisées (abattoirs non spécialisés, usine de PAT et transport amont /aval spécialisés)

- Nombre de situations à risque

Dans le scénario 2, nous identifions 28 situations à risque, soit une diminution de 67% par comparaison au scénario 1, comme détaillé dans le Tableau 4. Le nombre de situations à risque est présenté par type d'abattoir.

Tableau 4 : Présentation du nombre de situations à risque et niveaux de gravités dans le scénario 2.

Type d'abattoir	Nb de situations à risques	Valeur minimale de gravité	Valeur maximale de gravité
Mixte ruminants/volailles	5	4	7
Mixte ruminants/porcs	5	3	5
Mixte volailles/porcs	12	2	5
Spécialisé volailles	3	4	4
Spécialisé porcs	3	3	3

- Niveau de gravité pour les différentes situations à risques identifiées

- Distribution des niveaux de gravité par type d'abattoir :

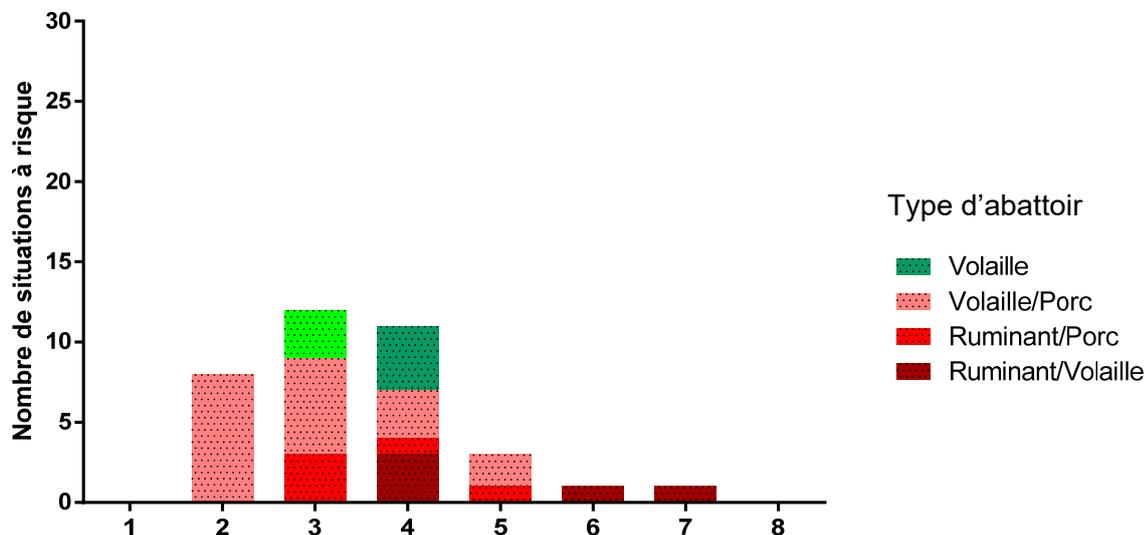


Figure 15 : Distribution des niveaux de gravité par type d'abattoir

En considérant la valeur maximale de gravité de chaque type d'abattoir, et par comparaison au scénario 1, les abattoirs mixtes ruminants/volailles présentent un niveau de gravité inchangé (7 sur l'échelle de 0 à 8).

Toutefois, dans ce scénario, et toujours par comparaison au scénario 1, la valeur maximale de gravité pour les abattoirs mixtes ruminants/porcs descend d'un niveau (6 → 5) et elle rejoint la valeur maximale de gravité observée dans les abattoirs volailles/porcs (Figure 15).

- Distribution des niveaux de gravité par espèce :

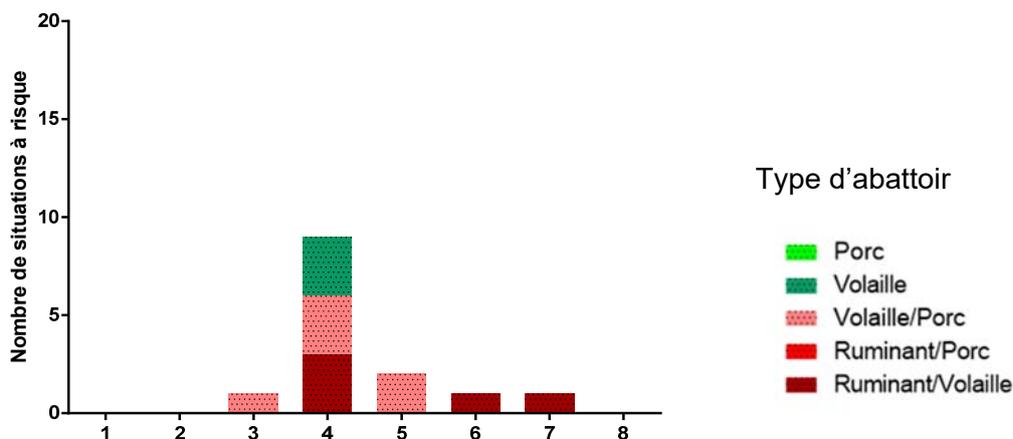


Figure 16 : Distribution des niveaux de gravité pour le porc

En considérant la valeur maximale de gravité de chaque type d'abattoir, par comparaison au scénario 1, on note un maintien de la valeur maximale à 7 (sur l'échelle de 0 à 8) (Figure 16).

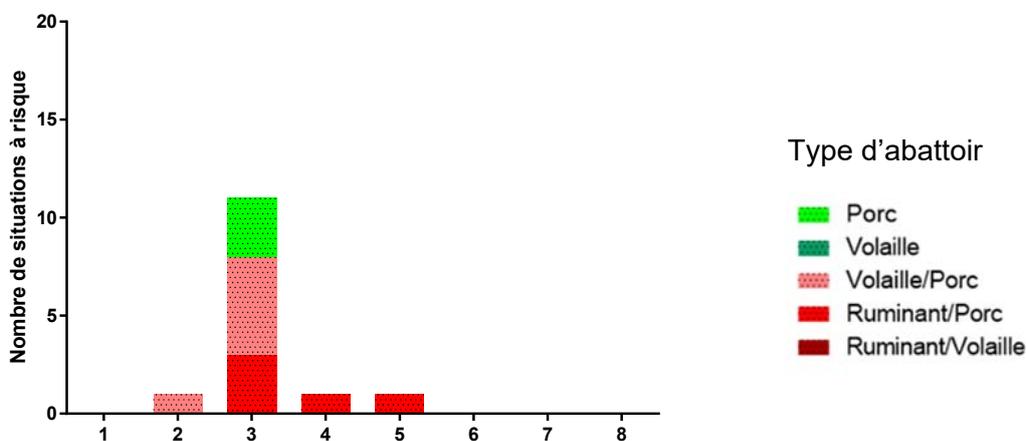


Figure 17 : Distribution des niveaux de gravité pour la volaille

En considérant la valeur maximale de gravité de chaque type d'abattoir, par comparaison au scénario 1, on note un maintien de la valeur maximale à 5 (sur l'échelle de 0 à 8) (Figure 17).

Par rapport au scénario 1, il n'y a plus aucune situation à risque pour les ruminants.

Dans le scénario 2, et par comparaison au scénario 1, les valeurs maximales de gravité au regard de l'EST considérée, sont inchangées pour 3 types d'abattoirs :

- Abattoirs mixtes ruminant/volaille
- Abattoirs mixtes volaille/porc
- Abattoirs spécialisés volaille

A l'inverse on observe une diminution des valeurs maximales de gravité d'un niveau pour l'ensemble des EST<sup>30</sup> possiblement présentes dans 2 types d'abattoirs :

- Abattoirs mixtes ruminant/porc
- Abattoirs spécialisés porc

#### 2.4.4.2.4.3 Scénario 3 : abattoirs spécialisés (usines d'aliments non spécialisées, usine de PAT et transport amont /aval spécialisés).

- Nombre de situations à risque

Dans le scénario 3, nous identifions 18 situations à risque, soit une diminution de 79% par comparaison au scénario 1, comme détaillé dans le Tableau 5. Le nombre de situations à risque est présenté par type d'abattoir.

<sup>30</sup> hors EST(vol)Porc : EST sporadiques de Volailles transmises aux Porcs et présentes dans des tissus/organes de Porcs

Tableau 5 : Présentation du nombre de situations à risque / niveau de gravité dans le scénario 3

Type d'abattoir	Nb de situations à risques	Valeur minimale de gravité	Valeur maximale de gravité
Spécialisé volailles	9	2	4
Spécialisé Porcs	9	1	4

- Niveau de gravité pour les différentes situations à risques identifiées

- Distribution des niveaux de gravité par type d'abattoir :

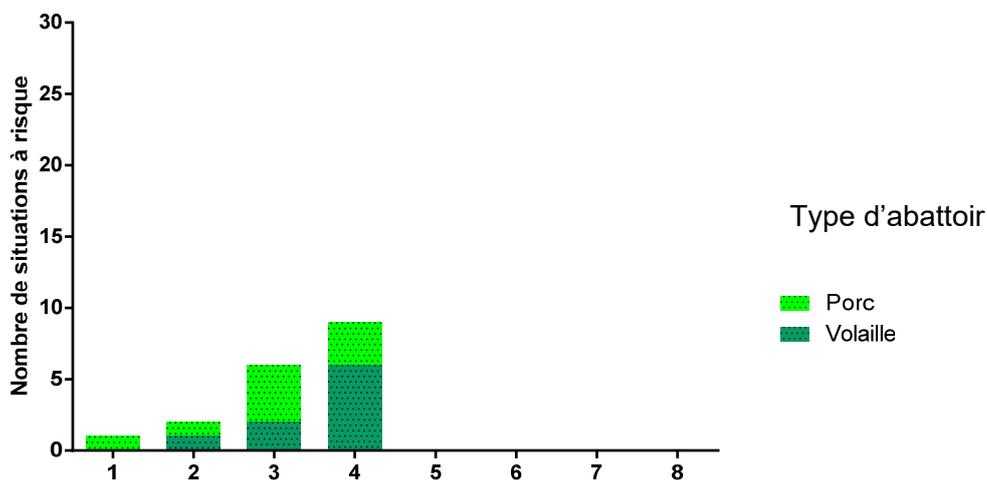


Figure 18 : Distribution des niveaux de gravité par type d'abattoir

En considérant la valeur maximale de gravité de chaque type d'abattoir, par comparaison au scénario 1, on observe une diminution de la valeur maximale de gravité qui passe de 7 à 4 (sur l'échelle de 0 à 8) (Figure 18).

- Distribution des niveaux de gravité par espèce :

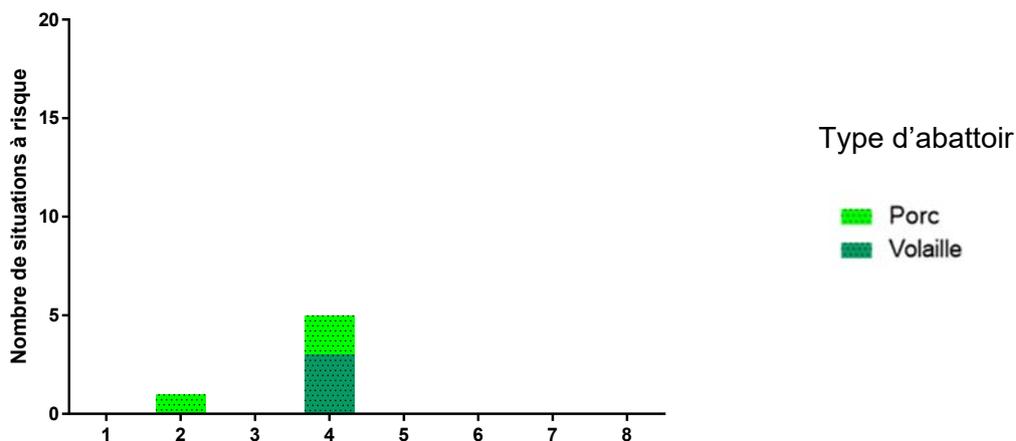


Figure 19 : Distribution des niveaux de gravité pour le porc

En considérant la valeur maximale de gravité pour le porc, par comparaison au scénario 1, on observe une diminution de la valeur maximale qui passe de 7 à 4 (sur l'échelle de 0 à 8)(Figure 19).

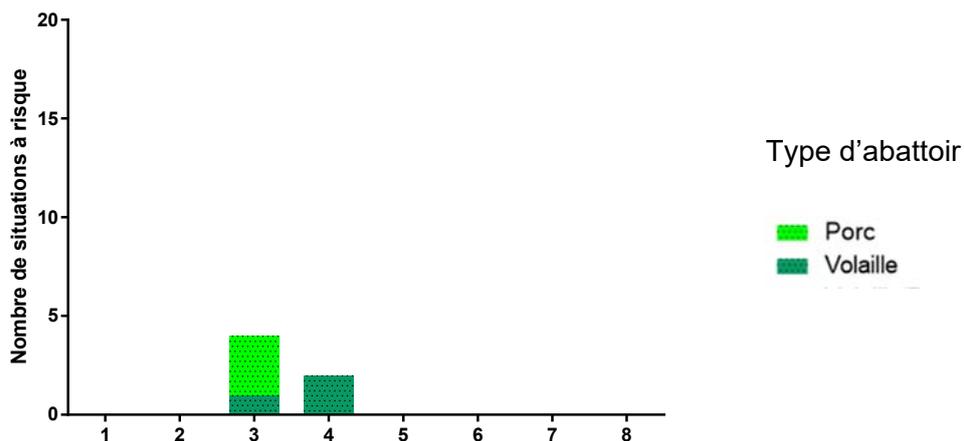


Figure 20 : Distribution des niveaux de gravité pour la volaille

En considérant la valeur maximale de gravité pour la volaille, par comparaison au scénario 1, on observe une diminution de la valeur maximale qui passe de 5 à 4 (sur l'échelle de 0 à 8) (Figure 20).

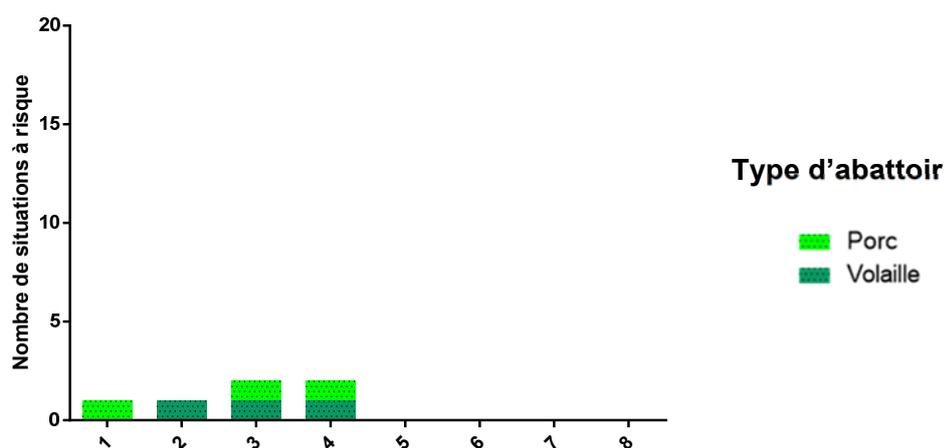


Figure 21 : Distribution des niveaux de gravité pour les ruminants

En considérant la valeur maximale de gravité pour les ruminants, par comparaison au scénario 1, on observe une diminution de la valeur maximale qui passe de 7 à 4 (sur l'échelle de 0 à 8) (Figure 21).

Dans le scénario 3 la valeur maximale de gravité est de 4 pour les trois espèces considérées. Par comparaison au scénario 1 on observe la disparition de l'ensemble des situations à risques provenant de tissus et/ou organes de ruminants.

#### 2.4.4.2.4.4 Scénario 4 : Abattoirs et usines d'aliments spécialisées (i.e. : de l'ensemble de la filière)

- Nombre de situations à risque

Dans le scénario 4, nous identifions 6 situations à risque, soit une diminution de 93% par comparaison au scénario 1, comme détaillé dans le Tableau 6. Le nombre de situations à risque est présenté par type d'abattoir.

Tableau 6 : Présentation du nombre de situations à risque / niveau de gravités dans le scénario 4.

Type d'abattoir	Nb de situations à risques	Valeur minimale de gravité [0-8]	Valeur maximale de gravité [0-8]
Spécialisé volailles	3	4	4
Spécialisé Porcs	3	3	3

- Niveau de gravité pour les différentes situations à risques identifiées

Dans le scénario, la valeur maximale de gravité est de 3 pour le porc (quelle que soit l'EST considérée), et de 4 pour la volaille (quelle que soit l'EST considérée). Il ne persiste que les risques « théoriques » intrinsèquement liés à l'autorisation des PAT de porcs en alimentation des volailles et réciproquement : ils sont uniquement liés aux hypothèses d'EST d'origine porcine ou de volailles formulées dans ce modèle.

Par comparaison aux autres scénarios, on note la disparition de l'ensemble des situations à risques impliquant les EST de ruminants ainsi que la disparition des situations à risque pour les ruminants. Ce scénario combine les avantages des scénarios 2 et 3.

## 2.5 Problématique de la boucle alimentaire

En dehors de tout risque de contamination croisée, le fait que l'on ne puisse pas exclure que le porc soit atteint d'une EST sporadique/spontanée spécifique, que la volaille pourrait le cas échéant porter et restituer via l'autorisation des PAT, pose la question d'un risque de recyclage de cette EST spécifique (Figure 22).

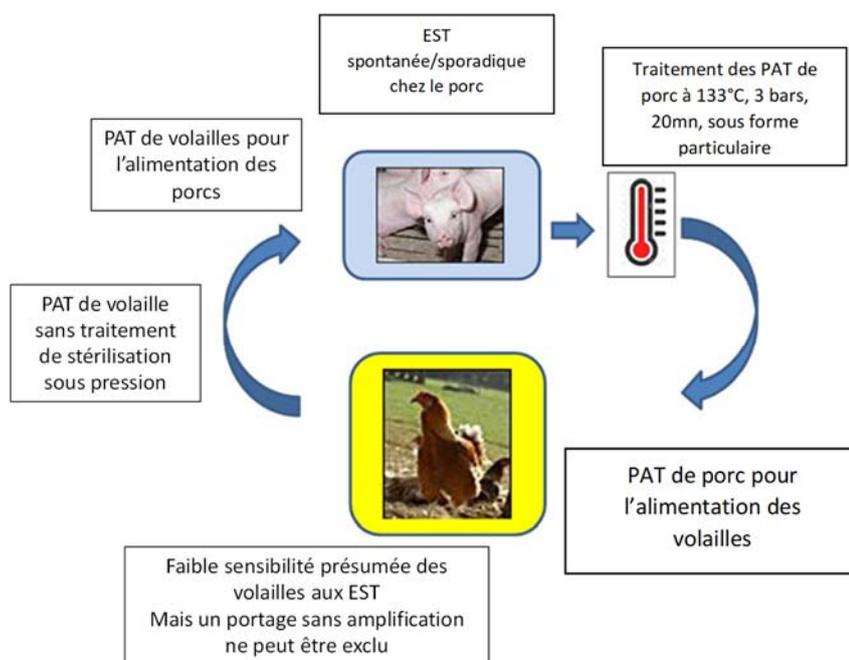


Figure 22: boucle alimentaire par le biais des PAT

Les experts considèrent, compte tenu de la faible sensibilité présumée des volailles aux EST, qu'un traitement thermique supplémentaire par stérilisation sous pression des PAT de volailles dans cette boucle alimentaire n'est pas justifié, dans l'état des connaissances aujourd'hui disponibles. Si des éléments scientifiques nouveaux advenaient quant à la sensibilité des volailles, ce résultat d'expertise serait à reconsidérer.

### Conclusions sur le risque d'EST lié aux conditions de fabrication, de stockage, de transport et d'utilisation des PAT :

Les conclusions formulées dans l'avis de 2011 en ce qui concerne l'existence de croisement de circuits sont toujours d'actualité, mais nécessitent d'être nuancées : différentes possibilités ou niveaux de contaminations peuvent encore aujourd'hui être identifiés sur la chaîne de production et d'utilisation des PAT. Néanmoins, il apparaît que le maillon de fabrication des PAT est le maillon le plus susceptible de spécialiser ses outils et ses transports en amont et en aval.

Il est peu probable que tous les abattoirs d'une part et les fabricants d'aliments composés d'autre part, spécialisent à terme leurs outils de leur propre initiative, pour permettre la séparation des circuits tout au long de la chaîne de fabrication et d'utilisation des PAT.

Des différents scénarios de l'analyse qualitative, il ressort que les risques potentiels d'EST proviennent de situations d'initiation d'EST de ruminants, mais également potentiellement d'autres espèces, (notamment le porc qui ne peut pas être considéré comme résistant aux EST), ces initiations étant ensuite amplifiées par les différentes situations où des contaminations croisées permettent le recyclage intra-espèce.

Le GT a proposé une méthode semi quantitative pour hiérarchiser, en fonction de leur gravité, les différents scénarios envisagés (spécialisation ou non par espèce des abattoirs ou de la fabrication d'aliments).

La démarche proposée (avec ses limites) a consisté à affecter un indice de gravité (sur une échelle ordinaire initiale de 0 à 8) à chaque type de danger d'EST, en fonction des étapes du process suivies par celui-ci, jusqu'à l'aliment composé pour animaux. Les différentes situations à risque ont été réparties, selon leur plausibilité, aux 4 scénarios envisagés : abattoirs et usines d'aliments non spécialisés (Sc1), usines d'aliments dédiées (Sc2), ou abattoirs spécialisés (Sc3), ou les deux filières spécialisées (Sc4), ces 4 scénarios étant associés systématiquement à une fabrication et un transport amont/aval des PAT spécialisés. Chaque scénario peut ainsi rassembler plusieurs situations à risque, chacune ayant un indice calculé de gravité, ces 2 éléments (nombre de situations et indices de gravité respectifs) ont constitué les indicateurs de risque associés à chaque scénario spécifique.

L'analyse de ces différents scénarios, met en évidence que les indicateurs de risque sont les plus élevés pour le scénario 1 puis diminuent au fil des scénarios pour être le plus faibles au scénario 4.

Les abattoirs mixtes présentent les niveaux de gravité les plus élevés, particulièrement lorsque les PAT sont issues de sous-produits collectées dans des abattoirs ruminants/volailles puis viennent les abattoirs ruminants/porcs et enfin volailles/porcs. Néanmoins le nombre de situations à risque le plus élevé concerne les abattoirs mixtes volailles/porcs puis ruminants/volailles et enfin volailles/porcs.

Le modèle suggère qu'une collecte des sous-produits uniquement en abattoir spécialisé entraîne une diminution plus importante des 2 indicateurs de risque par rapport à un scénario n'envisageant que la spécialisation des usines d'aliments (scénario 3 vs scénario 2).

Quand toute la chaîne de fabrication et d'utilisation des PAT (de la collecte des matières sous-produits jusqu'à la livraison en élevage des aliments composés) est spécialisée (scénario 4), les deux indicateurs de risque sont les plus faibles. Le GT souligne donc l'importance de tout mettre en œuvre pour éviter la survenue de contaminations croisées tout au long de la filière.

Le GT souligne qu'une erreur de distribution d'aliment dans un élevage multi-espèce, peut représenter un risque d'initiation d'EST, mais qui ne sera pas amplifiée au niveau de l'élevage. Seul le recyclage répété par la filière de fabrication des PAT et d'aliments pour animaux pourra conduire à une amplification.

Enfin, en dehors de toute contamination croisée, le risque de recyclage d'une EST sporadique/spontanée éventuelle chez le porc, par la boucle alimentaire provoquée par l'autorisation des PAT de porcs en alimentation des volailles et des PAT de volailles en alimentation des porcs, peut être limité dès lors que les PAT de porcs sont bien produites par la méthode de stérilisation sous pression (méthode 1). Les

**experts considèrent, compte tenu de la faible sensibilité présumée des volailles aux EST, qu'un traitement par la méthode 1 des PAT de volailles n'est pas proportionné au risque, dans l'état des connaissances aujourd'hui disponibles. Si des éléments scientifiques nouveaux advenaient quant à la sensibilité des volailles, ce résultat d'expertise serait à reconsidérer.**

**Ainsi, la séparation des sites et des circuits de production (par espèces), de l'abattoir jusqu'à la livraison en élevage, associée à des moyens de contrôle et de traçabilité permettraient de limiter d'éventuels phénomènes d'amplification des EST par des recyclages intra-espèces fortuits.**

### 3 Dangers/risques associés aux PAT d'insectes pour l'alimentation des porcs et des volailles

Dans un avis précédent de l'Agence (Anses, 2015), un premier état des lieux des dangers liés à la consommation d'insectes par l'animal d'élevage ou l'homme avait été réalisé, alors qu'aucune espèce d'insecte n'était encore autorisée dans la législation européenne, aussi bien pour l'alimentation humaine qu'animale. L'actualisation de cet avis a donc consisté :

- à cibler l'expertise sur les 7 espèces réglementairement autorisées aujourd'hui, à savoir, d'après le règlement (UE) 142/2011 :
  - (i) diptères :
    - mouche soldat noire (Black Soldier Fly-*Hermetia illucens*)
    - mouche domestique (Common Housefly-*Musca domestica*)
  - (ii) coléoptères :
    - ténébrion meunier (ver de farine -Yellow Mealworm-*Tenebrio molitor*)
    - petit ténébrion mat (Lesser Mealworm-*Alphitobius diaperinus*)
  - (iii) orthoptères :
    - grillon domestique (House cricket-*Acheta domesticus*)
    - grillon domestique tropical (Banded cricket -*Gryllodes sigillatus*)
    - grillon des steppes (Field Cricket-*Gryllus Assimilis*).
- à considérer également *Bombyx mori*, susceptible d'être ajouté ultérieurement à cette liste ;
- à circonscrire la recherche bibliographique sur la période 2014-2020, compte tenu des recherches déjà effectuées pour l'avis Anses 2015
- à réaliser l'évaluation de risque en se plaçant dans le contexte de l'alimentation animale des animaux d'élevage, dont les insectes font partie et qui interdit notamment l'utilisation de certains sous-produits animaux (règlements (CE) n°999/2001, n° 1069/2009, 767/2009).

