

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Connaître, évaluer, protéger

Dangers microbiens liés aux matières premières végétales utilisées en alimentation animale

Avis révisé de l'Anses
Rapport d'expertise collective révisé

Mai 2020 - Édition scientifique



anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentaire, environnement, travail

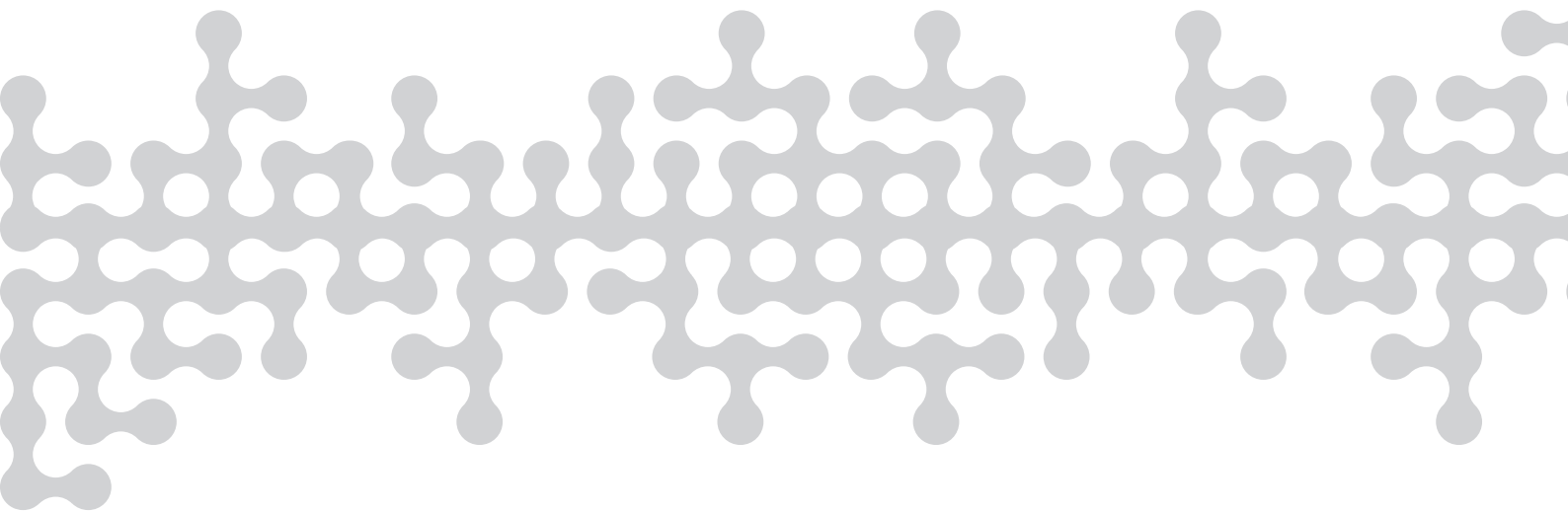


Connaître. évaluer. protéger

Identification et caractérisation des dangers microbiens liés aux matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale

Avis révisé de l'Anses
Rapport d'expertise collective révisé

Mai 2020 - Édition scientifique



Le directeur général

Maisons-Alfort, le 15 mai 2020

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

relatif à « l'identification et à la caractérisation des dangers microbiens liés aux matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale »*

*Annule et remplace l'avis de février 2020, les modifications dans l'avis ne concernent que les renvois aux rapport d'expertise qui a été révisé en mai 2020.

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'Anses a été saisie le 19 août 2015 de manière conjointe par la Direction générale de l'alimentation (DGAL) et par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) pour la réalisation de l'expertise suivante : « Evaluation des dangers microbiologiques en alimentation animale ».

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Les règlements (CE) n° 882/2004¹ et (UE) 2017/625² (qui abroge le règlement précité à partir du 14 décembre 2019) imposent aux Etats membres la réalisation de contrôles officiels fondés sur

¹ Règlement (CE) n° 882/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif aux contrôles officiels effectués pour s'assurer de la conformité avec la législation sur les aliments pour animaux et les denrées alimentaires et avec les dispositions relatives à la santé animale et au bien-être des animaux. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32004R0882> (consulté le 08/08/19).