Dans le temps imparti, le GT n'a pu recueillir d'informations complémentaires sur les procédés employés pour la fabrication des PAT d'insectes à destination des porcs et des volailles. Il a donc considéré ceux évoqués dans le précédent avis (Anses 2015a) et ceux décrits dans la littérature scientifique (Kooh *et al.* 2020).

Un exemple de diagramme de fabrication est présenté Figure 23.

il convient de distinguer les étapes suivantes :

- Reproduction et élevage : cette étape est destinée à la production d'œufs/larves qui seront ensuite élevées. Ces étapes se déroulent en claustration, mais en général dans des bacs ouverts, le plus souvent en matière plastique. Les insectes sont élevés sur (dans) leur substrat alimentaire ;
- L'abattage et la récolte : 3 méthodes sont utilisées pour l'abattage : la congélation, le broyage et l'ébouillantage. La séparation des larves et du frass<sup>31</sup> est réalisée par tamisage .

La transformation et le conditionnement des produits. Les produits sont soit des larves séchées (lyophilisées) entières, soit des huiles obtenues par pression et des matières riches en protéines présentées sous forme de farine

<sup>31</sup> Issu des élevages d'insectes, le frass est composé de leurs déjections, de leurs mues et de quelques résidus issus de leur alimentation.

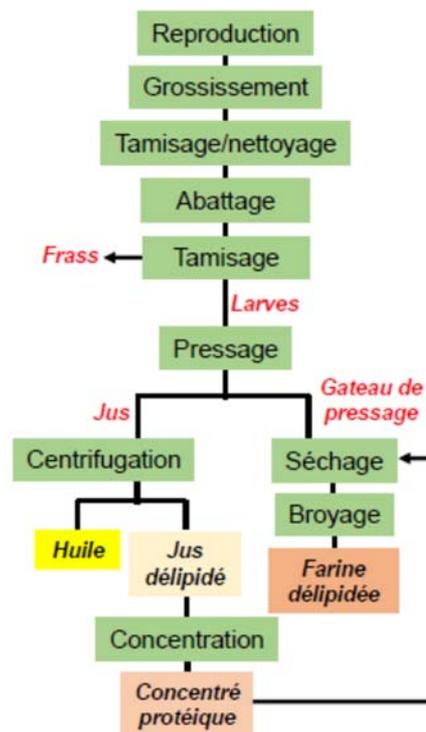


Figure 23 : Représentation schématique du processus de production de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux à base d'insectes comestibles (adapté de mezdour 2017 ).

## 3.1 Dangers biologiques

### 3.1.1 Prion et insectes

Le précédent avis de l'Anses évoquait l'hypothèse que des insectes puissent servir de réservoir ou de vecteur aux prions comme le suggérait une ancienne publication concernant des acariens prélevés dans une exploitation atteinte de tremblante (Wisniewski *et al.* 1996). Des bio-essais avaient également été réalisés en laboratoire à partir de pupes d'insectes (*Sarcophaga carnaria*), ayant ingéré des éléments de système nerveux central infectieux. Des hamsters nourris expérimentalement avec ces insectes ont par la suite développé la tremblante (Post *et al.* 1999). Il existe assez peu d'études complémentaires sur le sujet.

Des drosophiles transgéniques exprimant la PrP de différents mammifères, notamment provenant du mouton, de la souris ou du hamster, ont été créées (Thackray, Andreoletti, et Bujdoso 2016, Thackray *et al.* 2014, Thackray, Andreoletti, et Bujdoso 2018b, a, Thackray *et al.* 2020, Thackray, Muhammad, *et al.* 2012, Gavin *et al.* 2006, Fernandez-Funez *et al.* 2009). Leurs travaux montrent que l'infection par voie orale des larves transgéniques peut conduire à des désordres neurologiques en moins de 40 jours. Les drosophiles accumulent également de l'infectiosité, telle que détectable par bioessai chez des souris transgéniques ou par amplification acellulaire (PMCA). Les drosophiles non transgéniques n'accumulent pas de quantité détectable de prions (Thackray, Andreoletti, et Bujdoso 2018b).

Ces auteurs et d'autres ont également montré que l'expression chez la drosophile transgénique de formes mutées de la PrP humaine pouvait conduire à l'accumulation de formes repliées de PrP et à une dégénérescence neuronale (Thackray *et al.* 2017, Gavin *et al.* 2006).

Au final les nouveaux travaux ne concernent pas les espèces d'insectes autorisées par le règlement mais des modèles expérimentaux transgéniques d'insectes utiles dans la compréhension des mécanismes des maladies à prion. Quant au rôle de vecteurs potentiels précédemment évoqués pour les insectes, il ne peut être davantage objectivé qu'en 2015. Les experts soulignent qu'il est important de proscrire dans l'alimentation des insectes d'élevage toute matière première susceptible de contenir de l'infectiosité prion. Les matières premières utilisées pour l'alimentation des insectes d'élevage doivent respecter la réglementation actuelle sur l'alimentation animale citée en préambule.

### 3.1.2 Bactéries, virus et parasites

Les experts ont réalisé une identification des dangers microbiologiques associé aux PAT d'insectes à destination de l'alimentation des porcs et des volailles.

#### 3.1.2.1 Identification des dangers

##### 3.1.2.1.1 *Dangers associés aux élevages de porcs et volailles*

Le GT a utilisé les données de l'avis de l'Anses de Juin 2012 sur la hiérarchisation de 103 maladies animales présentes dans les filières ruminants, équidés, porcs, volailles et lapins en France métropolitaine ((Anses 2012), voir annexe 10). Les dangers avérés pour porcs et volailles et pour lesquels la contamination des animaux se produit par voie digestive ont été identifiés (Tableau 7).

**Tableau 7 : Tri des dangers associés aux élevages de porcs et volailles**

103 dangers « santé animale » (Anses, 2012)		103 dangers « santé animale » (Anses, 2012)	
<b>Tri « Porcs »</b>		<b>Tri « volailles »</b>	
20 dangers porcs		23 dangers volailles	
<b>Tri « contamination par voie digestive »</b>		<b>Tri « contamination par voie digestive »</b>	
Dangers	Maladies	Dangers	Maladies
<i>Salmonella</i>	<i>Salmonellose</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Portage salmonelles</i>
Virus de la Peste Porcine Africaine	PPA	<i>Virus Influenza Aviaire</i>	<i>Infuenza aviaire</i>
Virus de la Peste Porcine Classique	PPC	<i>Virus de la maladie de Newcastle</i>	<i>Maladie de Newcastle</i>
<i>Brucella suis</i>	<i>Brucellose</i>	<i>Clostridium botulinum</i>	<i>Botulisme</i>
<i>Streptococcus suis</i>	<i>Streptococcie</i>	<i>Salmonella Gallinarum Pullorum</i>	<i>Salmonellose</i>
<i>Escherichia coli</i>	<i>Colibacillose</i>	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	<i>Rouget</i>
<i>Trichinella spiralis</i>	<i>Trichinellose</i>	<i>Pasteurella multocida</i>	<i>Choléra</i>
Virus de l'Hépatite E		<i>Escherichia coli</i>	<i>Colibacillose</i>
Leptospires	<i>Leptospirose</i>	<i>Histomonas meleagridis</i>	<i>Histomonose</i>
Circovirus Porcin	<i>Circovirose</i>	<i>Coccidies</i>	<i>Coccidiose</i>
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	<i>Rouget</i>	<i>Campylobacter sp.</i>	<i>Portage Campylobacter</i>
Brachyspires	<i>Dysenterie</i>	<i>Virus de la Peste du Canard</i>	<i>Peste du canard</i>
<i>Lawsonia intracellularis</i>	<i>Adénomatose</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Entérite nécrotique</i>
		<i>Virus de la Maladie de Gumboro</i>	<i>Maladie de Gumboro</i>

### 3.1.2.1.2 Dangers significatifs associés aux insectes destinés à la consommation humaine.

En complément des dangers avérés pour les porcs et les volailles, les experts ont repris les dangers associés aux insectes sélectionnés dans une précédente étude (Kooch *et al.* 2020) consacrée entre autres à l'analyse des dangers microbiologiques pour la consommation humaine de produits fabriqués à base de *Tenebrio molitor*. Cette étude a permis l'identification, à partir d'une liste longue de dangers biologiques potentiels, de dangers significatifs : c'est-à-dire des dangers devant faire l'objet de mesures de maîtrise spécifiques supplémentaires pour assurer la sécurité du produit, les autres dangers étant considérés comme gérés par les bonnes pratiques d'hygiène générales.

Il s'agit de :

- *Clostridium botulinum*
- *Cronobacter spp.*,
- *Listeria monocytogenes*,
- *Salmonella spp*
- *Clostridium perfringens*
- *Bacillus cereus*,
- *Staphylococcus aureus*,
- *E Coli* entéropathogène (STEC dans le cas de l'étude citée ci-dessus),
- *Yersinia spp*<sup>32</sup>.

Ces dangers et ceux identifiés dans le paragraphe précédents (porcs/volailles) constituent la liste des dangers potentiels que les experts ont ensuite hiérarchisés.

## 3.1.2.2 Hiérarchisation des dangers

### 3.1.2.2.1 Méthodologie

La hiérarchisation proposée est fondée d'une part sur la sévérité des dangers vis-à-vis des porcs et des volailles, et d'autre part sur la prise en compte d'un indice de « vraisemblance » de la présence de ces dangers dans les PAT d'insectes.

Cet indice de vraisemblance est lui-même le produit de deux critères :

- un critère réservoir (R)

Il est le reflet de la présence raisonnablement prévisible pendant les phases d'élevages des insectes ou dans l'environnement de production de leurs PAT.

L'estimation des valeurs de cotation a été faite, à dire d'experts, sur la base des informations disponibles (fiches de dangers biologiques transmissibles par les aliments de l'Anses<sup>33</sup>, de précédents avis, de revues de la littérature sur les insectes : (Garofalo *et al.* 2019, Kooch *et al.* 2020, Kooch *et al.* 2019)) et des connaissances sur les modalités d'élevage des insectes : un micro-organisme à réservoir hydro-tellurique reçoit ainsi une note de 5, il reçoit une note de 1 quand il est lié à un réservoir animal. La note de 3 est donnée pour les micro-organismes de nature ubiquitaire sans réservoir hydro-tellurique.

<sup>32</sup> Les experts ont souhaité ajouter *Yersinia spp.* à la liste du fait de sa pertinence au regard de la filière porcine

<sup>33</sup> <https://www.anses.fr/fr/content/fiches-de-dangers-biologiques-transmissibles-par-les-aliments>

- Un critère persistance P :

Il est le reflet la capacité des micro-organismes à survivre au cours de l'élevage des insectes et la production des PAT.

L'estimation de la cotation de ce critère a été faite en utilisant la règle suivante :

- les bactéries sporulées (ou formes enkystées ou produisant une toxine thermostable) reçoivent une note de 5 (IP=5)
- les dangers réputés « fragiles » reçoivent une note de 1 (P=1)
- les salmonelles ou « salmonelles-like » reçoivent une note de 3 (IP=3).

Au final, IVrai = (R°) \*(P)

- l'indice de Sévérité (ISev) ,

Le GT a utilisé les scores de l'avis de l'Anses de Juin 2012 sur la hiérarchisation de 103 maladies animales présentes dans les filières « ruminants », équidés, porcs, volailles et lapins en France métropolitaine. (Anses 2012). Ces valeurs étaient exprimées sur une échelle de 0 à 250 pour les porcs et de 0 à 450 pour les volailles<sup>34</sup>. Il a donc fallu convertir ces valeurs de sévérité au regard de l'échelle à 3 cotations utilisée dans ce présent avis : 1 ; 3 ou 5

Sur la base de cette hiérarchisation et en considérant les groupes de dangers sanitaires qui se sont dessinés par la notation (voir graphique de l'annexe 10), les experts ont appliqué la règle suivante :

- Pour les porcs :
  - les dangers dont le score (de l'avis de l'anses 2012) est supérieur à 100 reçoivent une note de 5
  - les dangers dont le score est compris entre 65 et 99 reçoivent une note de 3
  - les dangers dont le score est inférieur à 65 reçoivent une note de 1
- Pour les volailles :
  - les dangers dont le score est supérieur à 121 reçoivent une note de 5
  - les dangers dont le score est compris entre 73 et 120 reçoivent une note de 3
  - les autres dangers reçoivent une note de 1

L'indice de vraisemblance est ensuite multiplié par l'indice de sévérité (ISev) des dangers pour obtenir une note de risque du danger permettant la hiérarchisation

Note de Risque = (IVrai) \* (ISev)

#### 3.1.2.2.2 Résultats :

Les Tableau 8 et Tableau 9 présentent les notes de risque pour les porcs et volailles. Les dangers biologiques sont classés par ordre décroissant de la note de risque. Pour certains dangers, deux valeurs d'indice de persistance ou de réservoir peuvent être indiquées, reflétant l'incertitude des experts à leur affecter une cotation.

<sup>34</sup> Les scores sont obtenus par la compilation des notes attribuées aux différents sous-critères utilisés dans la méthode de hiérarchisation Anses 2012. Ainsi, le score maximum obtenu pour les dangers sanitaires des porcs n'est pas forcément le même que le score maximum obtenu pour les dangers sanitaires des volailles.

Tableau 8 : calcul de la note de risque pour les porcs

Dangers biologiques pour le porc	Critère Réservoir (Res)	Critère Persistance (IP)	Indice de Vraisemblance (IVrai)	Indice de Sévérité (ISev)	Note de Risque
<i>Salmonella</i>	3	3	9	5	45
<i>Brucella suis</i> (Brucellose)	3	3	9	5	45
Circovirus Porcin (Circovirose)	3	1 ou 3	3 ou 9	3	9 ou 27
<i>Escherichia coli</i> (colibacillose)	3	3	9	3	27
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> (Rouget du porc)	3	3	9	3	27
<i>Clostridium. perfringens</i>	5	5	25	1	25
<i>Bacillus cereus</i>	3 ou 5	5	15 ou 25	1	15 ou 25
<i>Clostridium.botulinum</i> (botulisme)	3	5	15	1	15
Virus de la PPA	1	3	3	5	15
HEV	1 ou 3	1	1 ou 3	3	3 ou 9
<i>Streptococcus suis</i> (Streptococcie porcine)	1	3	3	3	9
<i>Yersinia spp.</i>	1	3	9	1	9
<i>Cronobacter spp.</i>	5	3	9 ou 15	1	9 ou 15
<i>Listeria . monocytogenes</i>	3	3	9	1	9
Virus de la PPC	1	1	1	5	5
<i>Trichinella spiralis</i> (Trichinellose porcine)	1	1	1	3	3
Leptospires (Leptospirose porcine)	1	1	1	3	3
<i>Staphylococcus aureus</i>	3	1	3	1	3
<i>Campylobacter spp.</i>	1	1	3	1	3
Brachyspires (Dysenterie du porc)	1	1	1	1	1
<i>Lawsonia intracellularis</i> (Adénomatoose intestinale du porc)	1	1	1	1	1

Tableau 9 : Calcul de la note de risque pour les volailles

Dangers biologiques pour la volaille	Critère Réservoir (R)	Critère Persistance (P)	Indice de Vraisemblance (IVrai)	Indice de Sévérité (ISev)	Note de Risque
<i>Clostridium botulinum</i> (Botulisme)	5	5	25	5	125
<i>Clostridium Perfringens</i> (Entérite nécrotique)	5	5	25	3	75
Coccidies (Coccidiose)	3	3 ou 5	9 ou 15	3	27 ou 45
<i>Salmonella Gallinarum Pullorum</i>	3	3	9	5	45
Erysipelothrix rhusiopathiae (Rouget)	3	3	9	5	45
<i>Escherichia coli</i> Colibacilloses	3	3	9	5	45
Virus de la Peste du canard	3	1 ou 3	3 ou 9	3	3 ou 27
<i>Bacillus cereus</i>	3 ou 5	5	15 ou 25	1	15 ou 25
<i>Cronobacter spp.</i>	3 ou 5	3 ou 5	9 ou 25	1	25
Pestes & gripes	1	1 ou 3	1 ou 3	5	5 ou 15
Bursite inf.	1	1 ou 3	1 ou 3	3	3 ou 9
<i>Listeria. monocytogenes</i>	3	3	9	1	9
<i>Pasteurella multocida</i> Cholera aviaire	1	1	1	5	5
histomonose	1	1	1	3	3
<i>Campylobacter spp.</i>	1	1	1	3	3
<i>Staphylococcus. aureus</i>	3	1	3	1	3
<i>Yersinia spp.</i>	1	1	1	1	1

### 3.1.2.3 Discussions et recommandations

Il incombe aux producteurs de PAT d'insectes de réaliser une analyse des dangers au regard de leur propre process et de sélectionner les dangers significatifs pour la sécurité de leur produit par exemple par la fixation d'un cut-off pour la note de risque ou tout autre méthode justifiée. La maîtrise de ces dangers significatifs sera obtenue sur une base de Bonnes Pratiques Hygiéniques et, de surcroît, par la mise en œuvre de mesures de maîtrise spécifiques. Néanmoins le GT attire l'attention sur les dangers à indice de risque élevé de cette cotation

- pour les porcs : *Salmonella*, *Brucella*, *E. Coli*, *circovirus*, *agent du rouget*
- pour les volailles : *Salmonella*, *Clostridium botulinum*, *agent du rouget*, *E. coli*, *coccidies*, *virus de la peste du canard*, *Clostridium perfringens*

En effet :

- *Clostridium botulinum* de type C et D présente un indice de 125 et une résistance à la chaleur sous forme de spore (Valeur D à 103°C = 0,89) (Segner et Schmidt 1971). Dans l'état actuel des connaissances des experts sur les processus de fabrication de farines d'insectes, il est raisonnable de penser que ce danger, sous forme de spores, ne sera pas suffisamment maîtrisé par le processus de fabrication des farines d'insectes (en prenant en compte un abattage par ébouillantage de 5 min (température inférieure à 100 °C) et un séchage long mais mettant en œuvre une température insuffisante pour éliminer les spores).
- De même, les coccidies dont la forme ookyste est très résistante, notamment à la chaleur, pourraient résister au traitement connu de fabrication des PAT d'insecte.

Remarques plus générales :

- Les déjections animales semblent être les réservoirs principaux de beaucoup de ces dangers. Le GT rappelle que la présente évaluation se place dans le contexte où les élevages d'insectes doivent respecter la réglementation actuelle sur l'alimentation des animaux d'élevage producteurs de denrées alimentaires (par exemple, l'interdiction de l'utilisation de matières premières C2<sup>35</sup> pour leur alimentation). Un point de vigilance sur le maintien de cette réglementation, notamment vis-à-vis des substrats utilisés pour l'élevage des insectes est nécessaire.
- En complément des bonnes pratiques d'hygiène, l'application d'un traitement par la chaleur suffisant pour la maîtrise des dangers biologiques thermorésistants potentiellement associés aux insectes est un des points critiques des procédés.

#### 3.1.2.4 Remarques sur la méthode de traitement des PAT d'insectes

D'après les discussions avec les auteurs de la saisine, la « méthode 7 » prévue par la règlement (CE) 142/2011 est utilisée pour la production des PAT d'insectes. Comme mentionné en annexe 2, cette « méthode 7 » désigne en fait « *tout procédé devant être autorisé par l'Autorité compétente et devant avoir fait l'objet d'une analyse des dangers et de sa capacité à les maîtriser* ». Des critères microbiologiques sont par ailleurs prévus, sur le produit final pendant 30 jours de production (absence de *Clostridium perfringens* dans 1 g, absence de *Salmonella* dans 25 g, et pour les *Enterobacteriaceae*, un plan d'échantillonnage à 3 classes pour lequel n=5, c=2, m=10 ; M=300 dans 1 g de produit<sup>36</sup>).

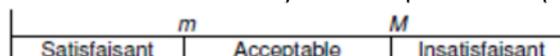
**La proposition de critères plus adaptés à la production de PAT d'insecte ne faisait pas partie des missions du GT Feedban, ce travail nécessiterait des travaux d'expertise et de recherche supplémentaires pour les valider, cependant les experts ont émis quelques remarques sur les critères.**

- S'agissant de *Salmonella* l'absence de ce danger dans 25 g n'appelle aucun commentaire du GT et ce critère reste pertinent.
- S'agissant de *C. Perfringens* : ce critère par rapport aux cibles (Porcs et volailles) semble pertinent (entérite nécrotique chez les volailles). Néanmoins la pertinence de la prise d'essai de 1 g pour ce critère mériterait d'être vérifiée pour ces nouvelles PAT d'insectes.

<sup>35</sup> Les matières de catégories 2 sont définies à l'article 9 du règlement (CE) 1069/2009, elles comprennent notamment le lisier, le guano et le contenu de l'appareil digestif.

<sup>36</sup> Dans un échantillonnage à trois classes, les unités d'échantillon présentant un nombre de microorganismes inférieur à *m* sont considérées comme satisfaisantes ou de bonne qualité. Les unités présentant un nombre entre *m* et *M* sont jugées comme étant de qualité acceptable, et les unités renfermant plus de *M* microorganismes sont insatisfaisantes. Le plan à trois classes rejette un lot : - si une seule unité d'échantillon présente une concentration supérieure à *M* ; - ou si le nombre d'unités d'échantillon de qualité acceptable est supérieur à *c*. (Afssa 2008)

Plan d'échantillonnage  
à 3 classes



- S'agissant des *Entérobactéries*, le plan à 3 classes de résultats du règlement est intéressant d'un point de vue hygiénique. Toutefois, du point de vue de la santé animale, les colibacillooses du porc ont un indice de risque de 27 et la colibacillose aviaire, un indice de risque de 45. Il s'agit bien sûr, dans les deux cas, d'*E. coli* particuliers mais l'intérêt d'un critère alternatif ou supplémentaire relatif aux seuls *E. Coli* mériterait d'être étudié.

**D'une façon générale l'analyse des dangers que le professionnel doit mener et l'autorisation du procédé par les autorités compétentes restent cruciales vis-à-vis de la sécurité du produit.**

## 3.2 Dangers chimiques

### 3.2.1 Mycotoxines (dangers chimiques d'origines biologiques)

#### 3.2.1.1 Ténébrion meunier (*Tenebrio molitor*)

##### 3.2.1.1.1 Zéaralénone, Ochratoxine A (OTA) et toxines T-2 HT-2

L'une des premières études visant à déterminer si les larves d'insectes élevées sur un substrat contaminé pouvaient retenir des mycotoxines, est celle de (Van Broekhoven *et al.* 2014). Dans cette étude, des larves de *Tenebrio molitor* ont été élevées pendant 28 jours avec du son de blé pur, l'aliment étant contaminé artificiellement avec de la Zéaralénone (ZEA) ou de l'Ochratoxine A (OTA) ou de la toxine T-2, à raison de 500 µg/kg. Une partie de la population a été analysée pour déterminer la concentration en mycotoxines directement après la récolte, tandis qu'une autre partie était alimentée pendant 72 h avec un aliment témoin non contaminé et qu'une troisième partie était mise à jeun pendant 72 h. De faibles concentrations en mycotoxines ont été détectées dans les larves, ce qui montre qu'elles n'accumulent pas les mycotoxines sous leurs formes non métabolisées. Les teneurs trouvées dans les larves de *Tenebrio molitor* directement après la récolte étaient de 42 µg de ZEA / kg de poids sec et 45 µg de toxine T-2 / kg de poids sec. Les concentrations dans les larves ayant jeûné ou ayant consommé les aliments témoins étaient sous la limite de détection (i.e. 2 µg/kg pour ZEA et T-2, et 1 µg/kg pour OTA). Ainsi, la recommandation des auteurs pour un élevage industriel d'insectes serait de suivre une période de jeûne d'au moins 24 h avant la récolte.

Récemment, (Niermans *et al.* 2019) ont étudié l'impact de la ZEA et sa conversion métabolique chez les larves de *Tenebrio molitor*. Deux durées d'exposition ont été testées : 28 jours et 56 jours. Les larves ont été nourries avec de la farine de blé artificiellement contaminée par incubation avec *Fusarium graminearum* à des niveaux d'environ 500 µg/kg et 2000 µg/kg, ou naturellement contaminée à des niveaux d'environ 600 µg/kg et 900 µg/kg. Avant analyse, les larves ont été maintenues à jeun pendant 24 h. Les teneurs en ZEA et en ses métabolites, l' $\alpha$ -zéaralénol ( $\alpha$ -ZEL) et le  $\beta$ -zéaralénol ( $\beta$ -ZEL) ont été déterminées dans les larves et les fèces larvaires. Quelle que soit la durée d'élevage, ni la ZEA, ni l' $\alpha$ -ZEL et la  $\beta$ -ZEL n'ont été détectés (teneurs inférieures à la limite de quantification : 40.9 µg/kg pour la ZEA et 42.0 µg/kg pour l' $\alpha$ -ZEL et la  $\beta$ -ZEL) dans les larves de *Tenebrio molitor*. Dans les fèces larvaires, la quantité détectée de ZEA non métabolisée représentait de 15% à 63% de la quantité totale de ZEA administrée aux différents groupes de larves et la quantité d' $\alpha$ -ZEL et de  $\beta$ -ZEL représentait jusqu'à 30% de l'apport total de ZEA, indiquant un métabolisme intense du ZEA chez les larves. Aucun autre métabolite n'a été détecté dans aucun échantillon. Ainsi, ZEA n'est pas retenue à une quantité significative dans les larves de *Tenebrio molitor*. La majorité de la toxine ingérée est excrétée rapidement et efficacement et devrait se retrouver à une concentration négligeable après une période de jeûne de 24 h.

Tout récemment, (Piacenza *et al.* 2021) ont étudié l'effet des toxines T-2 et HT-2 sur le cycle de vie larvaire de *Tenebrio molitor* et le transfert dans les larves des toxines T-2, HT-2, et de leurs métabolites T-2 triol et T-2 tétraol. Des larves de *Tenebrio molitor* ont été nourries pendant 4 semaines avec des flocons d'avoine, soit naturellement contaminés par *Fusarium sporotrichioides*, soit artificiellement contaminés, chacun à deux niveaux (100 et 250 µg/kg de T-2 + HT-2). Aucun trichothécène n'a été détecté dans les larves survivantes après la récolte, mais T-2 et HT-2 ont été trouvés à la fois dans les larves mortes et dans les fèces larvaires. En conclusion, les larves de *Tenebrio molitor* ont été affectées par les trichothécènes. La détection de T-2 chez les larves mortes mais pas chez les larves vivantes indiquerait un processus métabolique ou de biotransformation encore inconnu chez ces larves.

#### 3.2.1.1.2 Déoxynivalénol

Dans l'essai de (Van Broekhoven *et al.* 2017), trois lots de larves de *Tenebrio molitor* ont été alimentés pendant 14 jours avec de la farine de blé :

- i) naturellement contaminée par le déoxynivalénol (DON) à une concentration de 4,9 mg/kg et par ses dérivés acétylés, déoxynivalénol-3-glucoside (DON-3G) et 15-acétyl déoxynivalénol (15-ADON), à des concentrations respectives de 300 µg/kg et 86 µg/kg,
- ii) enrichie avec 8 mg de DON pur / kg
- iii) non contaminée.

Aucun DON ou dérivé de DON n'a été détecté dans les larves de *Tenebrio molitor* après leur récolte. L'excrétion de DON dans les fèces larvaires représentait environ 14% de la quantité de DON ingérée pour les larves recevant le blé naturellement contaminé et environ 41% pour les larves recevant le blé enrichi en DON. Ainsi, *Tenebrio molitor* serait capable de métaboliser le DON et de séquestrer ou d'excréter ses métabolites.

Plus récemment, (Ochoa Sanabria *et al.* 2019) ont aussi conduit un essai d'alimentation utilisant des larves de *Tenebrio molitor* élevées pendant 33 jours sur du blé infecté par *Fusarium*. Les grains ont été triés selon différents niveaux de contamination au DON i.e. 0,2, 2, 10 et 12 mg/kg. Contrairement aux conclusions de van Broekhoven *et al.* (2017), le DON a été détecté dans toutes les larves d'insectes, mais à de faibles concentrations, comprises entre 122 à 136 µg/kg, et sans différence entre les traitements. Dans les fèces larvaires, 6 à 15% du DON ingéré ont été retrouvés non métabolisés et le métabolite 3-acétyl-DON (3-ADON) n'était que partiellement présent dans les échantillons. La différence de résultats obtenus entre cette étude et celle de van Broekhoven (2017) pourrait s'expliquer par la période d'alimentation plus longue (33 jours vs 14 jours) et l'âge des larves (du 7<sup>ème</sup> au 9<sup>ème</sup> stade soit un âge de 60 à 80 jours vs larves de cinq semaines).

#### 3.2.1.1.3 Aflatoxine B1

En ce qui concerne l'aflatoxine B1 (AfB1), l'étude de (Bosch *et al.* 2017) visait à évaluer la tolérance et l'accumulation de cette mycotoxine chez deux espèces d'insectes notamment *Tenebrio molitor*. Les larves ont été nourries avec des aliments pour volailles enrichis en AfB1, formulés pour contenir des niveaux de 0,01, 0,025, 0,05, 0,10, 0,25 et 0,5 mg d'AfB1 / kg d'aliment sec. La durée d'exposition était de 40 jours, pour *Tenebrio molitor*. Les larves qui ont excrété de l'AfM1 (0.9 à 1.7% de la dose d'AfB1 ingérée), montraient des niveaux d'AfB1 représentant environ 10% de la limite légale fixée pour les matières premières pour aliments des animaux. Chez les larves ayant reçu la dose la plus élevée, la concentration d'AfB1 mesurée après 48h de jeûne a chuté de manière significative d'un facteur 3,5 (0,41 µg / kg après 48h de jeûne vs 1,4 µg / kg immédiatement après la récolte), indiquant que le contenu intestinal contribue considérablement à la charge corporelle des mycotoxines chez les larves d'insectes. De cette étude, il ressort que les larves de *Tenebrio molitor* présentent une

tolérance élevée à l'AfB1 jusqu'à une teneur de 0,5 mg/kg d'aliment sec et ne l'accumulent pas au niveau corporel. *Tenebrio molitor* semblent métaboliser différemment l'AfB1.

### 3.2.1.2 Mouche soldat noir (*Hermetia illucens*) et petit ténébrion mat (*Alphitobius diaperinus*)

(Purschke *et al.* 2017) ont étudié l'impact de la contamination du substrat par des mycotoxines, des métaux lourds et des pesticides sur les performances de croissance et la composition des larves de la mouche soldat noir *Hermetia illucens*. Concernant l'exposition aux mycotoxines, les larves ont été élevées pendant 10 jours sur des grains de maïs moulus, naturellement contaminés par différentes mycotoxines (4,6 mg de DON / kg, 860 µg de ZEA / kg, 260 µg d'OTA / kg, 88 µg d'AfB1 / kg, 46 µg d'AfG2 / kg et 17 µg d'AfB2 / kg). Aucune des mycotoxines présentes dans l'aliment n'a été détectée dans les larves (LOQ : 80 µg / kg pour le DON ; 4 µg/kg pour l'AfB2 ; 16 µg/kg pour l'AfG2 ; 20 µg/kg pour l'OTA), malgré l'absence d'une période de jeûne avant l'analyse. L'absence d'accumulation d'AfB1 dans les larves est en accord avec les résultats obtenus par Bosch *et al.* (2017). Dans les fèces larvaires, seules l'AfB1, la ZEA et le DON ont été détectés. Si les quantités excrétées en AfB1 et en ZEA étaient comparables aux quantités ingérées, celle de DON était significativement plus élevée. Les auteurs ont émis l'hypothèse que le DON pourrait être présent sous une forme « masquée » dans l'aliment, non détectable par les analyses conventionnelles, conduisant ainsi à une sous-estimation de sa concentration dans l'aliment. Sous forme masquée, le DON pourrait être lié à une matrice glucidique ou protéique grâce à des enzymes végétales au cours du processus de désintoxication (Berthiller *et al.* 2013). Les insectes pourraient être capables, au cours de la digestion, de reconvertir la forme masquée en DON libre, ce qui pourrait expliquer l'augmentation de la concentration de DON observée dans les fèces larvaires. Dans cette étude, cependant, aucune identification et quantification des métabolites éventuels des mycotoxines n'a été réalisée.

En ce qui concerne l'aflatoxine B1 (AfB1), l'étude de (Bosch *et al.* 2017) évoquée plus haut pour *Tenebrio molitor* visait également à évaluer la tolérance et l'accumulation de cette mycotoxine chez une deuxième espèce d'insecte : *Hermetia illucens*. Ces larves ont été nourries avec des aliments pour volailles enrichis en AfB1, formulés pour contenir des niveaux de 0,01, 0,025, 0,05, 0,10, 0,25 et 0,5 mg d'AfB1 / kg d'aliment sec. La durée d'exposition était cette fois de 10 jours pour *Hermetia illucens*. Les teneurs en AfB1 et en aflatoxine M1 (AfM1) dans les larves de *Hermetia illucens* sont restées inférieures à la limite de détection (0,10 g/kg). Chez les larves ayant reçu la dose la plus élevée, la concentration d'AfB1 mesurée après 48h de jeûne a chuté de manière significative d'un facteur 3,5 (0,41 µg/kg après 48h de jeûne vs 1,4 µg/kg immédiatement après la récolte), indiquant que le contenu intestinal contribue considérablement à la charge corporelle des mycotoxines chez les larves d'insectes. Comme mentionné précédemment pour *Tenebrio molitor*, les larves d'*Hermetia illucens* présentent une tolérance élevée à l'AfB1 jusqu'à une teneur de 0,5 mg/kg d'aliment sec ; elles ne l'accumulent pas au niveau corporel et semblent métaboliser différemment l'AfB1.

Dans l'étude de van Broekhoven *et al.* (2014), en complément des larves de *Tenebrio molitor* évoquées précédemment, des larves de *Alphitobius diaperinus* ont été élevées pendant 15 jours avec un aliment contenant du maïs, du blé, du son de blé, du soja, et de l'huile de palme, de tournesol et de soja ; aliment également contaminé artificiellement avec de la Zéaralénone (ZEA) ou de l'Ochratoxine A (OTA) ou de la toxine T-2, à raison de 500 µg/kg. Pour cette espèce également une partie de la population a été analysée pour déterminer la concentration en mycotoxines directement après la récolte, tandis qu'une autre partie était alimentée pendant 72 h avec un aliment témoin non contaminé et qu'une troisième partie était mise à jeun pendant 72 h. Comme pour *Tenebrio molitor* de faibles concentrations en mycotoxines

ont été détectées dans les larves, ce qui montre qu'elles ne retiennent pas les mycotoxines sous leurs formes non métabolisées.

Dans l'étude de (Camenzuli *et al.* 2018), l'accumulation d'AfB1, de DON, d'OTA et de ZEA dans les larves de *Hermetia illucens* et d'*Alphitobius diaperinus* a été étudiée en utilisant un aliment d'élevage commercial à base de blé enrichi avec : i/ chaque mycotoxine dont les concentrations ont été choisies comme étant 1, 10 et 25 fois la limite maximale réglementaire ou les valeurs indicatives fixées dans les aliments pour animaux ou ii/ le mélange des quatre mycotoxines dont les concentrations ont été choisies comme étant 8 et 20 fois plus élevées que la limite ou les valeurs indicatives. Les mycotoxines et certains de leurs métabolites (aflatoxicol, AfP1, AfQ1, AfM1, 3-ADON, 15-ADON, DON-3G,  $\alpha$ -ZEL et  $\beta$ -ZEL) ont été analysés dans les larves et les fèces larvaires. Dans les larves d'*Alphitobius diaperinus*, quelle que soit la concentration dans l'aliment, les teneurs de toutes les mycotoxines étaient inférieures aux limites de quantification (LOQ : 80  $\mu$ g/kg pour le DON ; 20  $\mu$ g/kg pour la ZEA ; 1  $\mu$ g/kg pour l'AfB1 et la DON). En revanche, DON, ZEN et OTA ont été trouvés dans les larves de *Hermetia illucens*, à des concentrations très inférieures aux concentrations des aliments les plus contaminés. Dans les fèces larvaires de *Hermetia illucens*, les quantités de mycotoxines ont pu être détectées à des concentrations légèrement supérieures aux concentrations dans l'aliment, sauf pour l'AfB1 alors que pour les larves d'*Alphitobius diaperinus*, les concentrations de mycotoxines dans les fèces étaient comparables à la concentration dans l'aliment. Le  $\alpha$ -ZEL et le  $\beta$ -ZEL ont été trouvés à des concentrations 40 à 50 fois plus élevées dans les larves d'*Hermetia illucens* que dans les larves d'*Alphitobius diaperinus*. Les résultats de cette étude montrent que les larves des deux espèces d'insectes n'ont pas accumulé de mycotoxines au niveau corporel, même lorsqu'elles sont élevées sur des substrats dépassant d'un facteur 25 les limites et les valeurs indicatives fixées dans les aliments pour animaux.

Par ailleurs, certains résultats montrent qu'une part des mycotoxines ingérées n'est récupérée ni dans les larves, ni dans les fèces larvaires, suggérant que les espèces d'insectes considérées ne métabolisent pas les mycotoxines de la même manière. Le GT recommande donc que d'autres études *in vitro* et *in vivo* soient conduites pour obtenir plus d'informations sur les voies de biotransformation et la nature des métabolites potentiellement formés, vis-à-vis de la sécurité des espèces animales destinataires des farines d'insectes.

### 3.2.2 Éléments traces métalliques

Le transfert des éléments traces métalliques (ETM) métaux et de l'arsenic (As) de l'aliment à la larve est démontré par plusieurs études réalisées chez *Hermetia illucens* (van der Fels-Klerx *et al.* 2016); (Purschke *et al.* 2017); (Biancarosa *et al.* 2017); (Truzzi *et al.* 2020) et chez *Tenebrio molitor* (van der Fels-Klerx *et al.* 2016); (Truzzi *et al.* 2019). Les teneurs dans les larves sont faibles, parfois inférieures à la limite de détection pour certains échantillons et elles dépendent des teneurs alimentaires. Néanmoins, dans certaines situations, les insectes peuvent bioaccumuler certains ETM ou de l'As.

Des facteurs de bioaccumulation (BAF<sup>37</sup>) des métaux et métalloïdes dans les larves d'insectes ont donc été calculés et les teneurs pour ces éléments rapportées dans plusieurs travaux :

- Dans une étude sur *Tenebrio molitor* et *Hermetia illucens* (van der Fels-Klerx *et al.* 2016), les larves ont été alimentées avec un aliment commercial pour poulet (*Hermetia*), ou avec un mélange de céréales (*Tenebrio*), ces 2 rations étant enrichies ('spiked') ou non avec

---

<sup>37</sup> Ratio à l'état d'équilibre entre la concentration d'un contaminant dans les tissus d'un organisme et sa concentration totale (dissous ou dissous + particulaire) dans l'environnement.

du cadmium (Cd), du plomb (Pb), ou de l'As à des niveaux 0.5, 1 et 2 fois leurs teneurs maximales autorisées (CE 2002/32). Chez *Hermetia illucens*, une bioaccumulation (BAF>1) est rapportée pour tous les niveaux d'enrichissement ainsi que les rations 'non enrichies' en ce qui concerne le Pb (BAF : 1.1 à 1.8) et le Cd (5.8 à 9.5), mais pas de bioaccumulation pour l'As. A l'inverse, chez *Tenebrio Molitor*, seule une bioaccumulation est rapportée pour l'As (BAF = 1.4 -2.6), mais pas pour le Pb ou le Cd. En conséquence, les concentrations en Cd dans les larves d'*Hermetia illucens* dépassaient les teneurs maximales autorisées dès le plus faible enrichissement de leur ration (0.5 x la teneur maximale autorisée), alors que les concentrations en As dans les larves de *Tenebrio molitor* ne dépassaient leurs teneurs maximales autorisées que pour un enrichissement de leur ration égal à la teneur maximale autorisée.

- Dans une étude réalisée sur *Hermetia illucens*, (Biancarosa *et al.* 2017), les larves alimentées par du blé ont reçu des proportions croissantes de 0 à 100% d'algues (*Ascophyllum nodosum*) riches en Cd, Pb, mercure (Hg) et As. Les larves ont accumulé tous les ETM et l'As de façon proportionnelle à la dose d'algues incorporées dans leur ration. Les BAF de ces éléments ne sont pas calculés, mais les pourcentages de rétention (en p. cent de l'ingéré) sont rapportés : la rétention du Cd pour chaque niveau d'incorporation est 5-6 fois plus élevée que celle du Pb ou du Hg, et 11 à 12 fois plus élevée que celle de l'As. Il en résulte que, dès 20% d'incorporation d'algue dans l'aliment d'*Hermetia*, les teneurs en Cd et As des larves d'*Hermetia* dépassent les teneurs maximales autorisées pour ces éléments.

- Dans une étude réalisée chez des larves *Hermetia illucens* élevées pendant 10 jours sur un substrat à base de blé enrichi ('spiked') en ETM (Chrome (Cr), Nickel (Ni), Cd, Hg, Pb) ou en As (Purschke *et al.* 2017), il a été retrouvé ces ETM et de l'arsenic dans les larves. Les teneurs en Cr, Ni, Cd, Hg et As dans les larves étaient cependant faibles : dans certains échantillons, elles étaient inférieures à la limite de quantification, et dans tous les cas, inférieures à celles analysées dans la ration des insectes. Par contre, les larves d'*Hermetia* ont accumulé du Pb (BAF = 2) et du Cd (BAF = 9) aboutissant à des concentrations de  $0.032 \pm 0.005$  mg Pb/kg de larve, et de  $0.048 \pm 0.007$  mg Cd/kg de larve, constituant des teneurs respectant les teneurs maximales pour ces 2 ETM (CE 2002/32 et modifiée par le règlement (UE) 2017/2229 pour le Pb).

- (Truzzi *et al.* 2019) ont étudié le transfert de différents ETM chez des larves de *Tenebrio molitor* nourries pendant 4 mois avec plusieurs substrats : farine de blé biologique, marc d'olives biologiques et association farine de blé- marc d'olives en proportions variables (25%, 50% et 75% respectivement). Toutes ces rations présentaient une teneur pour les différents ETM et l'As inférieure à leurs teneurs maximales autorisées. Les résultats montrent une corrélation positive entre la teneur dans l'aliment et celle retrouvée dans les larves uniquement pour le Hg mais pas pour les autres éléments étudiés. Selon les auteurs, il n'y a pas ou peu de bioaccumulation pour le Ni (0.17 -1.18) et l'As (0.53-1.07). Ils concluent de façon comparable pour le Cd bien que le BAF soit compris entre 0.8 et 1.9. Par contre pour le Hg (BAF = 1.5 à 6.2) et surtout le Pb (BAF =5.3 – 34), la bioaccumulation est plus importante. On peut souligner par ailleurs une limite sérieuse à cette étude : des carottes (connues pour accumuler certains ETM) étaient fournies aux insectes comme source complémentaire d'eau et aucune analyse n'a été réalisée sur les carottes. Le plomb peut donc provenir de ces carottes, non pris en compte dans le calcul du BAF qui pourrait alors avoir été surestimé.

- Une autre étude (Truzzi *et al.* 2020) réalisée chez des pré-puppes d'*Hermetia illucens* nourries pendant environ 1 mois avec des coproduits issus de la torréfaction du café, et complémentés ou non avec des algues (*Schizochytrium sp.* or *Isochrysis sp.*) montre que les pré-puppes n'accumulent pas l'As (BAF = 0.82-0.99), ou le Ni (BAF = 0.21-0.57). Par contre, les larves ont accumulé le Cd (BAF = 4,2 - 6,9), le Pb (BAF= 1,7 - 2,3) et le Hg (BAF = 1,4 à 4,5). En dépit de ces processus d'accumulation, les auteurs concluent que ces larves

d'insectes ne présentent pas de risques majeurs pour la consommation humaine car ne dépassant pas les limites réglementaires.

Ainsi, il conviendrait d'intégrer dans les plans de contrôles et de surveillance les PAT d'insectes pour le Cd, Pb, Hg et As.

### 3.2.3 Les substances actives de médicaments

Très peu d'études ont été publiées depuis 2015 sur ce sujet. Une étude (De Paepe *et al.* 2019) a mis en évidence des substances actives de médicaments comme l'acide salicylique, le métoprolol et le paracétamol. L'origine de ces molécules peut être l'alimentation des insectes. De plus, l'acide salicylique est un métabolite de l'acide acétylsalicylique, mais aussi un métabolite secondaire de plantes.

Une étude a caractérisé l'accumulation de divers sulfamides (Sulfadiazine, Sulfaméthazine, sulfaméthoxazole et sulfamonométhoxine) après apport par l'aliment (0.1, 1 et 10 mg de ces sulfamides /kg de son de blé) chez des larves d'*Hermetia illucens*. Seule la sulfadiazine a pu être quantifiée dans les pre-pupes issues des traitements 1 ou 10 mg/kg de sulfadiazine. Inversement, la sulfaméthazine, la sulfaméthoxazole et la sulfamonométhoxine étaient indétectables dans les pre-pupes quel que soit l'apport (Gao *et al.* 2019).

Par contre aucun élément concernant d'éventuels traitements vétérinaires administrés aux insectes destinés à la consommation humaine ou animale n'a été trouvé dans la littérature scientifique. Il convient de garder une vigilance sur ce point, si le développement de ce type d'élevage s'accompagnait d'un recours à des médicaments vétérinaires.

### 3.2.4 Les pesticides organochlorés et les polluants organiques persistants

Le transfert de certains pesticides de l'aliment à *Tenebrio molitor* a été étudié (Houbraken *et al.* 2016). Les larves ont été exposées pendant 48 heures à des morceaux de carottes traités avec des pesticides. Parmi les 12 molécules testées, 3 molécules n'ont pas pu être détectés dans les larves (résultats < LOD pour 2,4-D, bentazone, bifenthrine) et une n'a pu être quantifiée (résultats < LOQ pour le clopyralide). Les huit autres ont pu être quantifiées : diflufenican, fenpropimorphe, isoproturon, linuron, mefenoxam, pendimethanil, pyrimethanil, tebuconazole. Le transfert de l'aliment à la larve est corrélé avec le Kow<sup>38</sup> de la molécule : plus le Kow est élevé, plus le transfert est important. Les auteurs ont également recherché ces molécules dans des larves commerciales. Une seule molécule a été retrouvée : le clopyralid. Les auteurs n'expliquent pas cette observation, car le Kow de cette molécule est faible (Log Kow = - 2,63).

Dans une autre étude (Poma *et al.* 2017) un criblage qualitatif a été réalisé chez *Galleria mellonella*, *Locusta migratoria*, *Tenebrio molitor*, - *Alphitobius diaperinus* et a permis de mettre en évidence la présence de pesticides (herbicides, fongicides, insecticides) dans certains échantillons d'aliments destinés aux insectes ainsi que dans les insectes étudiés, mais sans chercher à les quantifier.

Les pesticides organochlorés ont été recherchés dans une étude (Biancarosa *et al.* 2017) réalisée avec de la farine d'insecte provenant du commerce (*Hermetia illucens*) et qui a été utilisée pour nourrir des saumons en remplacement de la farine de poissons, dans un aliment complet. Plusieurs molécules ont été recherchées dans l'aliment distribué aux poissons : aldrine, dieldrine, toxaphène, chlordane, DDT, endosulfan, endrine, heptachlor,

<sup>38</sup> Coefficient de partage octane/eau

hexachlorobenzène, hexachlorocyclohexane. Parmi toutes ces molécules, seules 2 ont des concentrations supérieures à la limite de détection : le DDT et l'hexachlorobenzène. Ces deux substances actives sont actuellement interdites, mais très stables et encore présentes dans l'environnement. Les teneurs trouvées sont similaires à celles enregistrées habituellement avec les aliments destinés aux poissons (ration sans farine d'insectes) et très inférieures aux limites maximales européennes (directive 2002/32).

Les polluants organiques persistants : dioxines, PCB-DL, PCB-NDL et les PBDE, ont été analysés dans les aliments complets distribués à des saumons et dont la farine de poisson a été remplacée par de la farine d'insecte (Biancarosa *et al.* 2019). Les valeurs mesurées sont similaires entre les aliments complets à base de farine de poisson et ceux à base de farine d'insectes et sont toujours inférieures aux limites maximales européennes pour les dioxines et les PCB.

### 3.2.5 Facteurs antinutritionnels et toxiques

#### 3.2.5.1 Facteurs antinutritionnels exogènes

La présence de substances anti-nutritionnelles a déjà été démontrée chez certaines espèces d'insectes. Les principaux facteurs antinutritionnels identifiés chez les insectes sont :

- l'acide phytique qui diminue la biodisponibilité du phosphore et des cations tels le calcium, le zinc, le cuivre et le fer en les complexant en phytate,
- les oxalates qui, absorbés en grande quantité, provoquent des irritations du tractus digestif, des troubles de la circulation sanguine et des dommages rénaux, et diminuent la biodisponibilité du calcium
- l'acide cyanhydrique, hautement toxique car provoquant l'anoxie,
- les tannins, toxiques à forte dose en faisant précipiter les protéines,
- la thiaminase qui provoque une déficience en vitamine B1.

L'acide phytique, les oxalates et les tannins proviennent de l'alimentation des insectes (Oonincx et Finke 2020). En effet, les végétaux destinés à l'alimentation des animaux d'élevage et donc des insectes, puisqu'ils sont soumis à la même réglementation (Directive 2002/32/CE), peuvent contenir des substances dites anti-nutritionnelles car elles nuisent à la biodisponibilité ou la digestibilité de certains nutriments.

Les glycosides cyanogènes sont des produits naturels répandus dans le règne végétal, notamment dans un certain nombre de légumineuses, de racines comme le manioc et certaines graines oléagineuses, comme les graines de lin (Francis, Makkar, et Becker 2001). Ils sont également connus pour être présents chez les arthropodes, dont les papillons et les mites (Zagobelny *et al.* 2018). Les concentrations seraient cependant très faibles selon ces mêmes auteurs.

Peu d'informations sur les facteurs antinutritionnels chez les 7 espèces d'insectes autorisés pour l'alimentation animale sont disponibles dans la littérature. La composition en mg/100g des quatre premières substances (acide phytique, oxalates, acide cyanhydrique et tannins) pour quelques espèces d'insectes (ou ordres pour les espèces non déterminées) est communiquée en annexe 9. Dans l'état actuel des connaissances, les experts ne peuvent se prononcer sur la capacité des insectes à accumuler ces substances anti-nutritionnelles. Les animaux sont sensibles à ces facteurs antinutritionnels. Avant toute utilisation alimentaire d'insectes sous différentes présentations, il conviendra donc d'identifier si ces substances sont présentes ainsi que leur concentration, qui ne doivent pas dépasser les limites réglementaires

en alimentation animale. Si tel n'était pas le cas, il faudrait éventuellement trouver des solutions pour éliminer ces substances, par chauffage ou extrusion par exemple, lorsqu'elles y sont sensibles, afin que les protéines d'insectes respectent à leur tour les limites réglementaires de la directive 2002/32/CE.

### 3.2.5.2 Facteur antinutritionnel endogène

La chitine, qui est un constituant de l'exosquelette des insectes, ainsi que l'un de ses dérivés, le chitosan, peuvent être considérés comme des facteurs antinutritionnels. La chitine est un polysaccharide naturel de glucosamine (N-acetyl- $\beta$ -D-glucosamine). Sa teneur varie en fonction de l'espèce d'insecte considérée, du stade de développement de l'insecte et de son régime alimentaire. Ainsi chez la larve de *Tenebrio molitor*, la teneur en chitine de la farine des larves entières ou de la farine issue de ces larves est en moyenne de  $6.42 \pm 0.28$  g/100 g de produit (EFSA, 2021). Les teneurs en chitine estimées par le dosage en fibres peuvent varier entre 8% et 27% de la MS selon les espèces d'insectes considérées (Kouřimská et Adámková 2016), mais aussi en fonction du stade de développement de l'insecte. Ainsi, la teneur en chitine de la mouche soldat noire diminue de 3.6 g/100 g, au stade larvaire, à 3.1 g/100 g au stade pré-pupe, puis ré-augmente jusqu'à 14 g/100 g au stade pupa (Wang *et al.* 2020). Néanmoins, les données quantitatives de teneurs en chitine d'insectes entiers ou de produits issus d'insectes sont limitées et les comparaisons entre espèces sont compliquées à établir, dans la mesure où il n'existe pas de méthodes internationalement reconnues pour doser la chitine. La chitine est donc considérée comme une fibre bien que ces approches surestiment la teneur en chitine (revue de Oonincx et Finke, 2020).