² Règlement (UE) 2017/625 du Parlement européen et du Conseil du 15 mars 2017 concernant les contrôles officiels et les autres activités officielles servant à assurer le respect de la législation alimentaire et de la législation relative aux aliments pour animaux ainsi que des règles relatives à la santé et au bien-être des animaux, à la santé des végétaux et aux produits phytopharmaceutiques <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32017R0625> (consulté le 08/08/19).

une analyse de risques. En France, ces contrôles officiels sont menés selon des modalités définies dans des plans de surveillance et de contrôle (PS/PC). Dans le secteur de l'alimentation animale, cette obligation se traduit par la réalisation de plusieurs types de contrôle : des plans de prélèvements, des contrôles dans les entreprises à une fréquence déterminée selon le risque qui leur est associé, des contrôles à l'importation, des contrôles suite à des plaintes ou des alertes et des enquêtes thématiques sur des secteurs ou des pratiques considérées comme plus à risque.

Dans le domaine des risques microbiens, les contrôles officiels portent principalement sur le risque lié à la présence des salmonelles. En effet, le règlement (CE) n° 2160/2003³ vise à établir une approche coordonnée entre Etats membres et prévoit la fixation d'objectifs cibles pour réduire la prévalence des salmonelles. Il impose aux Etats membres la réalisation d'un plan de surveillance sur la contamination par les salmonelles, qui doit couvrir le secteur de l'alimentation animale.

Afin de mettre à jour, en termes de priorité et de pertinence, l'analyse de risques préalable à l'établissement de ces PS/PC, la DGCCRF et la DGAL avaient saisi l'Anses sur la caractérisation et la hiérarchisation des dangers physico-chimiques en alimentation animale (saisine 2015-SA-0075) et ont souhaité étendre cette démarche aux dangers biologiques. Après échange avec les demandeurs, il a été convenu que seules les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale seraient considérées, étant donné que pour les matières premières d'origine animale, des critères microbiologiques sont déjà définis dans le règlement (CE) n° 142/2011⁴.

Les questions, telles que posées à l'Anses, sont précisées ci-dessous :

- 1) *« Identifier, sur la base des connaissances scientifiques actuelles, les dangers microbiologiques pertinents dans l'alimentation des animaux de rente et des animaux de compagnie. L'avis devra préciser si les dangers identifiés le sont en raison d'un danger pour l'homme, pour l'animal ou pour l'environnement.*
- 2) *Préciser, si possible, les différents vecteurs d'introduction dans les aliments pour animaux et leur niveau de prépondérance (matières premières, animaux, environnement, locaux de l'élevage).*
- 3) *Préciser, si possible, les couples matrice – danger les plus pertinents.*
- 4) *Préciser, si possible, pour chaque danger, quelle est la pertinence de rechercher ces dangers aux différents stades de la filière : importation, stockage, production primaire, transformation, etc.*
- 5) *Indiquer, au besoin, les risques émergents ou les dangers insuffisamment caractérisés, pour lesquels il serait nécessaire de disposer de données supplémentaires, en indiquant si possible les matrices d'intérêt. »*

³ Règlement (CE) n° 2160/2003 du Parlement européen et du Conseil du 17 novembre 2003 sur le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques spécifiques présents dans la chaîne alimentaire <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex:32003R2160> (consulté le 08/08/19).

⁴ Règlement (UE) n° 142/2011 de la Commission 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 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX:32011R0142> (consulté le 08/08/19).

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

2.1. 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) ».

Le traitement de la saisine relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé « Alimentation Animale » (CES ALAN). L'Anses a confié au groupe de travail (GT) « Dangers microbiens en alimentation animale », rattaché au CES ALAN, l'instruction de cette saisine.

Le GT « Dangers microbiens en alimentation animale » était constitué de sept experts et les échanges se sont tenus en réunion de GT, à raison d'une réunion par mois de janvier 2018 à octobre 2019.

Les travaux d'expertise du GT ont été soumis au CES ALAN tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques les 26 juin et 16 octobre 2018, les 9 avril, 15 octobre et 19 novembre 2019 et au CES SABA les 19 février et 11 juin 2019. Le rapport produit par le GT tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres de ces CES. Mr Federighi, membre du CES « Evaluation des risques biologiques liés aux aliments » et président du GT « Guide de bonnes pratiques d'hygiène », a été mandaté pour réaliser une relecture critique du projet de rapport. Les travaux du GT « Dangers microbiens en alimentation animale » ont été adoptés par le CES ALAN le 19 novembre 2019.