La chitine est associée à des protéines durant le processus de sclérotisation, permettant la formation de structures stables assurant la rigidité de l'exosquelette. Ces structures peuvent être à l'origine de la réduction de la digestibilité des protéines, observée *in vitro* avec des farines de larve *Hermetia illucens* ou de *Tenebrio Molitor* (Marono *et al.* 2015) ou à la faible digestibilité de régimes contenant 25% de farines de *Hermetia Illucens in vivo* chez le poulet (Schiafone *et al.*, 2017). Pretorius *et al.* (2011) ont montré une digestibilité élevée des acides aminés (> 90%) alors que la digestibilité de la protéine brute était beaucoup plus faible (69%) ce qui pourrait être attribué à l'indigestibilité de la chitine-N et / ou de l'ADF liée à l'azote. Néanmoins, d'autres auteurs ont montré que ces deux insectes sont des sources élevées d'acides aminés (De Marco *et al.*, 2015 ; Ramos-Elorduy *et al.*, 2002). De Marco *et al.* (2015) ont par exemple montré que les teneurs en lysine et méthionine digestibles de farine de *Tenebrio Molitor* (respectivement, 34 et 9.6 g/kg) sont plus élevées que plusieurs sources végétales, légèrement inférieures à celles de la farine de poisson (respectivement, 50 et 18 g/kg ; Sauvante *et al.*, 2004), mais supérieures à celles des protéines animales transformées (respectivement, 27 et 6.9 g/kg ; Sauvante *et al.*, 2004). Les teneurs en méthionine et en lysine de *Hermetia illucens* étaient quant à elles en accord ou légèrement inférieures à celles de PAT. En pratique, la substitution de matières protéiques par l'inclusion de farines de différentes espèces d'insectes au-delà de 10% du régime alimentaire chez la volaille se traduit par des réductions de croissance et d'efficacité alimentaire (méta-analyse de Moula *et al.* 2019).

Chez le porc en croissance finition (Yu *et al.*, 2019), l'incorporation de farine d'*Hermetia illucens* en substitution du soja n'améliore les performances de croissance que pour un apport de 4% de farine d'insectes mais pas à 8%, ce qui est interprété comme lié à une teneur en chitine trop élevée pour le régime au taux d'incorporation de 8%. Newton *et al.* (1977) ont montré une digestibilité de la protéine brute de larve de mouche soldat noir similaire à celle de la farine de soja chez les porcs mâles en croissance (respectivement 76 contre 77%). Néanmoins, il existe une forte hétérogénéité des résultats de digestibilité des constituants de la ration et des performances de croissance chez le porc, qui peut être attribuée non seulement à la présence de chitine en plus ou moins grande quantité, mais aussi à l'âge des animaux,

aux espèces d'insectes utilisées et à leur stade de développement, et à la nature des rations utilisées (Revue de Veldkamp et Vernooij, 2021).

### 3.2.6 Dangers physiques

L'avis de l'EFSA (2015) n'aborde pas les dangers physiques. L'avis de l'Anses (2015) identifie deux types de dangers physiques :

- La présence de parties dures (rostres, dards, pattes...) (pour la consommation humaine particules, la FDA considère comme dangers critique les particules supérieures > à 7mm ; taille limite inconnue pour l'alimentation animale).
- La présence accidentelle de corps étrangers (métal, verre), danger éventuel lié aux process d'abattage et de transformation, et considéré comme similaire à celui des autres aliments.

Le guide de bonnes pratiques de l'IPIFF<sup>39</sup> décrit les dangers physiques comme « les morceaux métalliques, les corps étrangers, morceaux de verre et de plastique, ainsi que des parties d'insectes (ailes, pattes) ».

En complément, le GT propose également de considérer en dangers potentiel pour la phase d'élevage : la présence accidentelle de corps étrangers dans les fruits et légumes utilisé comme substrat : emballages, gants, pointes, résidus de palettes et dans tout autre type de substrat d'élevage.

Par ailleurs, pour la phase d'abattage et de transformation, les résidus de pattes ailes et parties dures de l'insecte devraient être mineurs dans la mesure où les produits d'insectes pour l'alimentation animale sont généralement présentés sous forme de "farine" et les 7 espèces d'insectes autorisées présentent peu de pièces anatomiques dures. Le procédé doit également veiller à éliminer la présence accidentelle de corps étrangers tels que morceaux de métal, de verre et de plastique étant donné la forme de du produit fini obtenus. Ces dangers être maîtrisés.

L'introduction du ver à soie dans la liste d'espèces ne modifie pas les avis précédents au regard des dangers physiques.

---

<sup>39</sup> International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF).

## 4 Conclusions et recommandations du GT

### 4.1 Concernant les PAT de porcs pour l'alimentation des volailles et des PAT de volailles pour l'alimentation des porcs

#### **S'agissant des aspects zootechniques et sanitaires**

Le GT conclut, comme en 2011, que les protéines animales transformées, de par leur composition, sont des matières premières intéressantes pour l'alimentation des monogastriques, en particulier pour les filières volailles (à cause de leur richesse en protéines équilibrées et digestibles, en énergie, et en phosphore digestible). En outre, dans le nouveau contexte Ecoantibio qui vise à un moindre recours aux antibiotiques et dans la perspective d'une suppression de l'oxyde de zinc, elles pourraient, contribuer à limiter les troubles digestifs du jeune âge chez le porcelet. Néanmoins, leur utilisation est totalement dépendante de leur disponibilité, de leur prix d'intérêt et de l'acceptabilité par les filières de productions animales, notamment à travers leurs cahiers des charges.

#### **S'agissant du contexte épidémiologique**

Une évolution très favorable de la situation épidémiologique vis-à-vis de l'ESB classique a été observée en France depuis les années 2000 jusqu'à aujourd'hui. Cependant, on ne peut pas exclure la présence de quelques cas d'ESB classique survenant de manière sporadique, (comme en 2016 en France et 2018 en Ecosse), dont l'origine reste sujette à hypothèse. L'incidence de l'ESB atypique est stable depuis les années 2000, avec en moyenne deux cas incidents par an.

Dans ce contexte, on peut s'attendre à une survenue à faible fréquence de cas d'ESB classique et d'ESB atypique pouvant entrer dans la chaîne alimentaire et leurs sous-produits valorisés, compte tenu des modalités réduites de surveillance aujourd'hui mises en place.

La tremblante classique n'est plus détectée en France depuis 2019, mais les programmes de surveillance ne sont plus en mesure de détecter les variations à ce niveau très faible de prévalence. La tremblante atypique est toujours présente. L'émergence possible d'ESB classique lors de transmission inter espèces de prions animaux d'origine distincte, réaffirme l'importance de ne pas se limiter au bovin comme réservoir potentiel de l'agent de l'ESB (en particulier les petits ruminants).

Enfin de nouvelles formes d'EST ont émergé chez des espèces ou dans des territoires où que l'on croyait jusqu'à présent exempts de ces maladies, comme chez le dromadaire (Camel prion disease) ou dans plusieurs pays scandinaves pour la maladie du dépérissement chronique des cervidés (MDC). Ces exemples illustrent toutes les limites de considérer une population ou une espèce de mammifères exempte d'EST, quand aucune surveillance des EST n'y est pratiquée. Alors que la maladie observée en Amérique du nord est transmissible au sein de la faune sauvage et en condition d'élevage, on ne peut exclure que la maladie européenne se transmette aux ruminants d'élevage par le biais de pâtures communes.

#### **S'agissant des barrières de transmission interspécifique dans les EST**

Au vu des éléments scientifiques disponibles actuellement, il apparaît qu'il n'y a pas de barrière absolue à la transmission interspécifique des prions.

S'agissant des porcs :

- Plusieurs observations expérimentales indiquent que le porc peut être infecté par certains agents de l'ESB classique, de la MDC et de la tremblante classique. Les tissus

extraneuronaux peuvent être infectieux, dès 6 mois post-inoculation. Les souris transgéniques exprimant la PrP porcine sont également sensibles à l'ESB classique.

- La susceptibilité expérimentale du Porc aux agents des EST suggère également la possibilité de formes sporadiques/spontanées. Même si aucune EST n'a été rapportée chez cette espèce à ce jour à l'état naturel, il convient de souligner qu'aucun système de surveillance efficace des EST n'a été mis en place à son sujet.

S'agissant des volailles :

- Une unique étude portant sur le poulet montre qu'il est peu sensible à l'agent de l'ESB classique, mais aucune autre étude concernant d'autres EST n'est disponible.
- Plusieurs autres espèces de volailles (dinde, canard) n'ont fait l'objet d'aucune étude.

Aucune étude n'est actuellement disponible concernant la transmission potentielle d'un agent d'une EST à partir de tissus infectieux de porcs ou de volailles aux différentes espèces animales (porcs, volailles et poissons).

En conclusion, les données expérimentales aujourd'hui disponibles confirment la possibilité de transmission et/ou d'adaptation d'un agent des EST au sein de l'espèce porcine. Dans l'état des connaissances parcellaires, l'espèce *Gallus gallus* chez les volailles apparaît comme une espèce peu sensible aux agents de l'ESB comparativement au porc, mais cette conclusion ne peut être étendue ni aux autres EST, ni aux autres espèces de volailles.

Il convient enfin de prendre en compte dans l'évaluation des risques, la possibilité de persistance et de portage asymptomatique des agents des EST par des espèces considérées comme non sensibles

Ainsi, pour tenir compte de ces phénomènes, le GT considère que le risque d'apparition d'une épizootie d'EST comprend deux composantes qu'il convient de dissocier dans l'évaluation des risques pour cibler de façon appropriée les mesures de maîtrise :

1) le risque d'initiation d'une EST chez un animal, qui comprend :

- le phénomène initial d'infection de porc ou de volailles par des prions de ruminants,
- l'apparition sporadique/spontanée chez le porc (ne peut être exclue) ou la volaille (très peu probable en l'état des connaissances) d'une EST spécifique
- l'infection de la volaille par des prions de porc, ou inversement

2) le risque d'amplification qui consiste en une augmentation exponentielle du nombre d'animaux infectés par recyclage intra-spécifique, des prions impliqués dans l'initiation.

### **S'agissant des méthodes de détection et d'identification des PAT dans les aliments composés**

Les méthodes PCR sont validées, implémentées et utilisables en routine, au niveau national, au moins pour un laboratoire pour la méthode Porc. La méthode volaille est validée et implémentée, mais une difficulté technique doit être résolue concernant la stabilité des réactifs permettant de définir le seuil de détection.

Il est important de rappeler que toutes ces méthodes sont qualitatives. Les seuils de détection sont définis uniquement pour que les résultats soient reproductibles et spécifiques. Ils ne permettent pas de déterminer la quantité de PAT présentes dans un aliment composé.

Par ailleurs, les matières premières animales actuellement autorisées (lait, ovo-produits, produits sanguins porcins) continueront d'être à l'origine de résultats positifs lors d'analyses de contrôle des aliments composés, utilisant ces méthodes PCR. Le couplage des méthodes

PCR et HPLC MS/MS pourrait à l'avenir limiter ces difficultés, mais cette approche n'est pas encore validée et nécessite des développements pour son utilisation.

### **S'agissant de l'organisation des filières au regard des contaminations croisées**

Les conclusions formulées dans l'avis de 2011 en ce qui concerne l'existence de croisement de circuits sont toujours d'actualité, mais nécessitent d'être nuancées : différentes possibilités ou niveaux de contaminations peuvent encore aujourd'hui être identifiés sur la chaîne de production et d'utilisation des PAT. Néanmoins, il apparaît que le maillon de fabrication des PAT est le maillon le plus susceptible de spécialiser ses outils ainsi que les transports en amont et en aval de la fabrication de ces produits.

Il est peu probable que tous les abattoirs d'une part et les fabricants d'aliments composés d'autre part, spécialisent à terme leurs outils, de leur propre initiative, pour permettre la séparation des circuits tout au long de la chaîne de fabrication et d'utilisation des PAT.

De l'analyse des différents scénarios, il ressort que les risques d'EST proviennent de situations d'initiation d'EST de ruminants, mais également potentiellement d'autres espèces, (notamment le Porc qui ne peut pas être considéré comme résistant aux EST), ces initiations étant ensuite amplifiées par les différentes situations où des contaminations croisées permettent le recyclage intra-espèce.

Le GT a proposé une méthode semi-quantitative pour hiérarchiser, en fonction de leur gravité, les différents scénarios envisagés (abattoirs spécialisés ou non, fabrication d'aliments spécialisée ou non), en faisant l'hypothèse d'une spécialisation systématique des usines de fabrication et de transport de PAT, ces maillons les plus susceptibles d'être spécialisés. La démarche proposée a consisté à affecter un indice de gravité à chaque type de danger d'EST, en fonction des étapes du process suivies par celui-ci, jusqu'à l'aliment composé pour animaux. L'ensemble des situations à risque ont été réparties, selon leur plausibilité, dans les 4 scénarios envisagés : abattoirs et usines d'aliments non spécialisés, usines d'aliments spécialisées, ou abattoirs spécialisés, ou les deux filières spécialisées. Chaque scénario peut ainsi rassembler plusieurs situations à risque, chacune ayant un indice calculé de gravité spécifique. Il ressort de l'analyse de ces différents scénarios que les abattoirs mixtes présentent les niveaux de gravité les plus élevés, particulièrement lorsque les PAT sont issues de sous-produits collectés dans des abattoirs ruminants/volailles. Suivent les abattoirs ruminants/porcs et enfin volailles/porcs. Le modèle suggère qu'une collecte des sous-produits uniquement en abattoir spécialisé entraîne une diminution plus importante des 2 indicateurs de risque (niveaux de gravité et nombre de situations à risque) par rapport à un scénario n'étudiant que la spécialisation des usines d'aliments. Quand toute la chaîne de fabrication et d'utilisation des PAT (de la collecte des matières de catégorie 3 jusqu'à la livraison en élevage des aliments composés) est spécialisée, les deux indicateurs de risque sont les plus faibles. Le GT souligne donc l'importance de tout mettre en œuvre pour éviter la survenue de contaminations croisées tout au long de la filière.

Le GT souligne qu'une erreur de distribution d'aliment dans un élevage multi-espèce, peut représenter un risque d'initiation d'EST, mais qui ne sera pas amplifiée au niveau de l'élevage. Seul le recyclage répété par la filière de fabrication des PAT et d'aliments pour animaux pourrait conduire à une amplification.

Enfin, en dehors de toutes contaminations croisées, le risque de recyclage d'une EST sporadique/spontanée éventuelle chez le porc, par la boucle alimentaire provoquée par l'autorisation des PAT de porcs en alimentation des volailles et des PAT de volailles en alimentation des porcs, peut être limité dès lors que les PAT de porcs sont bien traitées par la méthode de stérilisation sous pression (méthode 1). Les experts considèrent, compte tenu de la faible sensibilité présumée des volailles aux EST, qu'un traitement par la méthode 1 des PAT de volaille, n'est pas proportionné au risque, dans l'état des connaissances aujourd'hui

disponibles. Si des éléments scientifiques nouveaux advenaient quant à la sensibilité des volailles, ce résultat d'expertise serait à reconsidérer.

**Ainsi, une séparation effective des sites et des circuits de productions (par espèces), de l'abattoir jusqu'à la livraison en élevage, associés à des moyens de contrôle et de traçabilité permettrait de limiter d'éventuels phénomènes d'amplification des EST évoqués dans cette évaluation.**

## 4.2 Concernant les PAT d'insectes pour l'alimentation des porcs et des volailles

Le présent rapport ne porte que sur les 7 espèces d'insectes autorisées pour l'alimentation des poissons ainsi que sur *Bombyx mori.*, dans les conditions actuellement prévues par la réglementation concernant l'alimentation des animaux d'élevage et plus particulièrement les matières premières autorisées et les substances indésirables

### S'agissant des dangers biologiques

Pour les dangers prions / EST, le GT n'a pas identifié de publications complémentaires au précédent avis de l'Anses qui soient pertinentes au regard du cadre de la saisine. Quant au rôle de vecteurs potentiels d'EST précédemment évoqués pour les insectes, il ne peut être davantage objectivé qu'en 2015. Les experts soulignent qu'il est important de proscrire dans l'alimentation des insectes d'élevage toute matière première susceptible de contenir de l'infectiosité prion. Les matières premières utilisées pour l'alimentation des insectes d'élevage doivent respecter la réglementation actuelle sur l'alimentation animale citée en préambule.

Pour les autres dangers biologiques, le GT a conduit une identification des dangers potentiels associés aux PAT d'insectes au regard de la cible envisagée par la modification réglementaire : l'alimentation des volailles et des Porcs.

Le GT a ensuite proposé une hiérarchisation de ces dangers. Les dangers à indice de risque élevé sont *Salmonella*, *Brucella*, *E. coli*, *circovirus* et *l'agent du rouget* pour les porcs et *Salmonella*, *Clostridium botulinum*, agent du rouget, *E. coli*, coccidies, virus de la peste du canard et *Clostridium perfringens* pour les volailles.

Dans le temps imparti, le GT n'a pas pu mener d'audition des professionnels de cette filière ni recueillir des protocoles précis, autres que ceux généraux décrit dans la précédente étude. Cette hiérarchisation ne dispense pas les professionnels de mener leur propre analyse au regard de leur procédé comme prévu par la réglementation actuelle.

### S'agissant des dangers chimiques

Pour le danger mycotoxines, l'analyse de la bibliographie disponible montre que l'effet des mycotoxines telles que la déoxynivalénol (DON), la zéaralénone (ZEA), l'aflatoxine B1 (AfB1) et l'aflatoxine B2 (AfB2) et l'ochratoxine A (OTA) a surtout été étudié chez trois espèces d'insectes : *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens*, *Alphitobius diaperinus*. Chez ces trois espèces, aucune accumulation de ces mycotoxines n'a été observée dans des essais d'alimentation, même lorsque la concentration en mycotoxines dans le substrat d'élevage était 25 fois plus élevée que la limite maximale réglementaire fixée pour l'AFB1 et les valeurs indicatives fixées pour les mycotoxines DON, ZEN, OTA, T-2 et TH-2. Ainsi, sur la base des

résultats rapportés, les mycotoxines dans les PAT d'insectes ne semblent pas constituer un danger majeur en tant qu'aliment pour les porcs ou les volailles.

S'agissant des autres dangers chimiques, les données disponibles, sont peu nombreuses. Concernant les dangers réglementés (ETM et As) en alimentation animale, les publications indiquent majoritairement des teneurs faibles dans les larves. La source principale d'exposition des insectes à ces dangers est leur alimentation. Néanmoins, certains travaux ont mis en évidence que les insectes peuvent bio accumuler certains ETM (en particulier le Pb, le Cd et le Hg) et l'As, au-delà de la teneur maximale réglementaire en alimentation animale. Ce processus semble être dépendant de l'espèce d'insecte considérée. Il conviendrait ainsi d'intégrer les PAT d'insectes dans les plans de contrôles et de surveillance pour ces contaminants. Les teneurs en polluants organiques persistants (dioxines, PCB-DL, PCB-NDL et les PBDE) mesurés dans les PAT d'insectes sont, quant à elles, toujours inférieures aux limites maximales réglementaires dans les publications existantes.

S'agissant des facteurs antinutritionnels exogènes (dont l'origine est le substrat alimentaire), les experts ne peuvent, dans l'état actuel des connaissances, se prononcer sur la capacité des insectes à accumuler de telles substances. Toutefois, la réglementation actuelle impose : (i) de fournir aux insectes un substrat alimentaire respectant les limites maximales des substances indésirables de la directive 2002/32 et (ii) de produire des PAT d'insectes destinées à l'alimentation des animaux d'élevage respectant elles-mêmes ces limites.

S'agissant de la chitine, en tant que facteur nutritionnel endogène, la limitation du taux d'incorporation des PAT d'insectes dans l'alimentation des porcs et des volailles ainsi que l'élimination de la chitine lors du processus de fabrication des PAT doit permettre de limiter ces composés.

Le GT n'a pas eu à disposition de données sur la nature d'éventuels traitements vétérinaires réalisés dans les élevages d'insectes. Il convient de garder une attention particulière sur ce point, si le développement de ce type d'élevage s'accompagnait d'un recours à des médicaments vétérinaires.

Enfin, en ce qui concerne les dangers chimiques, compte tenu de la part importante du contenu intestinal dans la masse totale des insectes, le GT recommande l'application systématique d'une période de jeûne d'au moins 24 h avant la récolte des insectes.

En résumé, le GT n'identifie globalement pas de dangers supplémentaires par rapport à ceux présentés dans l'avis de l'Anses de 2015, hormis pour les dangers biologiques pour lesquels une démarche différente a été conduite, avec l'identification d'une liste longue et une hiérarchisation des dangers proposée, en rapport avec les animaux d'élevage ciblés (porcs et volailles).

### **Recommandations du GT**

Une certaine vigilance est recommandée, qui doit passer par des autocontrôles des teneurs des PAT en substances indésirables, en vue du respect de la réglementation relative à l'alimentation animale. Le GT attire l'attention sur les contaminants les plus pertinents à surveiller dans les plans de contrôle : plomb, mercure, cadmium et arsenic.

Par ailleurs, GT souligne le peu de recul sur d'éventuels métabolites générés par les insectes exposés à certaines mycotoxines. Des travaux de recherche devraient être menés sur cette thématique.

Le GT souligne également l'importance de la séparation entre le frass (qui peut être une source de contaminants) et les insectes destinés à la fabrication des PAT. Le GT recommande également qu'une phase de jeûne d'au moins 24h soit respectée avant leur abattage de

manière à éliminer une source de contamination chimique qui proviendrait directement de l'aliment encore présent.

L'application d'un traitement thermique permettant notamment la maîtrise des dangers biologiques potentiellement associés aux insectes est un des points critiques des procédés. L'analyse des dangers que le professionnel doit réaliser et l'autorisation du procédé par les autorités compétentes sont donc cruciales.

La proposition de critères microbiologiques adaptés à la production de PAT d'insecte, ne faisait pas partie des missions du GT Feedban ; ce travail nécessiterait des travaux d'expertises et de recherches pour valider de nouveaux critères.