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

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

2.2. Limites du champ de l'expertise

➤ Concernant les aliments

Après échange avec les demandeurs, il a été convenu que seules les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale seraient considérées. Les aliments fabriqués à la ferme y compris les fourrages verts (affouragement en vert - pâturages, fourrages conservés et parcours herbeux) ont été pris en compte.

N'ont pas été traités dans le cadre de cette saisine :

- les pré-mélanges (définis dans le règlement (CE) n° 1831/2003⁵),
- les sous-produits animaux et produits qui en sont dérivés,

⁵ Règlement (CE) n° 1831/2003 du Parlement européen et du Conseil du 22 septembre 2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=CELEX%3A32003R1831> (consulté le 08/08/19).

- les aliments destinés aux animaux de compagnie (le *petfood*), puisque majoritairement composés de matières premières d'origine animale,
- l'eau en tant qu'eau d'abreuvement, puisque non considérée comme un aliment au sens du règlement (CE) n° 767/2009⁶. En revanche, elle a été prise en compte en tant que voie possible de contamination des matières premières d'origine végétale, notamment suite à l'irrigation par des eaux de surface potentiellement contaminées ou *via* son utilisation pour la préparation d'aliments pour animaux,
- la litière, bien qu'elle puisse être occasionnellement consommée par les animaux, et donc être une voie de contamination possible, n'a pas été considérée comme une matière première d'origine végétale utilisée en alimentation animale.

➤ Concernant les dangers microbiens

Les dangers microbiens (DM) ont été considérés au sens large du terme : bactéries, parasites, virus, moisissures et endophytes⁷. Les prions, ne pouvant être présents que dans des matières premières d'origine animale, n'ont pas été pris en compte dans le cadre de la saisine.

En ce qui concerne les salmonelles, la partie « contamination à l'usine » a été traitée en faisant référence aux travaux conduits dans le cadre de la saisine 2016-SA-0029 relative au danger *Salmonella* spp en alimentation animale.

Les mycotoxines (dont celles produites par les champignons endophytes), dangers chimiques produits par des agents biologiques et considérés ainsi comme des substances indésirables, déjà évaluées dans la saisine 2015-SA-0076⁸, n'entrent pas dans le champ d'expertise de la présente saisine

➤ Concernant les cibles des dangers microbiens

Les experts ont considéré uniquement comme animaux cibles les animaux de production, tels les ruminants (bovins, ovins, caprins), les porcs, les volailles, les lapins et les poissons. Le cheval a été exclu car les experts ont considéré qu'il reste principalement un animal de loisir et que la filière équine n'est pas, à l'instar des autres filières précitées, spécifiquement dédiée à la production de denrées alimentaires pour l'être humain. Cette filière pourrait être considérée ultérieurement et faire l'objet d'une saisine spécifique, si nécessaire.

Les dangers microbiens pour l'être humain ont été pris en compte, tout au long de la chaîne alimentaire :

- *via* les contacts avec les matières premières contaminées et les aliments pour animaux les contenant,

⁶ 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) n° 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 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=celex:32009R0767> (consulté le 08/08/19).

⁷ Les endophytes sont des microorganismes qui se développent à l'intérieur d'un végétal pour tout ou partie de leur cycle de vie (e.g. bactéries, algues mais surtout champignons). Ils entretiennent avec le végétal différents types d'interactions comme le parasitisme, le mutualisme, le commensalisme ou encore la symbiose.

⁸ Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la hiérarchisation des dangers chimiques en alimentation animale et avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'analyse des plans de surveillance et des plans de contrôle sur les substances indésirables en alimentation animale.

- *via* les contacts avec les animaux ayant consommé ces aliments,
- *via* la consommation de denrées provenant de ces animaux.

Les experts soulignent que les dangers microbiens pour l'environnement sont encadrés par le code de l'environnement⁹. A ce titre, la notion de « danger pour l'environnement » est comprise comme l'éventualité que les dangers microbiens liés à l'alimentation animale puissent entraîner un risque pour certains habitats et/ou certaines espèces sauvages animales.

2.3. Moyens mis en œuvre

➤ Recherche bibliographique approfondie

Une recherche bibliographique approfondie selon les recommandations du GT « Méthodologie en évaluation des risques¹⁰ » (GT MER) a été réalisée dans deux bases de données (Scopus et Web of Science) afin de recenser de la manière la plus exhaustive possible les connaissances scientifiques existantes sur les dangers microbiens potentiellement présents dans les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale.

Des recherches supplémentaires ont été conduites dans la littérature grise (recherche dans les bases de données HAL Anses, HAL et Thèses.fr), dans des revues scientifiques spécialisées, jugées pertinentes par rapport à la thématique de la saisine et dans des revues professionnelles spécialisées. D'autres articles ont également été identifiés à partir des références des articles de la requête bibliographique initiale.

Enfin, la recherche bibliographique a été actualisée dans la base de données Scopus le 14 octobre 2019.

➤ Sollicitation des points focaux

En tant que point focal national de l'EFSA, l'Agence a interrogé les 27 points focaux et la Norvège afin de savoir si les autorités de contrôle et les professionnels de l'alimentation animale des différents Etats membres recherchent d'autres dangers microbiens que *Salmonella* spp. dans les matières premières d'origine végétale des aliments pour animaux.

➤ Autres sources de données

Les données collectées par la cellule de veille sanitaire vétérinaire du Centre National d'Information Toxicologique Vétérinaire (CNITV), chargée, en collaboration avec l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), d'expertiser des cas suspects de maladies

⁹ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220> (consulté le 08/08/19).

¹⁰ Saisine 2015-SA-0089 relative à « L'évaluation du poids des preuves à l'Anses : revue critique de la littérature et recommandations à l'étape d'identification des dangers » et saisine 2015-SA-0090 relative à « L'illustration et actualisation des recommandations pour l'évaluation du poids des preuves et l'analyse d'incertitude à l'Anses.

animales pouvant être liés à la pratique de l'épandage, ont été mises à disposition des experts et prises en compte.

➤ Prise en compte de l'incertitude

Un recensement des principales sources d'incertitudes auxquelles l'expertise a été confrontée a été réalisé, en se basant sur la typologie et les recommandations proposées par le GT MER (chapitre 5 du rapport d'expertise collective révisé en mai 2020 associé au présent Avis).

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES ALAN ET DU GT « DANGERS MICROBIENS EN ALIMENTATION ANIMALE »

3.1. Les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale

L'alimentation animale, à l'exception de celle des animaux de compagnie et de loisir, concerne deux grandes catégories de cheptels très différents par leurs effectifs et par la nature de leurs besoins alimentaires :

- les ruminants (bovins, ovins et caprins) destinés à la production de lait ou de viande,
- les monogastriques, notamment les différentes espèces de volailles de chair et de ponte, les porcs, les lapins et les poissons d'élevage.

En France, pour les années 2015-2016, le volume total (production nationale et importations) de matières premières utilisées pour l'alimentation des animaux de production s'élevait à 101 577 000 tonnes de matière sèche (MS) dont 99,6 % d'origine végétale et 0,4 % d'origine animale. La production nationale de matières premières, essentiellement d'origine végétale (99,5 %), couvre 93,4 % des besoins alimentaires des élevages français. Ainsi, une faible part de matières premières végétales (6,6 %) est importée. Les matières premières végétales utilisées pour l'alimentation des animaux d'élevage sont très majoritairement inscrites au Catalogue *des matières premières pour aliments des animaux*¹¹. Par convention, elles sont classées en deux grandes catégories : d'une part les fourrages (herbes et autres plantes fourragères) et d'autre part les aliments concentrés¹² (céréales, tourteaux, graines oléagineuses et protéagineuses, co-produits de cultures).

Pour l'alimentation des animaux, les éleveurs utilisent :

- soit des matières premières produites sur l'exploitation et utilisées en l'état (fourrages, céréales, graines oléagineuses et protéagineuses, co-produits),
- soit des matières premières achetées à des organismes stockeurs pour les produits nationaux (céréales, protéagineux, etc.), à des importateurs ou négociants pour les produits provenant de l'étranger (manioc, graines et tourteaux de soja, etc.), et à des négociants ou des industries agro-alimentaires nationales ou étrangères (tritrateurs amidonniers, sucriers) pour les co-produits (tourteaux, pulpes d'agrumes, *corn-glutenfeed*, etc.),

¹¹ https://members.wto.org/crnattachments/2017/SPS/EEC/17_2852_00_f.pdf (consulté le 17/12/19).

¹² Le terme concentré est un terme utilisé principalement chez les ruminants. Dans le rapport d'expertise et le présent avis, ce terme est également employé pour les monogastriques.

Figure 1: flux des matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale.