## 5 Bibliographie

- Abrial, D., D. Calavas, N. Jarrige, et C. Ducrot. 2005a. "Poultry, pig and the risk of BSE following the feed ban in France--a spatial analysis." *Vet Res* 36 (4):615-28. doi: 10.1051/vetres:2005020.
- Abrial, D., D. Calavas, N. Jarrige, et C. Ducrot. 2005b. "Spatial heterogeneity of the risk of BSE in France following the ban of meat and bone meal in cattle feed." *Prev Vet Med* 67 (1):69-82. doi: 10.1016/j.prevetmed.2004.10.004.
- Afssa. 2007. "Avis relatif à l'évaluation de la sensibilité diagnostique des tests rapides réalisés chez les petits ruminants sur un échantillon d'obex (saisine 2007-SA-371) en date du 5 décembre."
- Afssa. 2008. "Avis concernant les références applicables aux denrées alimentaires en tant que critères indicateurs d'hygiène des procédés en date du 13 mars 2008 (Saisine n° 2007-SA-0174)."
- Afssa. 2009a. "Avis relatif aux conséquences de deux nouvelles études scientifiques sur les mesures de police sanitaire en cas de tremblante atypique en date du 23 Juillet 2009 (saisine n° 2009-SA-0032)."
- Afssa. 2009b. "Avis relatif concernant la révision des conditions d'utilisation des farines de viandes et d'os dans l'alimentation animale en date du 31 mars 2009 (saisine n°2008-SA-0088)."
- Afssa. 2010. "Avis relatif au cas « hyperNAIF » d'ESB classique détecté en janvier 2010 en France (Saisine n°2010-SA-0021) en date du 23 avril."
- Anses. 2011a. "Avis relatif aux évolutions de la réglementation communautaire proposées par la feuille de route n°2 pour les encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST) (Saisine n°2010-SA-0208) en date du 8 février 2011".
- Anses. 2011b. "Avis relatif relatif à l'évaluation du risque sanitaire lié à l'introduction des protéines animales transformées dans l'alimentation de certains animaux de rente en date du 25 octobre 2011 (saisine n°2011-SA-0014)."
- Anses. 2012. "Avis et rapport de l'Anses relatif à "la hiérarchisation de 103 maladies animales présentes dans les filières ruminants, équidés, porcs, volailles et lapins en France métropolitaine" en date du 12 Juin 2012 (saisine n° 2010-SA-0280)".
- Anses. 2014. "Avis relatif à l'évolution du dispositif de surveillance des EST des petits ruminants (Saisine n°2014-SA-0032) en date du 30 septembre".
- Anses. 2015a. "Avis relatif à « la valorisation des insectes dans l'alimentation et l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires en lien avec la consommation des insectes» en date du 12 février 2015 (saisine n°2014-SA-1053)."
- Anses. 2015b. "avis relatif à « la valorisation des tissus adipeux récoltés sur les carcasses de ruminants en alimentation animale » (saisine 2015-SA-0158) en date du 29 juin 2015."
- Arnold, M. E., R. R. L. Simons, J. Hope, N. Gibbens, et A. L. Adkin. 2017. "Is there a decline in bovine spongiform encephalopathy cases born after reinforced feed bans? A modelling study in EU member states." *Epidemiol Infect* 145 (11):2280-2286. doi: 10.1017/S0950268817001236.
- Arsac, J. N., O. Andreoletti, J. M. Bilheude, C. Lacroux, S. L. Benestad, et T. Baron. 2007. "Similar biochemical signatures and prion protein genotypes in atypical

- scrapie and Nor98 cases, France and Norway." *Emerg Infect Dis* 13 (1):58-65. doi: 10.3201/eid1301.060393.
- Babelhadj, B., M. A. Di Bari, L. Pirisinu, B. Chiappini, S. B. S. Gaouar, G. Riccardi, S. Marcon, U. Agrimi, R. Nonno, et G. Vaccari. 2018. "Prion Disease in Dromedary Camels, Algeria." *Emerg Infect Dis* 24 (6):1029-1036. doi: 10.3201/eid2406.172007.
- Baron, T., A.G. Biacabe, et D. Calavas. 2016. "Un cas d'ESB classique chez un bovin né en 2011." *Plateforme ESA Epidémosurveillance Santé Animale* <https://www.plateforme-esa.fr/article/un-cas-d-esb-classique-chez-un-bovin-ne-en-2011>.
- Baron, T., J. Vulin, A. G. Biacabe, L. Lakhdar, J. Verchere, J. M. Torres, et A. Bencsik. 2011. "Emergence of classical BSE strain properties during serial passages of H-BSE in wild-type mice." *PLoS One* 6 (1):e15839. doi: 10.1371/journal.pone.0015839.
- Bencsik, A., M. Leboindre, S. Debeer, C. Aufauvre, et T. Baron. 2013. "Unique properties of the classical bovine spongiform encephalopathy strain and its emergence from H-type bovine spongiform encephalopathy substantiated by VM transmission studies." *J Neuropathol Exp Neurol* 72 (3):211-8. doi: 10.1097/NEN.0b013e318285c7f9.
- Benestad, S. L., G. Mitchell, M. Simmons, B. Ytrehus, et T. Vikoren. 2016. "First case of chronic wasting disease in Europe in a Norwegian free-ranging reindeer." *Vet Res* 47 (1):88. doi: 10.1186/s13567-016-0375-4.
- Benestad, S. L., P. Sarradin, B. Thu, J. Schonheit, M. A. Tranulis, et B. Bratberg. 2003. "Cases of scrapie with unusual features in Norway and designation of a new type, Nor98." *Vet Rec* 153 (7):202-8. doi: 10.1136/vr.153.7.202.
- Beringue, V., O. Andreoletti, A. Le Dur, R. Essalmani, J. L. Vilotte, C. Lacroux, F. Reine, L. Herzog, A. G. Biacabe, T. Baron, M. Caramelli, C. Casalone, et H. Laude. 2007. "A bovine prion acquires an epidemic bovine spongiform encephalopathy strain-like phenotype on interspecies transmission." *J Neurosci* 27 (26):6965-71. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0693-07.2007.
- Beringue, V., L. Herzog, E. Jaumain, F. Reine, P. Sibille, A. Le Dur, J. L. Vilotte, et H. Laude. 2012. "Facilitated cross-species transmission of prions in extraneural tissue." *Science* 335 (6067):472-5. doi: 10.1126/science.1215659.
- Beringue, V., P. Tixador, O. Andreoletti, F. Reine, J. Castille, T. L. Lai, A. Le Dur, A. Laisne, L. Herzog, B. Passet, H. Rezaei, J. L. Vilotte, et H. Laude. 2020. "Host prion protein expression levels impact prion tropism for the spleen." *PLoS Pathog* 16 (7):e1008283. doi: 10.1371/journal.ppat.1008283.
- Beringue, V., J. L. Vilotte, et H. Laude. 2008. "Prion agent diversity and species barrier." *Vet Res* 39 (4):47. doi: 10.1051/vetres:2008024.
- Berthiller, F., C. Crews, C. Dall'Asta, S. D. Saeger, G. Haesaert, P. Karlovsky, I. P. Oswald, W. Seefelder, G. Speijers, et J. Stroka. 2013. "Masked mycotoxins: a review." *Mol Nutr Food Res* 57 (1):165-86. doi: 10.1002/mnfr.201100764.
- Biacabe, A. G., E. Morignat, J. Vulin, D. Calavas, et T. G. Baron. 2008. "Atypical bovine spongiform encephalopathies, France, 2001-2007." *Emerg Infect Dis* 14 (2):298-300. doi: 10.3201/eid1402.071141.
- Biancarosa, I., V. Sele, I. Belghit, R. Ørnsrud, E. J. Lock, et H. Amlund. 2019. "Replacing fish meal with insect meal in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) does not impact the amount of contaminants in the feed and it lowers accumulation of arsenic in the fillet." *Food Addit Contam Part A Chem Anal*

- Control Expo Risk Assess* 36 (8):1191-1205. doi: 10.1080/19440049.2019.1619938.
- Biancarosa, Irene, Nina Liland, Daan Biemans, Pedro Araujo, Christian Bruckner, Rune Waagbø, Bente Torstensen, Erik-Jan Lock, et Heidi Amlund. 2017. "Uptake of heavy metals and arsenic in black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae grown on seaweed-enriched media." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98. doi: 10.1002/jsfa.8702.
- Bosch, G., H. J. V. Fels-Klerx, T. C. Rijk, et Dgab Oonincx. 2017. "Aflatoxin B1 Tolerance and Accumulation in Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) and Yellow Mealworms (*Tenebrio molitor*)." *Toxins (Basel)* 9 (6). doi: 10.3390/toxins9060185.
- Bradley, R., et J. W. Wilesmith. 1993. "Epidemiology and control of bovine spongiform encephalopathy (BSE)." *Br Med Bull* 49 (4):932-59. doi: 10.1093/oxfordjournals.bmb.a072654.
- Bruce, M. E., A. Boyle, S. Cousens, I. McConnell, J. Foster, W. Goldmann, et H. Fraser. 2002. "Strain characterization of natural sheep scrapie and comparison with BSE." *J Gen Virol* 83 (Pt 3):695-704. doi: 10.1099/0022-1317-83-3-695.
- Bruce, M. E., et A. G. Dickinson. 1987. "Biological evidence that scrapie agent has an independent genome." *J Gen Virol* 68 ( Pt 1):79-89. doi: 10.1099/0022-1317-68-1-79.
- C.E. 2010. "Direction générale de la santé & des consommateurs. Feuille de route n°2 pour les EST : Document de stratégie sur les encéphalopathies spongiformes transmissibles pour 2010-2015 SEC (2010) 899."
- Calavas, D., C. Ducrot, T. Baron, E. Morignat, J. L. Vinard, A. G. Biacabe, J. Y. Madec, A. Bencsik, S. Debeer, et M. Eliazsewicz. 2001. "Prevalence of BSE in western France by screening cattle at risk: preliminary results of a pilot study." *Vet Rec* 149 (2):55-6. doi: 10.1136/vr.149.2.55.
- Camenzuli, L., R. Van Dam, T. de Rijk, R. Andriessen, J. Van Schelt, et H. J. I. Van der Fels-Klerx. 2018. "Tolerance and Excretion of the Mycotoxins Aflatoxin B(1), Zearalenone, Deoxynivalenol, and Ochratoxin A by *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens* from Contaminated Substrates." *Toxins (Basel)* 10 (2). doi: 10.3390/toxins10020091.
- Cazeau, G., P Chasset, V. Loywyck, B. Bouffartigue, et D. Calavas. 2018. "Surveillance des encéphalopathies spongiformes des petits ruminants en 2015 " *Bulletin épidémiologique ANSES/DGAI Spécial Maladies réglementées et émergentes (MRE)*.
- Cazeau, G., JB. Perrin, V. Loywyck, B. Bouffartigue, et D. Calavas. 2015. "Surveillance des encéphalopathies spongiformes des petits ruminants en 2014 " *Bulletin épidémiologique ANSES/DGAI Spécial Maladies réglementées et émergentes (MRE)*.
- Clawson, M. L., J. A. Richt, T. Baron, A. G. Biacabe, S. Czub, M. P. Heaton, T. P. Smith, et W. W. Laegreid. 2008. "Association of a bovine prion gene haplotype with atypical BSE." *PLoS One* 3 (3):e1830. doi: 10.1371/journal.pone.0001830.
- Cocco, P. L., A. Caperna, et F. Vinci. 2003. "Occupational risk factors for the sporadic form of Creutzfeldt-Jakob disease." *Med Lav* 94 (4):353-63.
- Collinge, J., et A. R. Clarke. 2007. "A general model of prion strains and their pathogenicity." *Science* 318 (5852):930-6. doi: 10.1126/science.1138718.
- De Paepe, E., J. Wauters, M. Van Der Borght, J. Claes, S. Huysman, S. Croubels, et L. Vanhaecke. 2019. "Ultra-high-performance liquid chromatography coupled to

- quadropole orbitrap high-resolution mass spectrometry for multi-residue screening of pesticides, (veterinary) drugs and mycotoxins in edible insects." *Food Chem* 293:187-196. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.04.082.
- Ducrot, C., D. Abrial, D. Calavas, et T. Carpenter. 2005. "A spatio-temporal analysis of BSE cases born before and after the reinforced feed ban in France." *Vet Res* 36 (5-6):839-53. doi: 10.1051/vetres:2005037.
- Ducrot, C., C. Sala, G. Ru, A. de Koeijer, H. Sheridan, C. Saegerman, T. Selhorst, M. Arnold, M. P. Polak, et D. Calavas. 2010. "Modelling BSE trend over time in Europe, a risk assessment perspective." *Eur J Epidemiol* 25 (6):411-9. doi: 10.1007/s10654-010-9455-3.
- EFSA. 2014a. "Panel on Biological Hazards (BIOHAZ): Scientific Opinion on the scrapie situation in the EU after 10 years of monitoring and control in sheep and goats." *EFSA Journal* 2014;12(7):3781, 155 pp.
- EFSA. 2014b. "Scientific report of EFSA protocol for further laboratory investigations into the distribution of infectivity of Atypical." *EFSA Journal* 2014;12(7):3798.
- EFSA. 2015. "EFSA Scientific Committee ; Scientific opinion : Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed EFSA Scientific Committee." doi: doi:10.2903/j.efsa.2015.4257.
- EFSA. 2017a. "Panel on Biological Hazards : Chronic wasting disease (CWD) in cervids " *EFSA J* 15 (1):e04667. doi: 10.2903/j.efsa.2017.4667.
- EFSA. 2017b. "Panel on Biological Hazards : Bovine spongiform encephalopathy (BSE) cases born after the total feed ban." *EFSA J* 15 (7):e04885. doi: 10.2903/j.efsa.2017.4885.
- EFSA. 2018. "Panel on Biological Hazards : Updated quantitative risk assessment (QRA) of the BSE risk posed by processed animal protein (PAP)." *EFSA J* 16 (7):e05314. doi: 10.2903/j.efsa.2018.5314.
- EFSA. 2019. "Panel on Biological Hazards : Update on chronic wasting disease (CWD) III." *EFSA J* 17 (11):e05863. doi: 10.2903/j.efsa.2019.5863.
- EFSA. 2020. "The European Union summary report on surveillance for the presence of transmissible spongiform encephalopathies (TSE) in 2019." *EFSA J* 18 (11):e06303. doi: 10.2903/j.efsa.2020.6303.
- Eloit, M., K. Adjou, M. Culpier, J. J. Fontaine, R. Hamel, T. Lilin, S. Messiaen, O. Andreoletti, T. Baron, A. Bencsik, A. G. Biacabe, V. Beringue, H. Laude, A. Le Dur, J. L. Vilotte, E. Comoy, J. P. Deslys, J. Grassi, S. Simon, F. Lantier, et P. Sarradin. 2005. "BSE agent signatures in a goat." *Vet Rec* 156 (16):523-4.
- Espinosa, Juan Carlos, Alba Marín-Moreno, Patricia Aguilar-Calvo, Sylvie L Benestad, Olivier Andreoletti, et Juan María Torres. 2020. "Porcine Prion Protein as a Paradigm of Limited Susceptibility to Prion Strain Propagation." *The Journal of infectious diseases*.
- Fediaevsky, A., C. Maurella, M. Noremark, F. Ingravalle, S. Thorgeirsdottir, L. Orge, R. Poizat, M. Hautaniemi, B. Liam, D. Calavas, G. Ru, et P. Hopp. 2010. "The prevalence of atypical scrapie in sheep from positive flocks is not higher than in the general sheep population in 11 European countries." *BMC Vet Res* 6:9. doi: 10.1186/1746-6148-6-9.
- Fernandez-Funez, P., S. Casas-Tinto, Y. Zhang, M. Gomez-Velazquez, M. A. Morales-Garza, A. C. Cepeda-Nieto, J. Castilla, C. Soto, et D. E. Rincon-Limas. 2009. "In vivo generation of neurotoxic prion protein: role for hsp70 in accumulation of misfolded isoforms." *PLoS Genet* 5 (6):e1000507. doi: 10.1371/journal.pgen.1000507.

- Fitzmaurice, T. J., D. F. Burke, L. Hopkins, S. Yang, S. Yu, M. S. Sy, A. M. Thackray, et R. Bujdoso. 2008. "The stability and aggregation of ovine prion protein associated with classical and atypical scrapie correlates with the ease of unwinding of helix-2." *Biochem J* 409 (2):367-75. doi: 10.1042/BJ20071122.
- Francis, George, Harinder P. S. Makkar, et Klaus Becker. 2001. "Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish." *Aquaculture* 199 (3):197-227. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9).
- Gao, Q., W. Deng, Z. Gao, M. Li, W. Liu, X. Wang, et F. Zhu. 2019. "Effect of sulfonamide pollution on the growth of manure management candidate *Hermetia illucens*." *PLoS One* 14 (5):e0216086. doi: 10.1371/journal.pone.0216086.
- Garofalo, C., V. Milanovic, F. Cardinali, L. Aquilanti, F. Clementi, et A. Osimani. 2019. "Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review." *Food Res Int* 125:108527. doi: 10.1016/j.foodres.2019.108527.
- Gavin, B. A., M. J. Dolph, N. R. Deleault, J. C. Geoghegan, V. Khurana, M. B. Feany, P. J. Dolph, et S. Supattapone. 2006. "Accelerated accumulation of misfolded prion protein and spongiform degeneration in a *Drosophila* model of Gerstmann-Straussler-Scheinker syndrome." *J Neurosci* 26 (48):12408-14. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3372-06.2006.
- Greenlee, J. J., R. A. Kunkle, J. D. Smith, et M. H. W. Greenlee. 2016. "Scrapie in Swine: a Diagnostic Challenge." *Food Saf (Tokyo)* 4 (4):110-114. doi: 10.14252/foodsafetyfscj.2016019.
- Griffiths, P. C., J. Spiropoulos, R. Lockey, A. C. Tout, D. Jayasena, J. M. Plater, A. Chave, R. B. Green, S. Simonini, L. Thorne, I. Dexter, A. Balkema-Buschmann, M. H. Groschup, V. Beringue, A. Le Dur, H. Laude, et J. Hope. 2010. "Characterization of atypical scrapie cases from Great Britain in transgenic ovine PrP mice." *J Gen Virol* 91 (Pt 8):2132-2138. doi: 10.1099/vir.0.018986-0.
- Haley, N. J., D. M. Seelig, M. D. Zabel, G. C. Telling, et E. A. Hoover. 2009. "Detection of CWD prions in urine and saliva of deer by transgenic mouse bioassay." *PLoS One* 4 (3):e4848. doi: 10.1371/journal.pone.0004848.
- Hedman, C., R. Bolea, B. Marin, F. Cobriere, H. Filali, F. Vazquez, J. L. Pitarch, A. Vargas, C. Acin, B. Moreno, M. Pumarola, O. Andreoletti, et J. J. Badiola. 2016. "Transmission of sheep-bovine spongiform encephalopathy to pigs." *Vet Res* 47:14. doi: 10.1186/s13567-015-0295-8.
- Hill, A. F., S. Joiner, J. Linehan, M. Desbruslais, P. L. Lantos, et J. Collinge. 2000. "Species-barrier-independent prion replication in apparently resistant species." *Proc Natl Acad Sci U S A* 97 (18):10248-53. doi: 10.1073/pnas.97.18.10248.
- Houbraken, M., T. Spranghers, P. De Clercq, M. Cooreman-Algoed, T. Couchement, G. De Clercq, S. Verbeke, et P. Spanoghe. 2016. "Pesticide contamination of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) for human consumption." *Food Chem* 201:264-9. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.097.
- Huor, A., J. C. Espinosa, E. Vidal, H. Cassard, J. Y. Douet, S. Lugan, N. Aron, A. Marin-Moreno, P. Lorenzo, P. Aguilar-Calvo, J. Badiola, R. Bolea, M. Pumarola, S. L. Benestad, L. Orge, A. M. Thackray, R. Bujdoso, J. M. Torres, et O. Andreoletti. 2019. "The emergence of classical BSE from atypical/Nor98 scrapie." *Proc Natl Acad Sci U S A*. doi: 10.1073/pnas.1915737116.

- INRA-AFZ. 2004 "Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage, Sauvant D., Perez J.-M., Tran G. coord. ISBN 2-7380-1046-6 2002, 304 p. INRA Editions Versailles."
- Jarrige, N., C. Ducrot, G. Cazeau, E. Morignat, C. La Bonnardiere, et D. Calavas. 2007. "Case-control study on feed risk factors for BSE cases born after the feed ban in France." *Vet Res* 38 (3):505-16. doi: 10.1051/vetres:2007011.
- Jarrige, N., C. Ducrot, D. Lafon, B. Thiebot, et D. Calavas. 2006. "Potential sources of infection for BSE cases born in France after 1996." *Vet Rec* 159 (9):285-6. doi: 10.1136/vr.159.9.285.
- Jongbloed AW, Kemme PA, De Groote G, Lippens M, F Meschy. . 2002. "Bioavailability of major and trace minerals, EMFEMA, pp. ."
- Kobayashi, A., N. Sakuma, Y. Matsuura, S. Mohri, A. Aguzzi, et T. Kitamoto. 2010. "Experimental verification of a traceback phenomenon in prion infection." *J Virol* 84 (7):3230-8. doi: 10.1128/JVI.02387-09.
- Kooh, P., V. Jury, S. Laurent, F. Audiat-Perrin, M. Sanaa, V. Tesson, M. Federighi, et G. Boue. 2020. "Control of Biological Hazards in Insect Processing: Application of HACCP Method for Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) Powders." *Foods* 9 (11). doi: 10.3390/foods9111528.
- Kooh, Pauline, Ermolaos Ververis, Vincent Tesson, Géraldine Boué, et Michel Federighi. 2019. "Entomophagy and Public Health: A Review of Microbiological Hazards." *Health* 11:1272-1290. doi: 10.4236/health.2019.1110098.
- Kouřimská, Lenka, et Anna Adámková. 2016. "Nutritional and sensory quality of edible insects." *NFS Journal* 4:22-26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>.
- Le Dur, A., V. Beringue, O. Andreoletti, F. Reine, T. L. Lai, T. Baron, B. Bratberg, J. L. Vilotte, P. Sarradin, S. L. Benestad, et H. Laude. 2005. "A newly identified type of scrapie agent can naturally infect sheep with resistant PrP genotypes." *Proc Natl Acad Sci U S A* 102 (44):16031-6. doi: 10.1073/pnas.0502296102.
- Lecrenier, M. C., M. Planque, M. Dieu, P. Veys, C. Saegerman, N. Gillard, et V. Baeten. 2018. "A mass spectrometry method for sensitive, specific and simultaneous detection of bovine blood meal, blood products and milk products in compound feed." *Food Chem* 245:981-988. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.11.074.
- Lecrenier, M. C., P. Veys, O. Fumiere, G. Berben, C. Saegerman, et V. Baeten. 2020. "Official Feed Control Linked to the Detection of Animal Byproducts: Past, Present, and Future." *J Agric Food Chem* 68 (31):8093-8103. doi: 10.1021/acs.jafc.0c02718.
- Maddison, B. C., C. A. Baker, L. A. Terry, S. J. Bellworthy, L. Thorne, H. C. Rees, et K. C. Gough. 2010. "Environmental sources of scrapie prions." *J Virol* 84 (21):11560-2. doi: 10.1128/JVI.01133-10.
- Martin, Davy, Fabienne Reine, Laetitia Herzog, Angélique Igel-Egalon, Naima Aron, Christel Michel, Mohammed Moudjou, Guillaume Fichet, Isabelle Quadrio, Armand Perret-Liaudet, Olivier Andréoletti, Human Rezaei, et Vincent Beringue. 2021. "Prion potentiation after life-long dormancy in mice devoid of PrP." *Brain Communications* 3 (2). doi: 10.1093/braincomms/fcab092.
- Mastrianni, J. A., R. Nixon, R. Layzer, G. C. Telling, D. Han, S. J. DeArmond, et S. B. Prusiner. 1999. "Prion protein conformation in a patient with sporadic fatal insomnia." *N Engl J Med* 340 (21):1630-8. doi: 10.1056/NEJM199905273402104.

- Mathiason, C. K., S. A. Hays, J. Powers, J. Hayes-Klug, J. Langenberg, S. J. Dahmes, D. A. Osborn, K. V. Miller, R. J. Warren, G. L. Mason, et E. A. Hoover. 2009. "Infectious prions in pre-clinical deer and transmission of chronic wasting disease solely by environmental exposure." *PLoS One* 4 (6):e5916. doi: 10.1371/journal.pone.0005916.
- Mathiason, C. K., J. G. Powers, S. J. Dahmes, D. A. Osborn, K. V. Miller, R. J. Warren, G. L. Mason, S. A. Hays, J. Hayes-Klug, D. M. Seelig, M. A. Wild, L. L. Wolfe, T. R. Spraker, M. W. Miller, C. J. Sigurdson, G. C. Telling, et E. A. Hoover. 2006. "Infectious prions in the saliva and blood of deer with chronic wasting disease." *Science* 314 (5796):133-6. doi: 10.1126/science.1132661.
- Miller, M. W., E. S. Williams, N. T. Hobbs, et L. L. Wolfe. 2004. "Environmental sources of prion transmission in mule deer." *Emerg Infect Dis* 10 (6):1003-6. doi: 10.3201/eid1006.040010.
- Moore, J., S. A. Hawkins, A. R. Austin, T. Konold, R. B. Green, I. W. Blamire, I. Dexter, M. J. Stack, M. J. Chaplin, J. P. Langeveld, M. M. Simmons, Y. I. Spencer, P. R. Webb, M. Dawson, et G. A. Wells. 2011. "Studies of the transmissibility of the agent of bovine spongiform encephalopathy to the domestic chicken." *BMC Res Notes* 4:501. doi: 10.1186/1756-0500-4-501.
- Moore, S. J., M. H. West Greenlee, N. Kondru, S. Manne, J. D. Smith, R. A. Kunkle, A. Kanthasamy, et J. J. Greenlee. 2017. "Experimental Transmission of the Chronic Wasting Disease Agent to Swine after Oral or Intracranial Inoculation." *J Virol* 91 (19). doi: 10.1128/JVI.00926-17.
- Moore, S. Jo, M. Heather West Greenlee, Naveen Kondru, Sireesha Manne, Jodi D. Smith, Robert A. Kunkle, Anumantha Kanthasamy, et Justin J. Greenlee. 2017. "Experimental Transmission of the Chronic Wasting Disease Agent to Swine after Oral or Intracranial Inoculation." *Journal of Virology* 91 (19):e00926-17. doi: 10.1128/jvi.00926-17.
- Moreno, C. R., K. Moazami-Goudarzi, P. Laurent, G. Cazeau, O. Androletti, S. Chadi, J. M. Elsen, et D. Calavas. 2007. "Which PrP haplotypes in a French sheep population are the most susceptible to atypical scrapie?" *Arch Virol* 152 (6):1229-32. doi: 10.1007/s00705-007-0956-7.
- Moum, T., I. Olsaker, P. Hopp, T. Moldal, M. Valheim, T. Moum, et S. L. Benestad. 2005. "Polymorphisms at codons 141 and 154 in the ovine prion protein gene are associated with scrapie Nor98 cases." *J Gen Virol* 86 (Pt 1):231-235. doi: 10.1099/vir.0.80437-0.
- Niermans, K., J. Woyzichovski, N. Kroncke, R. Benning, et R. Maul. 2019. "Feeding study for the mycotoxin zearalenone in yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae-investigation of biological impact and metabolic conversion." *Mycotoxin Res* 35 (3):231-242. doi: 10.1007/s12550-019-00346-y.
- Nonno, R., M. A. Di Bari, F. Cardone, G. Vaccari, P. Fazzi, G. Dell'Omo, C. Cartoni, L. Ingrosso, A. Boyle, R. Galeno, M. Sbriccoli, H. P. Lipp, M. Bruce, M. Pocchiari, et U. Agrimi. 2006. "Efficient transmission and characterization of Creutzfeldt-Jakob disease strains in bank voles." *PLoS Pathog* 2 (2):e12. doi: 10.1371/journal.ppat.0020012.
- Nonno, R., M. A. Di Bari, L. Pirisinu, C. D'Agostino, I. Vanni, B. Chiappini, S. Marcon, G. Riccardi, L. Tran, T. Vikoren, J. Vage, K. Madslie, G. Mitchell, G. C. Telling, S. L. Benestad, et U. Agrimi. 2020. "Studies in bank voles reveal strain differences between chronic wasting disease prions from Norway and North