3.2. Méthode de travail

➤ Recherche bibliographique approfondie

Les experts ont réalisé une recherche approfondie de la bibliographie afin de recenser de la manière la plus exhaustive possible les connaissances scientifiques sur la présence des dangers microbiens (bactéries, virus, parasites, moisissures et endophytes) dans les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale. L'analyse bibliographique est consultable en partie 3 du rapport d'expertise révisé en mai 2020 associé au présent Avis. Les experts soulignent que le corpus bibliographique disponible pour les parasites et les virus est moins important que celui concernant les bactéries.

L'analyse bibliographique n'a pas permis de retenir pour l'expertise: 1/ les filières lapins et poissons en raison du manque de données et 2/ les virus et certaines bactéries, pourtant reconnus comme pathogènes potentiels ou avérés pour l'être humain et les animaux, car la littérature n'établissait aucun lien avec la contamination des matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale.

Enfin, cette analyse n'a pas mis en évidence de danger microbien possiblement émergent¹³. Cependant, les experts soulignent que les dangers microbiens recensés à partir de la littérature scientifique l'ont été suite à une recherche allant jusqu'en octobre 2019 et donc ne constituent pas une liste figée. Certaines évolutions des pratiques en élevage, des habitudes alimentaires humaines, le changement climatique et l'adoption de pratiques à visée écologique pourraient favoriser l'émergence de nouveaux dangers microbiens susceptibles d'affecter les animaux d'élevage, les êtres humains et l'environnement. Ces évolutions pourraient également renforcer les risques liés à des dangers microbiens déjà identifiés.

Sur la base des conclusions de l'analyse bibliographique et afin de répondre à la question 3 de la saisine, les experts ont établi une liste de couples matrice/danger à évaluer. Au regard de ces éléments, les experts ont choisi d'évaluer la pertinence des couples « matrice/danger » par filière, en développant une méthode de « hiérarchisation » des triades « danger/matrice/filière » identifiées. Trente triades ont ainsi pu être évaluées et hiérarchisées (Tableau 1 ci-dessous).

Tableau 1 : Liste des 30 triades matrice / danger microbien / filière retenues pour la hiérarchisation

¹³ Les experts ont considéré les dangers émergents au sens de la définition de « maladie émergente » que l'on peut lire dans le glossaire du *Code sanitaire pour les animaux terrestres* de l'OIE : « désigne une nouvelle apparition, chez un animal, d'une maladie, d'une infection ou d'une infestation ayant des répercussions significatives sur la santé animale ou humaine et résultant : a) de la modification d'un agent pathogène connu ou de sa propagation à une nouvelle aire géographique ou à une nouvelle espèce, ou b) d'un agent pathogène non identifié antérieurement ou d'une maladie diagnostiquée pour la première fois ».

Type de matrice	Danger microbien	Filière(s) atteinte(s)
Pâturage et affouragement en vert	<i>Bacillus anthracis</i>	Ruminants
	<i>Campylobacter sp.</i>	Ruminants, Volailles
	<i>Clostridium botulinum</i> gpe III	Ruminants
	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants
	<i>Mycobacterium avium</i> subspecies <i>paratuberculosis</i> (MAP)	Ruminants
	<i>Mycobacterium bovis</i>	Ruminants
	Parasites zoonotiques (<i>Toxoplasma gondii</i> , <i>Cryptosporidium</i> spp, Taenia)	Ruminants
	Parasites non zoonotiques (<i>Neospora caninum</i> , coccidies)	Ruminants
Ensilage bien conduit ¹⁴	<i>Clostridium botulinum</i> gpe III	Ruminants
	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants
Ensilage mal conduit	<i>Clostridium botulinum</i> gpe III	Ruminants
	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants
Enrubannage bien conduit	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants
Enrubannage mal conduit	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants
Matières premières non traitées	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants, Porcs
	<i>Salmonella</i> spp.	Ruminants, Volailles, Porcs
Aliments composés non traités (farine)	<i>Campylobacter sp.</i>	Volailles
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Porcs
	<i>Salmonella</i> spp.	Volailles, Porcs
Aliments composés traités thermiquement	<i>Salmonella</i> spp.	Volailles
Aliments composés granulés	<i>Salmonella</i> spp.	Ruminants, Volailles, Porcs

➤ Notation et hiérarchisation des triades « danger/matrice/filière » identifiées

¹⁴ Suite à l'analyse de la bibliographie, les experts ont distingué les processus bien et mal conduits pour les notations des deux matrices ensilage et enrubannage. Un ensilage / enrubannage a été considéré comme bien conduit lorsqu'il suit les recommandations de fabrication formulées dans les guides de bonnes pratiques. A l'inverse, il a été considéré comme mal conduit lorsqu'il s'en écarte.