- America." *Proc Natl Acad Sci U S A* 117 (49):31417-31426. doi: 10.1073/pnas.2013237117.
- Nonno, R., A. Marin-Moreno, J. Carlos Espinosa, C. Fast, L. Van Keulen, J. Spiropoulos, I. Lantier, O. Andreoletti, L. Pirisinu, M. A. Di Bari, P. Aguilar-Calvo, T. Sklaviadis, P. Papisavva-Stylianou, P. L. Acutis, C. Acin, A. Bossers, J. G. Jacobs, G. Vaccari, C. D'Agostino, B. Chiappini, F. Lantier, M. H. Groschup, U. Agrimi, J. Maria Torres, et J. P. M. Langeveld. 2020. "Characterization of goat prions demonstrates geographical variation of scrapie strains in Europe and reveals the composite nature of prion strains." *Sci Rep* 10 (1):19. doi: 10.1038/s41598-019-57005-6.
- Ochoa Sanabria, C., N. Hogan, K. Madder, C. Gillott, B. Blakley, M. Reaney, A. Beattie, et F. Buchanan. 2019. "Yellow Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor*) Fed Mycotoxin-Contaminated Wheat-A Possible Safe, Sustainable Protein Source for Animal Feed?" *Toxins (Basel)* 11 (5). doi: 10.3390/toxins11050282.
- Oonincx, Dennis, et Mark Finke. 2020. "Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition." *Journal of Insects as Food and Feed*:1-22. doi: 10.3920/JIFF2020.0050.
- Parchi, P., S. Capellari, S. Chin, H. B. Schwarz, N. P. Schechter, J. D. Butts, P. Hudkins, D. K. Burns, J. M. Powers, et P. Gambetti. 1999. "A subtype of sporadic prion disease mimicking fatal familial insomnia." *Neurology* 52 (9):1757-63. doi: 10.1212/wnl.52.9.1757.
- Pattison, I. H. 1991. "Origins of BSE." *Vet Rec* 128 (11):262-3. doi: 10.1136/vr.128.11.262-a.
- Paul, M., D. Abrial, N. Jarrige, S. Rican, M. Garrido, D. Calavas, et C. Ducrot. 2007. "Bovine spongiform encephalopathy and spatial analysis of the feed industry." *Emerg Infect Dis* 13 (6):867-71. doi: 10.3201/eid1306.061169.
- Piacenza, N., F. Kaltner, R. Maul, M. Gareis, K. Schwaiger, et C. Gottschalk. 2021. "Distribution of T-2 toxin and HT-2 toxin during experimental feeding of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*)." *Mycotoxin Res* 37 (1):11-21. doi: 10.1007/s12550-020-00411-x.
- Piao, Y. S., A. Kakita, H. Watanabe, T. Kitamoto, et H. Takahashi. 2005. "Sporadic fatal insomnia with spongiform degeneration in the thalamus and widespread PrPSc deposits in the brain." *Neuropathology* 25 (2):144-9. doi: 10.1111/j.1440-1789.2005.00608.x.
- Pirisinu, L., L. Tran, B. Chiappini, I. Vanni, M. A. Di Bari, G. Vaccari, T. Vikoren, K. I. Madslie, J. Vage, T. Spraker, G. Mitchell, A. Balachandran, T. Baron, C. Casalone, C. M. Rolandsen, K. H. Roed, U. Agrimi, R. Nonno, et S. L. Benestad. 2018. "Novel Type of Chronic Wasting Disease Detected in Moose (*Alces alces*), Norway." *Emerg Infect Dis* 24 (12):2210-2218. doi: 10.3201/eid2412.180702.
- Poma, Giulia, Matthias Cuykx, Elvio Amato, Chiara Calaprice, Jean Francois Focant, et Adrian Covaci. 2017. "Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption." *Food and Chemical Toxicology* 100:70-79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.12.006>.
- Post, K., D. Riesner, V. Walldorf, et H. Mehlhorn. 1999. "Fly larvae and pupae as vectors for scrapie." *Lancet* 354 (9194):1969-70. doi: 10.1016/S0140-6736(99)00469-9.
- Porschke, B., R. Scheibelberger, S. Axmann, A. Adler, et H. Jager. 2017. "Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on the

- growth performance and composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain." *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 34 (8):1410-1420. doi: 10.1080/19440049.2017.1299946.
- Race, R., et B. Chesebro. 1998. "Scrapie infectivity found in resistant species." *Nature* 392 (6678):770. doi: 10.1038/33834.
- Rubenstein, R., B. Chang, P. Gray, M. Piltch, M. S. Bulgin, S. Sorensen-Melson, et M. W. Miller. 2011. "Prion disease detection, PMCA kinetics, and IgG in urine from sheep naturally/experimentally infected with scrapie and deer with preclinical/clinical chronic wasting disease." *J Virol* 85 (17):9031-8. doi: 10.1128/JVI.05111-11.
- Saunders, G. C., S. Cawthraw, S. J. Mountjoy, J. Hope, et O. Windl. 2006. "PrP genotypes of atypical scrapie cases in Great Britain." *J Gen Virol* 87 (Pt 11):3141-3149. doi: 10.1099/vir.0.81779-0.
- Scaravilli, F., R. J. Cordery, H. Kretzschmar, P. Gambetti, B. Brink, V. Fritz, J. Temlett, C. Kaplan, D. Fish, S. F. An, W. J. Schulz-Schaeffer, et M. N. Rossor. 2000. "Sporadic fatal insomnia: a case study." *Ann Neurol* 48 (4):665-8.
- Segner, W. P., et C. F. Schmidt. 1971. "Heat resistance of spores of marine and terrestrial strains of *Clostridium botulinum* type C." *Appl Microbiol* 22 (6):1030-3.
- Simmons, M. M., S. J. Moore, T. Konold, L. Thurston, L. A. Terry, L. Thorne, R. Lockey, C. Vickery, S. A. Hawkins, M. J. Chaplin, et J. Spiropoulos. 2011. "Experimental oral transmission of atypical scrapie to sheep." *Emerg Infect Dis* 17 (5):848-54. doi: 10.3201/eid1705.101654.
- Simmons, M. M., S. J. Moore, R. Lockey, M. J. Chaplin, T. Konold, C. Vickery, et J. Spiropoulos. 2015. "Phenotype Shift from Atypical Scrapie to CH1641 following Experimental Transmission in Sheep." *PLoS One* 10 (2):e0117063. doi: 10.1371/journal.pone.0117063.
- Smith, C. B., C. J. Booth, et J. A. Pedersen. 2011. "Fate of prions in soil: a review." *J Environ Qual* 40 (2):449-61. doi: 10.2134/jeq2010.0412.
- Spiropoulos, J., R. Lockey, R. E. Sallis, L. A. Terry, L. Thorne, T. M. Holder, K. E. Beck, et M. M. Simmons. 2011. "Isolation of prion with BSE properties from farmed goat." *Emerg Infect Dis* 17 (12):2253-61. doi: 10.3201/eid1712.110333.
- Supervie, V., et D. Costagliola. 2004. "The unrecognised French BSE epidemic." *Vet Res* 35 (3):349-62. doi: 10.1051/vetres:2004016.
- Tamguney, G., M. W. Miller, L. L. Wolfe, T. M. Sirochman, D. V. Glidden, C. Palmer, A. Lemus, S. J. DeArmond, et S. B. Prusiner. 2009. "Asymptomatic deer excrete infectious prions in faeces." *Nature* 461 (7263):529-32. doi: 10.1038/nature08289.
- Thackray, A. M., O. Andreoletti, et R. Bujdoso. 2016. "Bioassay of prion-infected blood plasma in PrP transgenic *Drosophila*." *Biochem J* 473 (23):4399-4412. doi: 10.1042/BCJ20160417.
- Thackray, A. M., O. Andreoletti, et R. Bujdoso. 2018a. "Mammalian prion propagation in PrP transgenic *Drosophila*." *Brain* 141 (9):2700-2710. doi: 10.1093/brain/awy183.
- Thackray, A. M., O. Andreoletti, et R. Bujdoso. 2018b. "The use of PrP transgenic *Drosophila* to replace and reduce vertebrate hosts in the bioassay of mammalian prion infectivity." *F1000Res* 7:595. doi: 10.12688/f1000research.14753.1.

- Thackray, A. M., A. Cardova, H. Wolf, L. Pradl, I. Vorberg, W. S. Jackson, et R. Bujdoso. 2017. "Genetic human prion disease modelled in PrP transgenic *Drosophila*." *Biochem J* 474 (19):3253-3267. doi: 10.1042/BCJ20170462.
- Thackray, A. M., Y. Di, C. Zhang, H. Wolf, L. Pradl, I. Vorberg, O. Andreoletti, et R. Bujdoso. 2014. "Prion-induced and spontaneous formation of transmissible toxicity in PrP transgenic *Drosophila*." *Biochem J* 463 (1):31-40. doi: 10.1042/BJ20140129.
- Thackray, A. M., L. Hopkins, M. A. Klein, et R. Bujdoso. 2007. "Mouse-adapted ovine scrapie prion strains are characterized by different conformers of PrP<sup>Sc</sup>." *J Virol* 81 (22):12119-27. doi: 10.1128/JVI.01434-07.
- Thackray, A. M., B. Lam, A. Shahira Binti Ab Razak, G. Yeo, et R. Bujdoso. 2020. "Transcriptional signature of prion-induced neurotoxicity in a *Drosophila* model of transmissible mammalian prion disease." *Biochem J* 477 (4):833-852. doi: 10.1042/BCJ20190872.
- Thackray, A. M., R. Lockey, K. E. Beck, J. Spiropoulos, et R. Bujdoso. 2012. "Evidence for co-infection of ovine prion strains in classical scrapie isolates." *J Comp Pathol* 147 (2-3):316-29. doi: 10.1016/j.jcpa.2012.01.009.
- Thackray, A. M., F. Muhammad, C. Zhang, Y. Di, T.R. Jahn, M. Landgraf, D. C. Crowther, J. F. Evers, et R. Bujdoso. 2012. "Ovine PrP transgenic *Drosophila* show reduced locomotor activity and decreased survival." *Biochem J* 444 (3):487-95. doi: 10.1042/BJ20112141.
- Tixador, P., L. Herzog, F. Reine, E. Jaumain, J. Chapuis, A. Le Dur, H. Laude, et V. Beringue. 2010. "The physical relationship between infectivity and prion protein aggregates is strain-dependent." *PLoS Pathog* 6 (4):e1000859. doi: 10.1371/journal.ppat.1000859.
- Truzzi, C., A. Annibaldi, F. Girolametti, L. Giovannini, P. Riolo, S. Ruschioni, I. Olivotto, et S. Illuminati. 2020. "A Chemically Safe Way to Produce Insect Biomass for Possible Application in Feed and Food Production." *Int J Environ Res Public Health* 17 (6). doi: 10.3390/ijerph17062121.
- Truzzi, C., S. Illuminati, F. Girolametti, M. Antonucci, G. Scarponi, S. Ruschioni, P. Riolo, et A. Annibaldi. 2019. "Influence of Feeding Substrates on the Presence of Toxic Metals (Cd, Pb, Ni, As, Hg) in Larvae of *Tenebrio molitor*: Risk Assessment for Human Consumption." *Int J Environ Res Public Health* 16 (23). doi: 10.3390/ijerph16234815.
- Van Broekhoven, S., Q.H.T. Doan, A. Van Huis, et J.J.A Van Loon. 2014. "Exposure of tenebrionid beetle larvae to mycotoxin-contaminated diets and methods to reduce toxin levels." *Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet.*, 25 : 47-58.
- Van Broekhoven, S., J. Mota-Gutierrez, T. C. Rijk, M. Nijs, et J.J.A Van Loon. 2017. "Degradation and excretion of the *Fusarium* toxin deoxynivalenol by an edible insect, the Yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.)." *World Mycotoxin Journal* 10:1-8. doi: 10.3920/WMJ2016.2102.
- van der Fels-Klerx, H. J., L. Camenzuli, M. K. van der Lee, et D. G. Oonincx. 2016. "Uptake of Cadmium, Lead and Arsenic by *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* from Contaminated Substrates." *PLoS One* 11 (11):e0166186. doi: 10.1371/journal.pone.0166186.
- Vikoren, T., J. Vage, K. I. Madslie, K. H. Roed, C. M. Rolandsen, L. Tran, P. Hopp, V. Veiberg, M. Heum, T. Moldal, C. G. D. Neves, K. Handeland, B. Ytrehus, O. Kolbjornsen, H. Wisloff, R. Terland, B. Saure, K. M. Dessen, S. G. Svendsen, B. S. Nordvik, et S. L. Benestad. 2019. "First Detection of Chronic Wasting

- Disease in a Wild Red Deer (*Cervus elaphus*) in Europe." *J Wildl Dis* 55 (4):970-972.
- Wadsworth, J. D., E. A. Asante, M. Desbruslais, J. M. Linehan, S. Joiner, I. Gowland, J. Welch, L. Stone, S. E. Lloyd, A. F. Hill, S. Brandner, et J. Collinge. 2004. "Human prion protein with valine 129 prevents expression of variant CJD phenotype." *Science* 306 (5702):1793-6. doi: 10.1126/science.1103932.
- Wang, Huarui, Kashif ur Rehman, Weijian Feng, Dan Yang, Rashid ur Rehman, Minmin Cai, Jibin Zhang, Ziniu Yu, et Longyu Zheng. 2020. "Physicochemical structure of chitin in the developing stages of black soldier fly." *International Journal of Biological Macromolecules* 149:901-907. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.293>.
- Wisniewski, H. M., S. Sigurdarson, R. Rubenstein, R. J. Kascsak, et R. I. Carp. 1996. "Mites as vectors for scrapie." *Lancet* 347 (9008):1114. doi: 10.1016/s0140-6736(96)90310-4.
- Wyckoff, A. C., S. Kane, K. Lockwood, J. Seligman, B. Michel, D. Hill, A. Ortega, M. R. Mangalea, G. C. Telling, M. W. Miller, K. Vercauteren, et M. D. Zabel. 2016. "Clay Components in Soil Dictate Environmental Stability and Bioavailability of Cervid Prions in Mice." *Front Microbiol* 7:1885. doi: 10.3389/fmicb.2016.01885.
- Zagrobelyny, M., C. P. de Castro É, B. L. Møller, et S. Bak. 2018. "Cyanogenesis in Arthropods: From Chemical Warfare to Nuptial Gifts." *Insects* 9 (2). doi: 10.3390/insects9020051.

---

# ANNEXES

---

## Annexe 1 : Lettre de saisine



**MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DE LA  
RELANCE

Direction générale de la concurrence, de la  
consommation et de la répression des fraudes

Service de la protection des consommateurs et de la  
régulation des marchés

Sous-direction des marchés agroalimentaires

Bureau des marchés des produits d'origine animale et  
de l'alimentation animale

59, boulevard Vincent Auriol  
75703 PARIS CEDEX 13 – Teledoc 251

Dossier suivi par F.X. LECHENET  
Mél : [bureau-4d@dgccrf.finances.gouv.fr](mailto:bureau-4d@dgccrf.finances.gouv.fr)

2020-SA-0094

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET, DE L'ALIMENTATION

Direction générale de l'alimentation

Service des actions sanitaires en production primaire

Sous-direction de la santé et du bien-être animal

Bureau de la prévention des risques sanitaires en élevage

251, rue de Vaugirard  
75732 PARIS CEDEX

Dossier suivi par : S. AMSLER  
Mél : [bispe.sdsna.dgal@agriculture.gouv.fr](mailto:bispe.sdsna.dgal@agriculture.gouv.fr)

à

Monsieur le Directeur Général  
de l'Agence nationale de  
sécurité sanitaire de  
l'alimentation, de  
l'environnement et du travail  
27-31 avenue du Général Leclerc - BP 19  
94701 Maisons - Alfort cedex

Paris, le 06 juillet 2020

**Objet : Demande d'avis de l'ANSES sur l'évaluation du risque relatif à un allègement du « feed ban » et à l'utilisation de graisses fondues de ruminants en alimentation animale**

Conformément aux articles L. 1313-1 et 1313-3 du Code de la santé publique, j'ai l'honneur de solliciter un avis de l'Anses sur l'allègement du « feed ban » et l'utilisation de graisses fondues de ruminants en alimentation animale.

Cette saisine vise à actualiser les avis rendus suite aux saisines suivantes :

1. saisine n°2011-SA-0014<sup>1</sup>, relative à l'introduction des protéines animales transformées dans l'alimentation de certains animaux de rente (PAT de porcs pour les volailles et PAT de volailles pour les porcs);

<sup>1</sup> Avis du 25 octobre 2011 relatif à l'évaluation du risque sanitaire lié à l'introduction des protéines animales transformées dans l'alimentation de certains animaux de rente

2. saisines relatives à la « valorisation des tissus adipeux récoltés sur les carcasses de ruminants en alimentation animale » en vue d'une proposition d'abrogation de l'AM du 18/07/2006 (dont la dernière est la saisine n° 2014-SA-0158<sup>2</sup>).

#### I. Actualisation de l'avis du 25 octobre 2011 (saisine n°2011-SA-0014)

##### CONTEXTE :

Dans le cadre de la prévention de certaines encéphalopathies spongiformes transmissibles (E.S.T.), le règlement (CE) n°999/2001<sup>3</sup> (appelé « Feed Ban ») a fixé des règles pour l'alimentation des animaux d'élevage en interdisant l'utilisation de protéines animales dans l'alimentation des ruminants ainsi que dans celle des autres animaux d'élevage. L'annexe IV précise les modalités de dérogation à ces interdictions. L'usage de protéines animales transformées (PAT) de poisson est autorisé à tous les monogastriques (dont ruminants non sevrés).

La 2<sup>e</sup> feuille de route sur les encéphalopathies spongiformes transmissibles (E.S.T.)<sup>4</sup> prévoit l'allègement de plusieurs mesures de gestion du risque E.S.T., dont l'allègement du « feed ban ».

Ainsi, en 2013, le règlement (CE) n°999/2001 a été modifié pour permettre l'utilisation de PAT de porcs et de volailles en aquaculture.

En 2017, la possibilité d'utilisation des PAT d'insectes dans l'alimentation des animaux d'aquaculture a été introduite dans l'annexe IV du règlement (CE) n°999/2001.

**La Commission européenne propose un nouvel assouplissement du « feed ban », avec la possible autorisation des PAT de porcs dans l'alimentation des volailles, des PAT de volailles dans l'alimentation des porcs, et des PAT d'insectes dans l'alimentation des porcs et volailles.**

En 2011, l'ANSES a rendu un avis (saisine n°2011-SA-0014) sur l'utilisation possible des PAT de porcs pour les volailles et des PAT de volailles pour les porcs. L'ANSES a estimé que le respect des conditions de sécurisation des filières et de validation de méthodes d'analyse seraient des prérequis à cette utilisation. A l'époque, l'ANSES avait estimé que les conditions permettant une utilisation sécurisée des PAT n'étaient pas totalement réunies.

Les méthodes de détection de l'ADN de porc et de volailles sont maintenant validées, de même que la méthode de détection des protéines d'insectes.

Le projet de texte présenté par la Commission prévoit une séparation des filières<sup>5</sup>. Des dérogations sont prévues, mais avec des exigences strictes entre autres de séparation de lignes et d'analyses régulières de produits.

L'EFSA a adopté le 7 juin 2018 un avis sur cette thématique<sup>6</sup>.

##### PORTEE DE LA SAISINE :

<sup>2</sup> Avis du 29 juin 2015 relatif à « la valorisation des tissus adipeux récoltés sur les carcasses de ruminants en alimentation animale »

<sup>3</sup> Règlement (CE) n°999/2001 du Parlement européen et du Conseil du 22 mai 2001 modifié, *fixant les règles pour la prévention, le contrôle et l'éradication de certaines encéphalopathies spongiformes transmissibles*.

<sup>4</sup> Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil. Feuille de route n° 2 pour les EST : document de stratégie sur les encéphalopathies spongiformes transmissibles pour 2010-2015 en date du 16/07/2010

<sup>5</sup> Non paper Annex IV 999-2001 - annex version 20200221, présenté lors du groupe de travail sur les EST du 25/02/2020

<sup>6</sup> Updated quantitative risk assessment (QRA) of the BSE risk posed by processed animal protein (PAP). EFSA Journal 2018;16(7):5314

Au regard des éléments exposés ci-dessus et des données scientifiques disponibles, il est demandé à l'ANSES :

- de mettre à jour son avis de 2011 sur l'utilisation possible des PAT de porcs pour les volailles et des PAT de volailles pour les porcs ;
- d'étendre l'expertise à l'utilisation des PAT d'insectes pour les porcs et les volailles, en prenant en compte l'avis de l'EFSA du 5 octobre 2015<sup>7</sup> et l'avis de l'Anses du 12 février 2015<sup>8</sup>.

## II. Actualisation de l'avis du 29 juin 2015 (saisine n°2014-SA-0158)

### CONTEXTE :

**La production de graisses fondues et leur utilisation en alimentation animale sont prévues par les règlements européens relatifs aux sous-produits animaux (règlements (CE) n°1069/2009<sup>9</sup> et (UE) n°142/2011<sup>10</sup>). Ces exigences figuraient pour la majorité d'entre elles dans le règlement (CE) n°1774/2002, abrogé par les règlements sus-cités.**

**En France, l'arrêté du 18 juillet 2006<sup>11</sup> impose des restrictions supplémentaires à leur production, leur usage en alimentation animale et leurs échanges.**

Certaines des dispositions de l'arrêté du 18 juillet 2006 sont redondantes par rapport à la réglementation européenne. En outre, la principale référence de cet arrêté est le règlement (CE) n°1774/2002, qui a été abrogé par le règlement (CE) n°1069/2009 sus-cité.

De plus, sur certains points, l'arrêté du 18 juillet 2006 est plus restrictif que la réglementation européenne harmonisée. Or l'article 34 du règlement (UE) n°142/2011 indique :

*« L'autorité compétente n'interdit pas et ne limite pas la mise sur le marché des sous-produits animaux et des produits dérivés mentionnés ci-après pour des raisons de santé publique ou de santé animale autres que celles prévues dans la législation de l'Union, en particulier dans le règlement (CE) n°1069/2009 et dans le présent règlement:*

*a) les protéines animales transformées et les autres produits dérivés visés à l'annexe X, chapitre II, du présent règlement;*

*b) les aliments pour animaux familiers et certains autres produits dérivés visés à l'annexe XIII du présent règlement;*

*c) les sous-produits animaux et les produits dérivés importés ou en transit dans l'Union visés à l'annexe XIV du présent règlement. »*

<sup>7</sup> Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA Journal 2015;13(10):4257

<sup>8</sup> Avis de l'Anses relatif à « la valorisation des insectes dans l'alimentation et l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires en lien avec la consommation des insectes » (saisine n° 2014-SA-0153)

<sup>9</sup> Règlement (CE) n°1069/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement (CE) n°1774/2002

<sup>10</sup> Règlement (UE) n°142/2011 de la Commission du 25 octobre 2011 portant application du règlement (CE) n°1069/2009

<sup>11</sup> Arrêté du 18 juillet 2006 portant interdiction de l'emploi de certaines protéines, phosphates et graisses d'origine animale dans l'alimentation et la fabrication d'aliments des animaux d'élevage et fixant des conditions supplémentaires aux échanges, aux importations et aux exportations de certains produits d'origine animale destinés à l'alimentation et à la fabrication d'aliments des animaux d'élevage

Les graisses fondues sont incluses dans les produits dérivés visés à l'annexe X du règlement (UE) n°142/2011.

Cet arrêté est donc non conforme à la réglementation européenne actuelle, que ce soit en France ou pour les échanges internationaux, mais est basé sur des avis de l'ANSES du 27 janvier 2005<sup>12</sup>, du 30 janvier 2006<sup>13</sup> et du 15 mai 2006<sup>14</sup>. De ce fait, un contentieux de la part des opérateurs du secteur n'est pas à écarter.

**Pour ces raisons, une révision voire une abrogation de l'arrêté est envisagée par la DGAL.**

L'Anses a déjà rendu plusieurs avis sur les risques liés à la valorisation en alimentation animale de tissus adipeux et graisses fondues de ruminants. Dans le cadre des réflexions sur le devenir de l'arrêté du 18/07/2006, il convient de réévaluer le risque sanitaire éventuellement posé par les usages de graisses de ruminants qui sont autorisés par la réglementation européenne et actuellement interdits par cet arrêté.

#### **PORTEE DE LA SAISINE :**

Au regard des éléments exposés ci-dessus et des éléments scientifiques disponibles, il est demandé à l'ANSES de mettre à jour ses avis sur l'utilisation des tissus adipeux et graisses fondues de ruminants afin de décider d'une simplification voire d'une abrogation de l'AM du 18/07/2006.

Une attention particulière sera portée à la distinction entre les tissus adipeux et les graisses fondues d'une part, et entre les bovins et les petits ruminants d'autre part. Les graisses fondues C3 sont produites après transformation des tissus adipeux et des viandes de ruminants d'animaux jugés aptes à l'abattage et qui n'ont pas présenté de signe de maladie transmissible aux hommes ou aux animaux. L'origine des graisses fondues sera également à prendre en compte (fonderie, industrie agro-alimentaire).

#### **DELAI SOUHAITE :**

Le calendrier de la Commission européenne pour l'allègement du « feed ban » étant fixé sur l'année 2020, une réponse est souhaitée au plus tard le 1<sup>er</sup> décembre 2020 en ce qui concerne la mise à jour de l'avis du 25 octobre 2011 (saisine n°2011-SA-0014).

Concernant la mise à jour de l'avis du 29 juin 2015, une réponse est souhaitée au plus tard pour le 1<sup>er</sup> mars 2021.

#### **DESTINATAIRES POUR LA REPONSE PAR MAIL :**

[francois-xavier.lechenet@dgccrf.finances.gouv.fr](mailto:francois-xavier.lechenet@dgccrf.finances.gouv.fr) [sandrine.amster@agriculture.gouv.fr](mailto:sandrine.amster@agriculture.gouv.fr)

[berengere.comon@dgccrf.finances.gouv.fr](mailto:berengere.comon@dgccrf.finances.gouv.fr) [sandra.lefouille@agriculture.gouv.fr](mailto:sandra.lefouille@agriculture.gouv.fr)

[bureau-4D@dgccrf.finances.gouv.fr](mailto:bureau-4D@dgccrf.finances.gouv.fr)

[bprse.sdsbea.dgal@agriculture.gouv.fr](mailto:bprse.sdsbea.dgal@agriculture.gouv.fr)

[sdsbea.dgal@agriculture.gouv.fr](mailto:sdsbea.dgal@agriculture.gouv.fr)

[saisines-anses.dgal@agriculture.gouv.fr](mailto:saisines-anses.dgal@agriculture.gouv.fr)

<sup>12</sup> Avis de l'AFSSA concernant un projet d'arrêté établissant des règles sanitaires applicables à certains sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine (saisine n° 2004-SA-0300)

<sup>13</sup> Avis de l'AFSSA relatif à la levée des mesures de restriction liées à l'après fente des carcasses de ruminants (saisine n° 2005-SA-0277)

<sup>14</sup> Avis de l'AFSSA sur un projet d'arrêté portant interdiction de l'emploi de certaines protéines, phosphates et graisses d'origine animale dans l'alimentation et la fabrication d'aliments des animaux d'élevage et abrogeant l'arrêté du 24 juillet 1990 (saisine n° 2006-SA-0106)

Nos services se tiennent à votre disposition pour vous apporter toute information complémentaire.

Nous vous remercions de bien vouloir accuser réception de la présente demande en nous précisant le ou les comités d'experts spécialisés qui sont saisis du dossier.

La Directrice générale de la concurrence,  
de la consommation et de la répression  
des fraudes

Virginie BEAUMEUNIER



Le Directeur général de l'alimentation

Bruno FERREIRA



## Annexe 2 : Rappels réglementaires

### Rappels réglementaires sur les méthodes de transformation des matières de cat 3

Le règlement (CE) n°142/2011 définit les méthodes de transformation des matières de catégorie 3, dans son annexe IV chapitre 3.

Les méthodes 1 à 5 comprennent notamment les paramètres suivants :

Méthode	Taille maximale des particules	Températures min	Durées	Pression
1	50 mm	133°C	20 minutes	3 Bars
2	150 mm	100 °C 110 °C 120 C	125 min 120 min 50 min	-
3	30 mm	100°C 110°C 120	95 min 55min 13min	-
4	30 mm	100 °C 110 °C 120°C 130 °C	16 min 13 min 8 min 3 min	-
5	20 mm	80°C 100°C	120 min 60 min	-

Dans le cas de la méthode 7, il s'agit de tout autre procédé devant être autorisé par l'Autorité compétente et devant avoir fait l'objet d'une analyse des dangers et de sa capacité à les maîtriser. Des normes microbiologiques sont par ailleurs prévues, sur le produit final pendant 30 jours de production (vis à vis de *Clostridium perfringens*, *Salmonella* et *Enterobacteriaceae* ...).

Seule la méthode 1, (aussi appelée dans le règlement « stérilisation sous pression »), réduit significativement l'infectiosité liée au prion [avec un abattement de 2 à 7 unités logarithmiques de l'infectiosité selon la souche de prion considérée (Giles et al., 2008 ; Taylor et al., 2000)], sans pour autant garantir l'absence totale d'infectiosité du produit transformé.

Les protéines animales transformées issues de mammifères doivent avoir été soumises à la méthode de transformation 1 (stérilisation sous pression) si elles sont utilisées comme matière première pour aliments pour animaux (règlement (CE) n°142/2011, annexe X) à l'exception des farines de sang,

Les protéines animales transformées ne provenant pas de mammifères (ie : volaille, insecte), à l'exclusion des farines de poisson, doivent avoir été soumises à l'une des méthodes de transformation 1 à 5 ou à la méthode de transformation 7.

Par ailleurs, des PAT, quelle que soit l'espèce peuvent être produites à l'aide des méthode 2 à 5 et 7 si elles sont ensuite détruites, utilisées comme combustible ou comme matières fertilisante et support de culture.

## Annexe 3 : Auditions et contributions des industriels

### I. Contribution du SIFCO



Questionnaire ANSES du 23-11-20  
Réponses du SIFCO - le 02-12-20

#### 1. Circuits de fabrication des PAT

Préliminaires :

- La réglementation a mise en place trois catégories de matières. Seules les coproduits/sous-produits animaux de catégorie 3 sont utilisés pour la production de PAT. Les circuits de collecte sont adaptés par types de produits (le sang par exemple a un circuit spécifique non utilisable pour d'autres matières) et séparés par espèce.
- Le SIFCO considère que la traduction de la notion de « by-products » en « sous-produits » est erronée. Il utilise donc, comme synonyme, le vocable « coproduit ».

La production des protéines animales transformées (PAT) suit le process suivant :

- Collecte des coproduits animaux, matières premières, dans des camions adaptés aux matières et aux types de collecte (principalement bennes vrac pour les solides ou citerne pour les liquides), chez les fournisseurs (abattoirs, ateliers de découpe, boucheries, GMS).
- Chaque camion est orienté vers l'établissement dédié à la transformation des coproduits qu'il contient.
- Une fois les coproduits versés dans la trémie, la transformation est réalisée dans une ligne totalement séparée de toute autre ligne et dans des équipements fermés jusqu'à la sortie de la PAT.
- Après transformation, la PAT est stockée dans un silo en attente de chargement dans le camion. En fonction des demandes des clients, les PAT peuvent être ensachées dans des bigs bags et livrées comme telles aux clients.
- Le camion est ensuite expédié directement vers l'usine de fabrication d'aliments pour animaux.

*Par exemple : les pattes et têtes de poulets sont collectées dans un abattoir de volailles, collectées dans un camion benne dédié C3, transformées dans une usine spécialisée dans la production de PAT de volailles. La PAT obtenue est ensuite expédiée vers une usine de production de petfood voire d'aliments aquacoles.*

#### 2. Séparation des usines traitant les coproduits de catégorie 3 par espèce

Depuis plusieurs années, avec le développement des marchés et les exigences des clients, en plus des contraintes réglementaires, les entreprises ont mis en place une séparation stricte des circuits de collecte, de transformation et d'expédition des coproduits animaux par type et/ou par espèce animale.

Avec le retour de l'exportation des PAT de ruminants vers les pays tiers et l'autorisation d'emploi des PAT issues de non-ruminants en aquaculture (modification du règlement (CE) n° 999/2001), les entreprises ont renforcé ces séparations. Les agréments délivrés aux usines par les services sanitaires, au titre du règlement (CE) n° 999/2001, démontrent

---

la mise en place de cette stricte séparation des espèces. En particulier, la mise en place, dans le cadre de ce règlement, d'une filière totalement dédiée aux matières issues de non-ruminants (porc et volaille principalement) était une obligation pour permettre la mise sur le marché de ces PAT de porcs ou volailles à des fins d'alimentation des animaux d'aquaculture d'élevage (PAT de ruminants interdites dans cette filière). En outre, des tests ADN réalisés régulièrement par les entreprises garantissent l'effectivité de cette séparation (absence de traces de ruminants dans les PAT fabriquées dans des filières dédiées non-ruminant).

Celle-ci est mise en place sur l'intégralité de la chaîne de production, en commençant par les fournisseurs des coproduits animaux qui doivent séparer les abattages et autres activités par espèce pour bénéficier de l'agrément. La collecte est réalisée dans des contenants dédiés à l'espèce puis les coproduits sont traités dans une usine dédiée à cette même espèce. Les produits dérivés (PAT et graisses) ainsi fabriqués sont ensuite expédiés dans des contenants dédiés à l'espèce vers des destinations autorisées pour cette espèce.

### **3. Application du caractère dédié des transports**

Les contraintes sanitaires et les exigences des clients ont amené les transformateurs de coproduits animaux à mettre en place des flottes dédiées par espèce.

Concernant la matière première, les coproduits animaux, leurs caractéristiques techniques de collecte nécessite des camions spécifiques dédiés à cette activité, même en cas de sous-traitance.

Quant au produit fini, les produits dérivés de la transformation des coproduits animaux, c'est-à-dire les protéines animales transformées (PAT) et les corps gras, sont transportés dans des contenants répondant à des contraintes strictes pour éviter toute contamination croisée entre différents types de produits (incompatibles entre eux) et entre les espèces. Les contenants affrétés par des transporteurs sous-traitants sont soumis aux mêmes contraintes.

### **4. Quels sont les principaux débouchés des PAT aujourd'hui ?**

La liste des débouchés par catégorie, voire par type de coproduits, est prévue dans la réglementation « sous-produits animaux » (règlements (CE) n° 1069/2009 et (UE) n° 142/2011).

Le débouché principal des protéines animales transformées est l'alimentation des animaux de compagnie (petfood) (87% de la production en 2019). Les PAT issues de toutes les espèces animales sont utilisables en petfood. Les espèces, qualités et caractéristiques varient selon les exigences de chaque client.

Les autres débouchés sont l'alimentation des animaux terrestres ou d'aquaculture (5%) et la production de fertilisants (8%). Ces débouchés dépendent des caractéristiques intrinsèques de produits. Ainsi, les farines d'os et de plumes sont prisées de la fertilisation alors que l'alimentation animale se procure principalement des farines de poissons.

Questionnaire ANSES – Réponses du SIFCO du 2 décembre 2020

Les statistiques de production annuelle des adhérents du SIFCO (représentant environ 95% des volumes français) sont présentées dans le tableau ci-dessous :

PAT Catégorie 3 Année 2019	SORTIES TOTALES	Energie	Fertilisant	Petfood et animaux à fourrure	Alimentation animaux terrestres	Aquaculture
Farine d'os	31 837		17 503	14 334		
PAT multispèces dont ruminant	161 002	455	5 736	154 811		
Farine de plumes/soies	36 614	41	6 478	26 580		3 515
PAT de volaille	95 631		390	93 619		1622
PAT de porc	59 574	115	2 568	56 891		
Cretons	16 929			16 929		
PAT de sang* Produits sanguins	32 015	38	2 443	27 194	986	1 354
Farine de poisson PAT d'insectes	22 620			5 486	5 017	12 117
<b>TOTAL PROTEINES</b>	<b>456 222</b>	<b>649</b>	<b>35 118</b>	<b>395 844</b>	<b>6 003</b>	<b>18 608</b>

*\*les PAT de sang ne sont jamais destinées à l'alimentation des animaux d'élevage terrestres. Dans cette ligne, seuls les produits sanguins ont donc cette destination.*

### 5. Bilan actuel de l'exportation (Pays tiers) des coproduits de catégorie 3.

En 2019, 125 500 tonnes de PAT ont été exportées vers les Pays Tiers en alimentation animale, principalement pour l'alimentation des animaux de compagnie. Ces exportations sont réalisées dans un cadre strictement contrôlé (certificats sanitaires, ...). Pour les PAT « multi-espèces » (issues pour tout ou partie de coproduits de ruminants), le règlement (CE) n° 999/2001 a mis en place un dispositif de « canalisation » spécifique avec encadrement documentaire et contrôle au point de sortie de l'UE.

Questionnaire ANSES – Réponses du SIFCO du 2 décembre 2020

**6. S'agissant de la méthode n°7, (tout procédé ayant notamment fait l'objet d'une analyse des dangers, et d'une validation par l'Autorité compétente) quelle est la proportion d'usines la pratiquant, et pouvez-vous nous donner quelques exemples de barème temps températures utilisés concrètement pour les PAT pour cette « méthode 7 » ?**

La plupart des usines de transformation de catégorie 3 utilisent une méthode 7 qui est la méthode la plus adaptée pour répondre au respect de la qualité des produits et aux exigences tant réglementaires que commerciales.

De plus, certains process requièrent des technologies spécifiques pour traiter des coproduits particuliers (par exemple os, gras, sang), et les autres méthodes de transformation normalisées (n° 1 à n° 6) décrites par la réglementation ne sont pas adaptées à ces process.

S'agissant des barèmes temps / température :

Un barème temps / température particulier a été défini au cas par cas pour chaque ligne de process. Chaque ligne a en effet ses contraintes propres du fait :

- Des spécificités des matières premières traitées du point de vue des espèces animales et des types de matières, soit ciblés sur un type donné (plume, sang, ...), soit sous forme d'un mélange de diverses matières.
- Des contraintes techniques des installations : géométrie des équipements, montée en température progressive, fonctionnement en continu ou en discontinu, application d'une pression, ...
- Des exigences clients : certaines spécifications qualité (digestibilité par exemple) nécessitant de maîtriser finement la température mise en œuvre.

Il est également rappelé que la vocation de ces procédés est d'appliquer un traitement thermique assainissant aux coproduits animaux en retirant l'eau qu'ils contiennent. Les coproduits à traiter ne contenant pas tous la même proportion d'eau (selon qu'il s'agit de sang, d'os, de gras, ...), cela influencera les débits de passage et donc le temps de séjour dans les équipements.

Compte tenu de tout cela, il serait illusoire de spécifier des couples temps / température représentatifs compte tenu de cette diversité et de la quantité de lignes concernées (plusieurs dizaines en France).

Des températures de traitement basses pouvant être rencontrées seront de l'ordre de 80 à 90 °C par exemple pour des fontes de gras. Bon nombre de procédés opérant une déshydratation par évaporation de l'eau opéreront dans des plages de température de 110 à 130 °C. Certains traitements de séchage comme étape de « finition » pourront être à des températures plus basses (100 à 110 °C) compte tenu de la plus faible proportion d'eau à retirer.

Les temps de séjour dans les équipements de traitement thermique sont très variables, et peuvent aller de quelques minutes à plusieurs heures.

Il est à noter qu'une forte proportion de procédés agréés au titre de la méthode 7 fonctionnent en continu. De ce fait, le temps de séjour à une température donnée ne peut pas être mesuré directement. La maîtrise du paramètre temporel est dans ce cas assurée soit par la connaissance du débit de matières entrant dans l'équipement de traitement, soit par le suivi de paramètres techniques (ampérage de vis d'alimentation, débit de vapeur demandée par le process pour assurer l'évaporation, ...) pouvant être corrélés au débit d'alimentation en matières.

\*\*\*

## II- Contribution de la Célene



Le 2 décembre 2020

### Contribution de Célene concernant le projet de modification de l'Annexe IV du règlement (CE) N° 999/2001 du Parlement Européen et du Conseil relatif aux interdictions en alimentation animale

#### Contexte

Vous nous avez sollicité sur le projet de règlement visant à assouplir le feed ban, tenant compte du contexte épidémiologique vis-à-vis de l'ESB, en constante amélioration.

Nous abordons ce sujet avec une grande prudence car la filière de production de viande bovine a été très affectée par la crise de l'ESB des années 2000. Soucieux d'éviter la reproduction d'un tel accident technologique, nous suivons scrupuleusement les avis des autorités sanitaires (AESA, ANSES) qui sont nos garde-fous en la matière.

Ainsi étant donné que le principal pilier de la lutte contre les EST est la bonne gestion des MRS (Matériels à Risque Spécifiés), les organisations professionnelles, membres de Célene, ont créé dès 2003 un guide de gestion des MRS de bovins et d'ovins-caprins à l'attention des opérateurs d'abattoir.

Ce guide pédagogique donne accès aux exploitants à la réglementation actualisée, aux meilleurs techniques disponibles en la matière et à une grille d'audit leur permettant de s'évaluer et former leurs collaborateurs. Il est actualisé à chaque modification réglementaire. A titre d'illustration, vous trouverez ci-joint les dernières versions de ces guides (septembre 2017 pour le guide bovins et novembre 2019 pour le guide ovins-caprins).

Ces guides ont notamment pour but d'éviter la contamination fortuite des SPAn (sous-produits animaux) de catégorie 3, par des SPAn de catégorie 1. Or l'enjeu porté par le projet sur lequel vous nous consultez, est différent mais proche : Il s'agit d'éviter les contaminations croisées entre les PAT issues de SPAn C3 de volaille d'une part et de SPAn C3 de porc d'autre part. La maîtrise de cet enjeu est aussi importante pour nous que la maîtrise de l'enjeu précédent car elle conditionne la possibilité d'utiliser les PAT en alimentation animale ce qui est intéressant à double titre. Cela permet en effet :

- aux producteurs de SPAn de monogastriques d'avoir, pour les PAT qui en sont issues, un débouché autre que celui du pet food et donc d'apporter un service supplémentaire à la société ;
- aux formulateurs d'aliment d'avoir accès à une matière première dont les caractéristiques nutritionnelles étaient jugées intéressantes dans l'avis de l'ANSES d'octobre 2011<sup>1</sup>, notamment au regard de leur digestibilité et de leur teneur élevée en protéines brutes. Ce dernier facteur est particulièrement important lorsque l'on cherche des substituts au soja importé d'Amérique du Sud.

<sup>1</sup> Avis de l'ANSES « Evaluation du risque sanitaire lié à l'introduction des protéines animales transformées dans l'alimentation de certains animaux de rente », octobre 2011

Célene - 17 place des Vins de France 75012 Paris / Tél : 01 43 46 86 77 / E-mail : [c.lapasin@celene.fr](mailto:c.lapasin@celene.fr)

Célene est une association loi 1901 qui coordonne les questions d'énergie et d'environnement pour le compte des organisations professionnelles représentant les entreprises françaises d'abattage et de préparation de viandes :  
La coopération agricole-Pôle animal / Culture viande / FEDEV / FIA / FNEAP

Nous aborderons cet enjeu en deux parties, l'une visant à caractériser les sites de production et l'autre, visant à sécuriser les circuits.

Le périmètre concerne les entreprises d'abattage et abattage-découpe français.

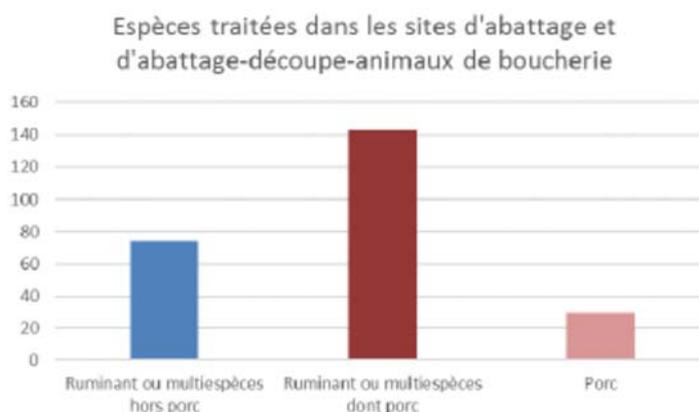
## 1. Espèces traitées dans les abattoirs français

Sur la base des établissements agréés par le Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation<sup>2</sup>, la France compte 246 abattoirs et abattoirs-découpe d'animaux de boucherie et 888 entreprises d'abattage ou abattage-découpe de volaille.

### 1.1. Animaux de boucherie

Parmi les 246 entreprises d'animaux de boucherie :

- 74 sont des entreprises qui traitent des ruminants ou plusieurs espèces de ruminants et des solipèdes (essentiellement chevaux),
- 143 ont une activité multispèce dont l'espèce porcine,
- 29 sont spécialisés dans l'espèce porcine.



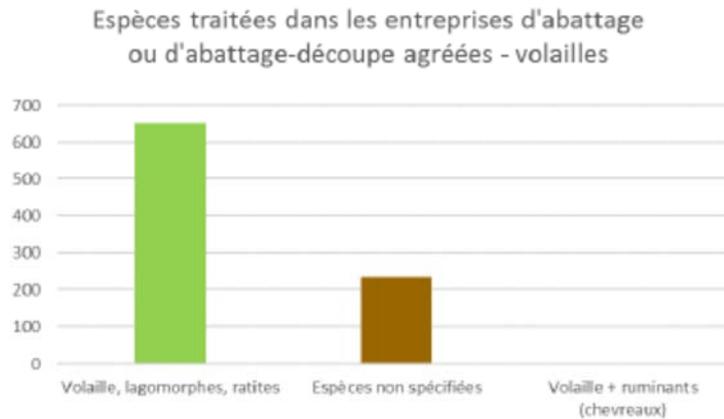
### 1.2. Volaille

Parmi les 888 sites agréés, 653 sont avérés être spécialisés en volaille ou en volaille et/ou lagomorphe (essentiellement lapin) et/ou ratite (essentiellement autruche).

Cependant le volume d'activité de ces sites n'est pas connu, si bien que beaucoup de ces entreprises peuvent être de très petite taille, situés à l'écart des circuits de transformation des SPAn en PAT de volaille.

Le nombre de site à prendre en compte parmi ceux susceptibles d'être fournisseurs de matières première seraient les adhérents de la FIA et du CNADEV, soit 120 sites industriels.

<sup>2</sup> <https://agriculture.gouv.fr/tous-les-etablissements-agrees-certifies-et-autorises-de-la-dgal>, actualisé au 01/12/2020



### 1.3. Sites agréés aquaculture

En 2013 a été autorisé, l'usage des PAT de monogastrique en aquaculture. Depuis lors, 124 sites entreprises de production de SPAn de porc ou de volaille ont été agréés pour l'aquaculture : 103 sites spécialisés volaille, 19 sites spécialisés porc et 2 sites multispèces (un site porc/bovin et un site lapin/chevreaux).



Le retour d'expérience de ces sites nous servira de guide pour la deuxième partie

## 2. Les moyens mis en œuvre pour sécuriser les productions de PAT par espèce

D'une manière générale, les sites produisant des SPAn destinés à la transformation en PAT spécialisés volaille ou porc ont systématiquement mis en place les mesures suivantes lorsqu'il y a risque de contamination croisée avec une autre espèce :

- Les lignes de production de deux espèces différentes sont soit situées dans des bâtiments distincts avec entrée du personnel dédié, soit sont organisées autour d'un

circuit<sup>3</sup> d'enlèvement des SPAn dédié qui ne coupe jamais le circuit d'enlèvement des SPA d'autres espèces ;

- L'acheminement des SPAn vers le local de stockage s'effectue soit à l'aide d'un canon d'aspiration sous vide connecté à une benne dédiée à l'espèce, soit à l'aide de bacs de transfert dédiés (voir illustration ci-dessous avec marquage de l'espèce sur le bac).



- Un test ADN est pratiqué sur un échantillonnage de SPAn d'une espèce afin de confirmer l'absence d'ADN bovin (dans ce cas) avant validation de l'agrément,
- Le client audite régulièrement le producteur de SPAn afin de vérifier notamment l'absence de contamination croisée.

---

<sup>3</sup> production sur la chaîne, acheminement vers le local de stockage, stockage, collecte par le transformateur

## II. Audition des industriels de la nutrition animale

### 1. Spécialisation des usines

Selon les représentants des industries de l'alimentation animale auditionnés (SNIA, COOP de France), la majorité des usines françaises produit des aliments multi espèces, à l'exception de la filière poissons (6 usines dédiées qui représentent près de 100% de la production) (voir tableau ci-dessous).

	2010	2019
Nb usines	291 usines	320 usines
Dédiées porcs	5 usines	10 usines
	2% de la production	11% de la production
Dédiées Volailles	18 usines	26 usines
	29% de la production	28% de la production

Source SNIA/Coop de France

En Europe, une ancienne étude de 2008 montrait une minorité d'usines dédiées porc (12%) ou dédiées volaille 6%, la majorité étant dédiée aux aliments pour monogastrique (43%).

Specialisation of production lines / plants	Number	Percentage
Pig only	357	12
Poultry only	173	6
Fish only	40	1
Ruminant only	246	9
Monogastric only	1,238	43
Mixed ruminant / monogastrics	846	29
TOTAL	2,900	100

Table 2. Degree of specialisation of compound feed production lines/plants in the EU (source FEFAC)

Depuis 2008, une baisse de 12 % du nombre d'unités de production / lignes de production a été constatée par les professionnels, le degré relatif de spécialisation n'aurait donc pas changé de manière significative.

### 2. Contaminations croisées (CC) ou transferts inter-lots (TIL).

Selon les industriels, en raison de l'interdiction des PAT en alimentation animale, aucune étude récente n'a été effectuée sur les TIL sur ces types de matières premières. La dernière étude effectuée par Tecaliman (année ?) portait sur les matières grasses d'origine animale commanditée par France AgriMer et avait montré qu'il n'était pas possible d'obtenir des résultats de TIL avec ces produits.

La maîtrise d'un phénomène comme les TIL nécessite de disposer d'une mesure analytique fiable (Spécificité, seuil de détection faible, répétabilité, reproductibilité, ...) et permettant de fournir donnant un résultat chiffré. La question se pose au sujet des PAT d'obtenir cette fiabilité et cette quantification dans les résultats d'analyse.

Les mesures de TIL effectuées actuellement ne concernent que les additifs et médicaments introduits en verse sacs. Il est probable que les niveaux et mécanismes de TIL pour les matières premières qui sont introduites dans une partie différente du diagramme de fabrication

(broyage, dosage) soient différents. Pour ce qui est des TIL par les additifs, les résultats les plus récents de 2016 à 2018 donnent une médiane à 2,8% et 9 % des résultats en dessous de 6,5 %.

### 3. Transport :

Les transports des aliments composés ne sont pas dédiés par espèce. Après vidange, un reliquat de plusieurs centaines de grammes dans le camion est courant et les opérations de nettoyage à l'intérieur des camions sont particulièrement compliquées à mettre en œuvre du fait de l'aspect pulvérulent de l'aliment et de la séparation des contenants en cellules. Des procédures de nettoyage validées par les autorités sanitaires seraient nécessaires. Pour autant, selon les industriels, il ne sera pas possible de garantir l'absence totale de résidus de la cargaison précédente, quelle que soit la méthode.

### 4. Projet de règlement européen sur les installations ou lignes dédiées par espèces

Un projet de texte européen prévoit des installations, des opérations, des moyens dédiés par espèces, de l'abattoir jusqu'à l'exploitation (*à vérifier pour ce dernier volet*) avec des possibilités de dérogations si les opérateurs de chaque étape sont en mesure de démontrer à chaque étape que tout a été mis en place pour prévenir les contaminations croisées.

Si les usines ne sont pas spécialisées par espèce, selon les industriels, la partie « dédiée » pour l'utilisation des PAT en alimentation de porcs ou de volailles devra commencer à partir du point d'insertion des PAT dans la fabrication.

- Si les PAT sont sous forme de granulés et nécessite un broyage préalable à leur introduction dans le mélange, l'ensemble du diagramme de fabrication peut être concerné par la séparation.
- Si les PAT sont sous forme pulvérulente (farine) et si le diagramme de l'usine permet de by-passer le broyeur, les parties stockage des matières premières autres que les PAT et broyage, ne devraient pas être concernées par cette exigence de séparation.

Au-delà de l'activité de fabrication et de transport fabricants d'aliments pour animaux ; les industriels évoquent la complexité de la gestion de l'absence de ruminants dans les élevages destinataires, si les exploitations devaient être spécialisées par espèce. Sur ce point, l'Anses rappelle que dans son précédent rapport les experts avaient considéré que ces aliments contenant des PAT pourraient être utilisées au sein d'une exploitation mixte dans la mesure où une erreur ponctuelle d'alimentation ne seraient pas de nature à amplifier un agent d'une EST.

### 5. Un zéro technique :

Malgré tous leurs efforts, les industriels indiquent qu'il est impossible de garantir l'absence totale de contamination croisée ou de transfert inter-lots lors de la fabrication et du transport d'aliments composés. Les professionnels ont indiqué la nécessité de définir un « zéro technique » qui tienne compte de cette réalité industrielle. Il s'agirait d'un seuil technique, en dessous duquel les industriels ne pourront pas garantir l'absence de contaminations croisées. A titre d'illustration, la valeur de 0,9 % (valeur en pourcentage de masse de l'aliment composé) du Socle technique « nourri sans OGM »<sup>40</sup> a été évoquée à titre d'illustration.

---

<sup>40</sup> <https://www.oqualim.com/fr/certifications/stno>

### Annexe 4 : Grille de de cotation des dangers

Danger	Caractérisation des dangers				Exposition aux dangers				N° de ligne	
	Gravité du danger	Probabilité d'occurrence	Gravité du danger (ajustement 1)	Réduction de l'infectiosité (méthode 1)	Gravité du danger (ajustement 1 + 2)	Facteur espèce	Gravité du danger (ajustement 1 + 2 + 3)	Facteur mode d'exposition		Gravité du danger (final)
EST(rum) <sup>MS</sup>	9	tres probable	8	non	8	sans barrière d'espèce	8	exposition directe	8	1
						inter- espèce et espèce sensible	7	contamination indirecte	7	2
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	6	exposition directe	7	3
						sans barrière d'espèce	7	contamination indirecte	6	4
						inter- espèce et espèce sensible	6	exposition directe	6	5
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	5	contamination indirecte	5	6
				oui	7	sans barrière d'espèce	7	exposition directe	7	7
						inter- espèce et espèce sensible	6	contamination indirecte	6	8
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	5	exposition directe	6	9
						sans barrière d'espèce	6	contamination indirecte	5	10
						inter- espèce et espèce sensible	5	exposition directe	5	11
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	4	contamination indirecte	4	12
EST(rum) <sup>MS</sup>	9	assez probable	7	non	7	sans barrière d'espèce	7	exposition directe	7	13
						inter- espèce et espèce sensible	6	contamination indirecte	6	14
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	5	exposition directe	6	15
						sans barrière d'espèce	6	contamination indirecte	5	16
						inter- espèce et espèce sensible	5	exposition directe	5	17
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	4	contamination indirecte	4	18
				oui	6	sans barrière d'espèce	6	exposition directe	6	19
						inter- espèce et espèce sensible	5	contamination indirecte	5	20
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	4	exposition directe	5	21
						sans barrière d'espèce	5	contamination indirecte	4	22
						inter- espèce et espèce sensible	4	exposition directe	4	23
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	3	contamination indirecte	3	24
EST(rum) <sup>MS</sup>	9	probable	6	non	6	sans barrière d'espèce	6	exposition directe	6	25
						inter- espèce et espèce sensible	5	contamination indirecte	5	26
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	4	exposition directe	5	27
						sans barrière d'espèce	5	contamination indirecte	4	28
						inter- espèce et espèce sensible	4	exposition directe	4	29
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	3	contamination indirecte	3	30
				oui	5	sans barrière d'espèce	5	exposition directe	5	31
						inter- espèce et espèce sensible	4	contamination indirecte	4	32
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	3	exposition directe	4	33
						sans barrière d'espèce	4	contamination indirecte	3	34
						inter- espèce et espèce sensible	3	exposition directe	3	35
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	2	contamination indirecte	2	36
EST(Poro) <sup>MS</sup>	9	probable	6	non	6	sans barrière d'espèce	6	exposition directe	6	37
						inter- espèce et espèce sensible	5	contamination indirecte	5	38
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	4	exposition directe	5	39
						sans barrière d'espèce	5	contamination indirecte	4	40
						inter- espèce et espèce sensible	4	exposition directe	4	41
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	3	contamination indirecte	3	42
				oui	5	sans barrière d'espèce	5	exposition directe	5	43
						inter- espèce et espèce sensible	4	contamination indirecte	4	44
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	3	exposition directe	4	45
						sans barrière d'espèce	4	contamination indirecte	3	46
						inter- espèce et espèce sensible	3	exposition directe	3	47
						inter- espèce et espèce peulpas sensible	2	contamination indirecte	2	48

Danger	Caractérisation des dangers				Exposition aux dangers				N° de ligne	
	Gravité du danger	Probabilité d'occurrence	Gravité du danger (ajustement 1)	Réduction de l'infectiosité (méthode 1)	Gravité du danger (ajustement 1 + 2)	Facteur espèce	Gravité du danger (ajustement 1 + 2 + 3)	Facteur mode d'exposition		Gravité du danger (final)
EST(rum) <sup>†††</sup>	9	peu probable	5	non	5	sans barrière d'espèce	5	exposition directe	5	49
						inter- espèce et espèce sensible	4	contamination indirecte	4	50
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	3	exposition directe	4	51
						sans barrière d'espèce	4	contamination indirecte	3	52
						inter- espèce et espèce sensible	3	exposition directe	3	53
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	contamination indirecte	2	54
						sans barrière d'espèce	4	exposition directe	4	55
						inter- espèce et espèce sensible	3	contamination indirecte	3	56
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	exposition directe	3	57
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	contamination indirecte	2	58
EST(vol) <sup>†††</sup>	9	peu probable	5	non	5	sans barrière d'espèce	5	exposition directe	5	60
						inter- espèce et espèce sensible	4	contamination indirecte	4	61
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	3	exposition directe	4	62
						sans barrière d'espèce	4	contamination indirecte	3	63
						inter- espèce et espèce sensible	3	exposition directe	3	64
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	contamination indirecte	2	65
						sans barrière d'espèce	4	exposition directe	4	66
						inter- espèce et espèce sensible	3	contamination indirecte	3	67
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	exposition directe	3	68
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	contamination indirecte	2	69
EST(Vol) <sup>†††</sup>	9	improbable	4	non	4	sans barrière d'espèce	4	exposition directe	4	70
						inter- espèce et espèce sensible	3	contamination indirecte	3	71
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	exposition directe	2	72
						sans barrière d'espèce	4	contamination indirecte	1	73
						inter- espèce et espèce sensible	3	exposition directe	4	74
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	contamination indirecte	3	75
						sans barrière d'espèce	3	exposition directe	2	76
						inter- espèce et espèce sensible	2	contamination indirecte	2	77
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	1	exposition directe	1	78
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	1	contamination indirecte	3	79
EST(Porc) <sup>†††</sup>	9	improbable	4	non	4	sans barrière d'espèce	4	exposition directe	4	80
						inter- espèce et espèce sensible	3	contamination indirecte	2	81
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	exposition directe	2	82
						sans barrière d'espèce	3	contamination indirecte	1	83
						inter- espèce et espèce sensible	3	exposition directe	1	84
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	contamination indirecte	0	85
						sans barrière d'espèce	4	exposition directe	4	86
						inter- espèce et espèce sensible	3	contamination indirecte	3	87
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	exposition directe	3	88
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	2	contamination indirecte	2	89
	9	improbable	4	oui	3	sans barrière d'espèce	3	exposition directe	3	90
						inter- espèce et espèce sensible	2	contamination indirecte	1	91
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	1	exposition directe	2	92
						sans barrière d'espèce	3	contamination indirecte	2	93
						inter- espèce et espèce sensible	2	exposition directe	2	94
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	1	contamination indirecte	1	95
						sans barrière d'espèce	3	exposition directe	3	96
						inter- espèce et espèce sensible	2	contamination indirecte	2	97
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	1	exposition directe	1	98
						inter- espèce et espèce peu/pas sensible	1	contamination indirecte	0	99

## Annexe 5 : Scénario 1

Situations	Danger	Canal de sortie	Caractérisation des dangers (ajustement 1 + 2)	Espèce cible considérée	Gravité du danger (final)
Risques à partir d'un abattoir mixte ruminants/volailles	EST(rum) <sup>MRS</sup>	C3 volaille	8	Porcs	7
		C3 volaille		volailles	5
		C3 volaille		Ruminants	7
	EST(rum) <sup>rum</sup>	C3 volaille	7	Porcs	6
		C3 volaille		volailles	4
		C3 volaille		Ruminants	6
	EST(rum) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	4
		C3 volaille		Ruminants	4
	EST(vol) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	4
		C3 volaille		Ruminants	3
EST(Porc) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	4	Porcs	4	
	C3 volaille		volailles	3	
	C3 volaille		Ruminants	2	
Risques à partir d'un abattoir ruminants/Porcs	EST(rum) <sup>MRS</sup>	C3 porc	7	Porcs	5
		C3 porc		volailles	5
		C3 porc		Ruminants	6
	EST(rum) <sup>rum</sup>	C3 porc	6	Porcs	4
		C3 porc		volailles	4
		C3 porc		Ruminants	5
	EST(rum) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	Porcs	4
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	4
	EST(Porc) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	Porcs	4
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	3
EST(Vol) <sup>Porc</sup>	C3 porc	3	Porcs	2	
	C3 porc		volailles	3	
	C3 porc		Ruminants	1	
Risques à partir d'un abattoir spécialisé volailles	EST(rum) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	4
		C3 volaille		Ruminants	4
	EST(vol) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	4
		C3 volaille		Ruminants	3
	EST(Porc) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	4	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	3
		C3 volaille		Ruminants	2

Situations	Danger	Canal de sortie	Caractérisation des dangers (ajustement 1 + 2)	Espèce cible considérée	Gravité du danger (final)
Risques à partir d'un abattoir spécialisé Porcs	EST(Porc) <sup>Per</sup> <sub>erc</sub>	C3 porc	5	Porcs	4
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	3
	EST(Vol) <sup>Per</sup> <sub>c</sub>	C3 porc	3	Porcs	2
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	1
Risques à partir d'un abattoir mixte volailles/Porcs	EST(rum) <sup>Per</sup> <sub>c</sub>	C3 volaille	6	Porcs	5
		C3 volaille		volailles	3
		C3 volaille		Ruminants	5
	EST(Porc) <sup>Per</sup> <sub>erc</sub>	C3 volaille	6	Porcs	5
		C3 volaille		volailles	4
		C3 volaille		Ruminants	3
	EST(rum) <sup>Val</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	4
		C3 volaille		Ruminants	4
	EST(vol) <sup>Val</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	4
		C3 volaille		Ruminants	3
	EST(Vol) <sup>Per</sup> <sub>c</sub>	C3 volaille	4	Porcs	3
		C3 volaille		volailles	3
		C3 volaille		Ruminants	2
	EST(Porc) <sup>Val</sup> <sub>i</sub>	C3 volaille	4	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	3
		C3 volaille		Ruminants	2
	EST(rum) <sup>Per</sup> <sub>c</sub>	C3 porc	5	Porcs	4
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	4
	EST(Porc) <sup>Per</sup> <sub>erc</sub>	C3 porc	5	Porcs	4
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	3
	EST(rum) <sup>Val</sup>	C3 porc	4	Porcs	2
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	3
	EST(vol) <sup>Val</sup>	C3 porc	4	Porcs	2
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	2
EST(Vol) <sup>Per</sup> <sub>c</sub>	C3 porc	3	Porcs	2	
	C3 porc		volailles	3	
	C3 porc		Ruminants	1	
EST(Porc) <sup>Val</sup> <sub>i</sub>	C3 porc	3	Porcs	2	
	C3 porc		volailles	2	
	C3 porc		Ruminants	1	

## Annexe 6 : scénario 2

Situations	Danger	Canal de sortie	Caractérisation des dangers (ajustement 1 + 2)	Espèce cible considérée	Gravité du danger (final)
Risques à partir d'un abattoir mixte ruminants/volailles	EST(rum) <sup>MRS</sup>	C3 volaille	8	Porcs	7
	EST(rum) <sup>rum</sup>	C3 volaille	7	Porcs	6
	EST(rum) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
	EST(vol) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
	EST(Porc) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	4	Porcs	4
Risques à partir d'un abattoir ruminants/Porcs	EST(rum) <sup>MRS</sup>	C3 porc	7	volailles	5
	EST(rum) <sup>rum</sup>	C3 porc	6	volailles	4
	EST(rum) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	volailles	3
	EST(Porc) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	volailles	3
	EST(Vol) <sup>Porc</sup>	C3 porc	3	volailles	3
Risques à partir d'un abattoir spécialisé volailles	EST(rum) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
	EST(vol) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
	EST(Porc) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	4	Porcs	4
Risques à partir d'un abattoir spécialisé Porcs	EST(rum) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	volailles	3
	EST(Porc) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	volailles	3
	EST(Vol) <sup>Porc</sup>	C3 porc	3	volailles	3
Risques à partir d'un abattoir mixte volailles/Porcs	EST(rum) <sup>Porc</sup>	C3 volaille	6	Porcs	5
	EST(Porc) <sup>Porc</sup>	C3 volaille	6	Porcs	5
	EST(rum) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
	EST(vol) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
	EST(Vol) <sup>Porc</sup>	C3 volaille	4	Porcs	3
	EST(Porc) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	4	Porcs	4
	EST(rum) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	volailles	3
	EST(Porc) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	volailles	3
	EST(rum) <sup>Vol</sup>	C3 porc	4	volailles	3
	EST(vol) <sup>Vol</sup>	C3 porc	4	volailles	3
	EST(Vol) <sup>Porc</sup>	C3 porc	3	volailles	3
	EST(Porc) <sup>Vol</sup>	C3 porc	3	volailles	2

### Annexe 7 : Scénario 3

Situations	Danger	C3 produites	Caractérisation des dangers	Espèce cible considérée	Gravité du danger (final)
Risques à partir d'un abattoir spécialisé volailles	EST(rum) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	4
		C3 volaille		Ruminants	4
	EST(vol) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	4
		C3 volaille		Ruminants	3
	EST(Porc) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	4	Porcs	4
		C3 volaille		volailles	3
		C3 volaille		Ruminants	2
Risques à partir d'un abattoir spécialisé Porcs	EST(rum) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	Porcs	4
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	4
	EST(Porc) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	Porcs	4
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	3
	EST(Vol) <sup>Porc</sup>	C3 porc	3	Porcs	2
		C3 porc		volailles	3
		C3 porc		Ruminants	1

## Annexe 8 : Scénario 4

Situations	Danger	C3 produites	Caractérisation des dangers (ajustement 1 + 2)	Espèce cible considérée	Gravité du danger (final)
Risques à partir d'un abattoir spécialisé volailles	EST(rum) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
	EST(vol) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	5	Porcs	4
	EST(Porc) <sup>Vol</sup>	C3 volaille	4	Porcs	4
Risques à partir d'un abattoir spécialisé Porcs	EST(rum) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	volailles	3
	EST(Porc) <sup>Porc</sup>	C3 porc	5	volailles	3
	EST(Vol) <sup>Porc</sup>	C3 porc	4	volailles	3

## Annexe 9 : substances antinutritionnelles

Substance	mg/100g			
	Phytate	Oxalate	Cyanhydrique acid	Tannins
<b>Espèces autorisées</b>				
Black Soldier Fly ( <i>Hermetia illucens</i> ) <sup>1</sup>	112-125	1.2-2.0		8.2-13.5
Common Housefly ( <i>Musca domestica</i> )				
Yellow Mealworm ( <i>Tenebrio molitor</i> ) <sup>2</sup>				5,9
Lesser Mealworm ( <i>Alphitobius diaperinus</i> )				
House Cricket ( <i>Acheta domestica</i> )				
Banded Cricket ( <i>Gryllodes sigillatus</i> )				
Field Cricket ( <i>Gryllus assimilis</i> ) <sup>3</sup>	0,10	20,93	3,76	0,49
<b>En voie de ?</b>				
Silkworm ( <i>Bombyx mori</i> L.) pupal <sup>4</sup>	140			0,2
SilkwormSilkworm ( <i>Bombyx mori</i> L.) pupal <sup>5</sup>	110,00			
SilkwormSilkworm ( <i>Bombyx mori</i> L.) larvae <sup>5</sup>	72,89			
<b>Autres espèces</b>				
Termite ( <i>Macrotermes nigeriensis</i> ) <sup>3</sup>	0,09	2,03	2,47	0,47
Termite ( <i>Odontotermes</i> ) <sup>6</sup>	141			615
Mite ( <i>Cirina forda</i> ) <sup>3</sup>	0,09	20,25	11,75	0,48
Mite ( <i>Cirina forda</i> ) <sup>11</sup>	25,45	6,75		0,54
Grasshoper ( <i>Melanoplus foedus</i> ) <sup>3</sup>	0,19	25,65	11,27	0,52
Grasshoper ( <i>Spathosternum prasiniferum prasiniferum</i> ) <sup>7</sup>	66	5,1		1100
Grasshoper ( <i>Chrotogonus trachypterus trachypterus</i> ) <sup>7</sup>	67	6,8		4000
Fourmi ( <i>Oecophylla smaragdina</i> ) <sup>6</sup>	171			497
Coleoptère ( <i>Oryctes monoceros</i> ) <sup>9</sup>	178	2,1		14,3
<i>Acheta domestica</i> <sup>2</sup>				4,21
<i>Zhophobas morio</i> <sup>2</sup>				3,92
<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> <sup>2</sup>				9,45
<i>Macrotermes facilger</i> <sup>8</sup>	0		14080	
<i>Henicus whellani</i> <sup>8</sup>	0		9410	
<i>R. phoenicis</i> <sup>10</sup>	19,39	9,74		0,61
<i>Z. variegatus</i> <sup>10</sup>	26,49	8,28		0,72
<i>P. americana</i> <sup>10</sup>	28,48	7,61		1,13

1 Somroo et al., 2019; 2 Botella-Martinez et al., 2020; 3 Oibiokpa et al., 2017; 4 Vishaka et al., 2019; 5 Otomose, 2015; 6 Chakravorty et al., 2016; 7 Das et mandal, 2013; 8 Kunatsa et al., 2020; 9 Idolo et al., 2011; 10 Omotoso and adesola, 2018

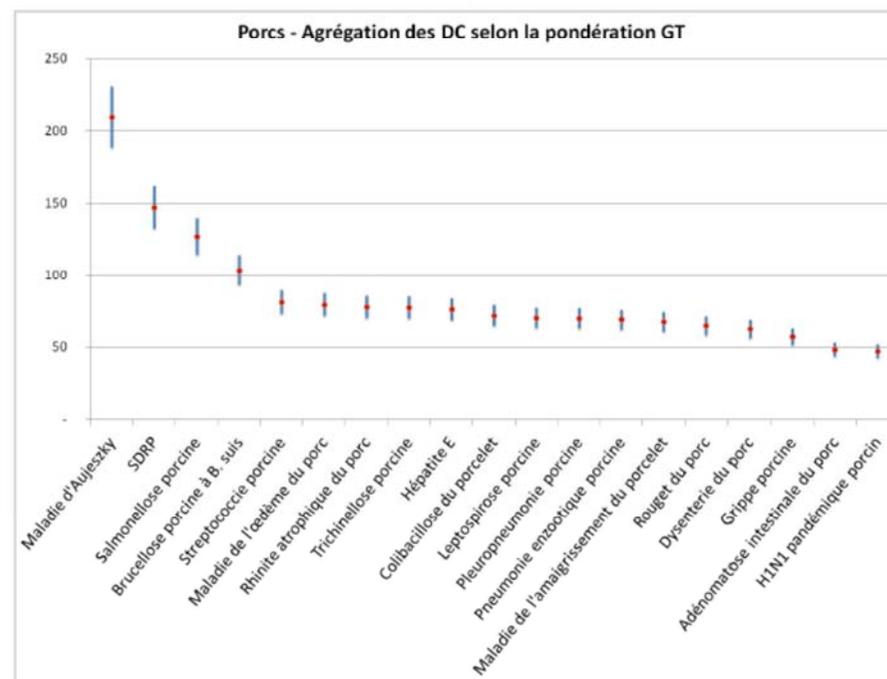
## Annexe 10 : sélection des maladies animales Porc et Volailles

### Résultats obtenus pour la filière « Porcs »

Tableau E : Résultats de l'agrégation de l'ensemble des DC avec application des coefficients de pondération choisis par le GT, pour les maladies des porcs.

Maladie	Pondération GT
Maladie d'Aujeszky	210
Syndrome dysgénésique et respiratoire porcin (SDRP)	148
Salmonellose porcine	127
Brucellose porcine à B. suis	104
Streptococcie porcine	81
Maladie de l'œdème du porc	80
Rhinite atrophique du porc	78
Trichinellose porcine	78
Hépatite E	76
Colibacillose du porcelet	72
Leptospirose porcine	71
Pleuropneumonie porcine à A. pleuropneumoniae	70
Pneumonie enzootique porcine	69
Maladie de l'amaigrissement du porcelet	68
Rouget du porc	65
Dysenterie du porc	63
Grippe porcine	57
Adénomatose intestinale du porc	48
H1N1 pandémique porcin	47

Figure C : Résultats de l'agrégation de l'ensemble des DC avec application des coefficients de pondération choisis par le GT, pour les maladies des porcs.

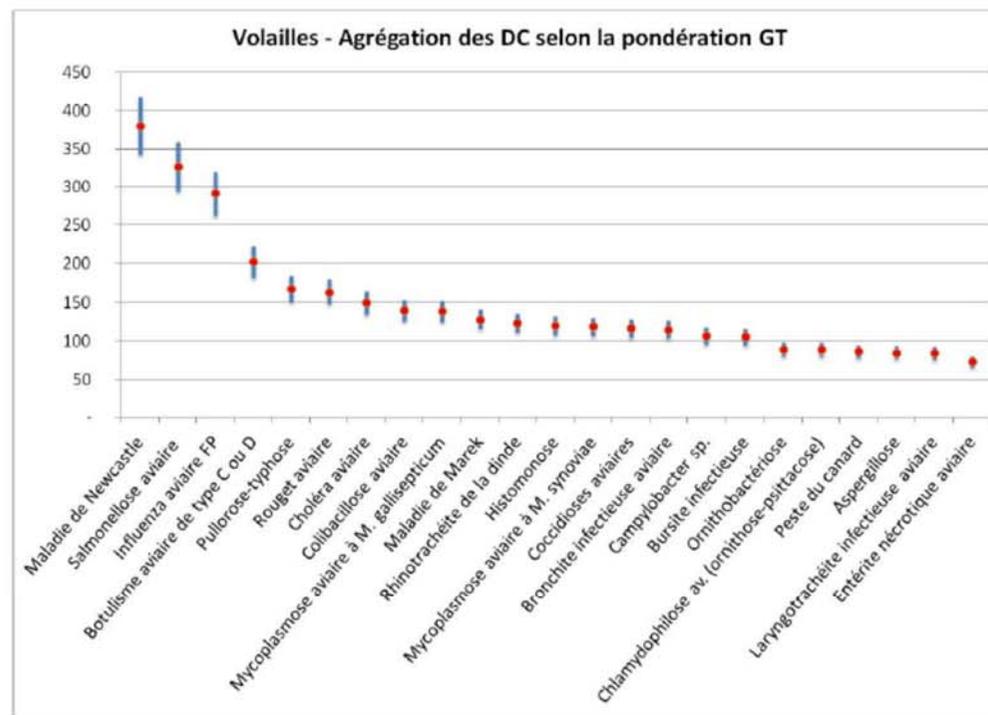


Résultats obtenus pour la filière « Volailles »

Tableau G : Résultats de l'agrégation de l'ensemble des DC avec application des coefficients de pondération choisis par le GT, pour les maladies des volailles.

	Pondération GT
Maladie de Newcastle	380
Salmonellose aviaire	327
Influenza aviaire FP	291
Botulisme aviaire de type C ou D	203
Pullorose-typhose	167
Rouget aviaire	164
Choléra aviaire	149
Colibacillose aviaire	140
Mycoplasmosse aviaire à M. gallisepticum	138
Maladie de Marek	128
Rhinotrachéite de la dinde	124
Histomonose	120
Mycoplasmosse aviaire à M. synoviae	119
Coccidioses aviaires	116
Bronchite infectieuse aviaire	115
Campylobacter sp.	107
Bursite infectieuse	106
Ornithobactériose	89
Chlamydiaophilose aviaire ou ornithose-psittacose	89
Peste du canard	86
Aspergillose	85
Laryngotrachéite infectieuse aviaire	84
Entérite nécrotique aviaire	73

Figure D : Résultats de l'agrégation de l'ensemble des DC avec application des coefficients de pondération choisis par le GT, pour les maladies des volailles.



## Annexe 11 : Suivi des actualisations du rapport

Date	Page	Description de la modification
Juin 2021		Version n°1
Juillet 2021	17	Version n°2 La phrase « En outre, depuis le 1er janvier 2015, les animaux nés à partir de janvier 2002, à l'exception des animaux abattus d'urgence ne sont plus testés (la surveillance à l'équarrissage reste appliquée) » est remplacée par « En outre, depuis le 1er janvier 2015, les animaux nés à partir de janvier 2002, ne sont plus testés à l'abattoir, à l'exception de certains animaux (abattage d'urgence, signes d'accident ou troubles graves repérés lors d'inspection ante mortem, ...)¹. La surveillance à l'équarrissage reste appliquée. La note de bas de page suivante est ajoutée : 1 : Conformément à l'instruction nationale (DGAL/SDSSA/2014-1002 du 11/12/2014), la surveillance des bovins à l'abattoir est la suivante : - tout animal né avant le 01/01/2002 dans un État figurant à l'annexe de la Décision 2009/719/CE (dont la France) ; - tout animal de plus de 30 mois né dans un État ne figurant pas à l'annexe de la Décision 2009/719/CE ; - tout animal de plus de 48 mois et pour lequel l'inspection ante mortem a mis en évidence des signes d'accident, des troubles physiologiques et fonctionnels graves, ou des signes indiquant que le bien-être des animaux a été compromis, ou d'un état quelconque susceptible de nuire à la santé animale ou humaine. - tout animal de plus de 48 mois abattu dans le cadre d'un abattage d'urgence (bovins abattus d'urgence en dehors d'un abattoir et bovins abattus d'urgence à l'abattoir).
	118 ;119	Inversion entre l'annexe 6 et l'annexe 7  <b>L'avis associé reste inchangé.</b>





# anses

**CONNAÎTRE, ÉVALUER, PROTÉGER**

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE  
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex  
Tél : 01 42 76 40 40  
[www.anses.fr](http://www.anses.fr) — @Anses\_fr