Les experts ont développé une méthode simple de notation des triades basée sur 11 critères en s'inspirant de travaux précédents de l'Agence sur la hiérarchisation des dangers sanitaires en santé animale¹⁵. Les notes des triades, pour les différents critères, ont été attribuées de manière consensuelle après discussion en GT, sur la base des données de la bibliographie et/ou des opinions des experts. Ainsi, les experts ont attribué une note dite « la plus probable » qui représente la valeur la plus consensuelle pour le critère considéré. La variabilité de chaque critère a été prise en compte par l'attribution d'une note minimale et d'une note maximale. Quelle que soit la filière, cette variabilité est essentiellement liée à la variabilité des situations. Pour les ruminants, par exemple, la variabilité est ainsi liée au fait que cette filière regroupe différentes catégories d'animaux (bovins, ovins et caprins laitiers, bovins et ovins allaitants, veaux).

Un indice d'incertitude « *ii* », échelonné de 1 à 4, a été attribué pour chacune des notes des critères. Ces indices d'incertitude expriment le niveau d'incertitude associé à la note, l'indice « 1 » étant attribué lorsque le niveau de connaissances est jugé satisfaisant et l'indice « 4 » en absence totale de données et d'avis d'expert.

Différents types d'agrégation des notes des critères ont été proposés pour l'obtention de la note finale. Les experts ont souhaité établir des pondérations afin de mieux discriminer les triades « matrice/danger/filière » les plus pertinentes en se basant sur les critères qu'ils considéraient comme les plus importants. Ainsi, les experts ont proposé trois pondérations thématiques, afin de mieux prendre en compte la santé publique, la santé et le bien-être animal, et l'environnement. Ces pondérations donnent davantage de poids aux critères estimés les plus importants pour la thématique considérée. Les experts soulignent que les trois pondérations retenues correspondent au propre choix des experts. Ces trois pondérations ne doivent pas être considérées comme définitivement fixées et le gestionnaire peut choisir de les utiliser ou d'établir sa propre pondération.

Le détail des notes par critère et les notes finales (avec et sans pondération) des triades sont consultables en Annexe 17 du rapport d'expertise révisé en mai 2020. Les experts ont également réalisé une analyse de sensibilité pour évaluer l'importance de chaque critère dans la note finale de la triade et dans sa place relative dans le classement final. Le détail de la démarche et le résultat de cette analyse de sensibilité sont développés dans l'Annexe 16 du rapport d'expertise révisé en mai 2020.

La notation des triades sélectionnées à partir de l'analyse de la bibliographie a permis d'établir un classement des triades considérées comme les plus pertinentes pour rechercher et mettre en œuvre des moyens de maîtrise vis-à-vis de dangers microbiens pouvant présenter un danger *via* l'alimentation animale d'origine végétale.

Les principaux dangers microbiens identifiés sont d'origine bactérienne. Certains sont clairement en relation avec des matrices particulières. C'est le cas par exemple, pour *Listeria monocytogenes*, dans les ensilages et enrubannages destinés à l'alimentation des ruminants. *L. monocytogenes* est également arrivée en début de classement dans les matières premières non traitées (céréales, tourteaux, etc.) pour les ruminants. D'autres dangers microbiens, comme *Salmonella* spp., se retrouvent dans un grand nombre de matrices distribuées aux trois filières analysées mais de façon plus particulière dans les matières premières non traitées pour les ruminants.

¹⁵ Avis 2013-SA-0049 de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à une méthode de hiérarchisation des maladies animales exotiques et présentes en France.

Certaines espèces bactériennes (*Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* (MAP), *Bacillus anthracis*) et les parasites (zoonotiques ou non), sont associés à une filière en particulier, les ruminants, et à un mode d'alimentation spécifique, l'affouragement en vert et les pâturages.

Le classement par filière sans pondération des 30 triades est représenté dans la Figure 2 ci-dessous. Le détail du classement des 30 triades, avec et sans pondération, est développé en partie 4.2 du rapport d'expertise collective révisé en mai 2020.

Avis de l'Anses

Saisine n° «2015-SA-0191 »

Saisine(s) liée(s) n°2015-SA-0075, 2016-SA-0029

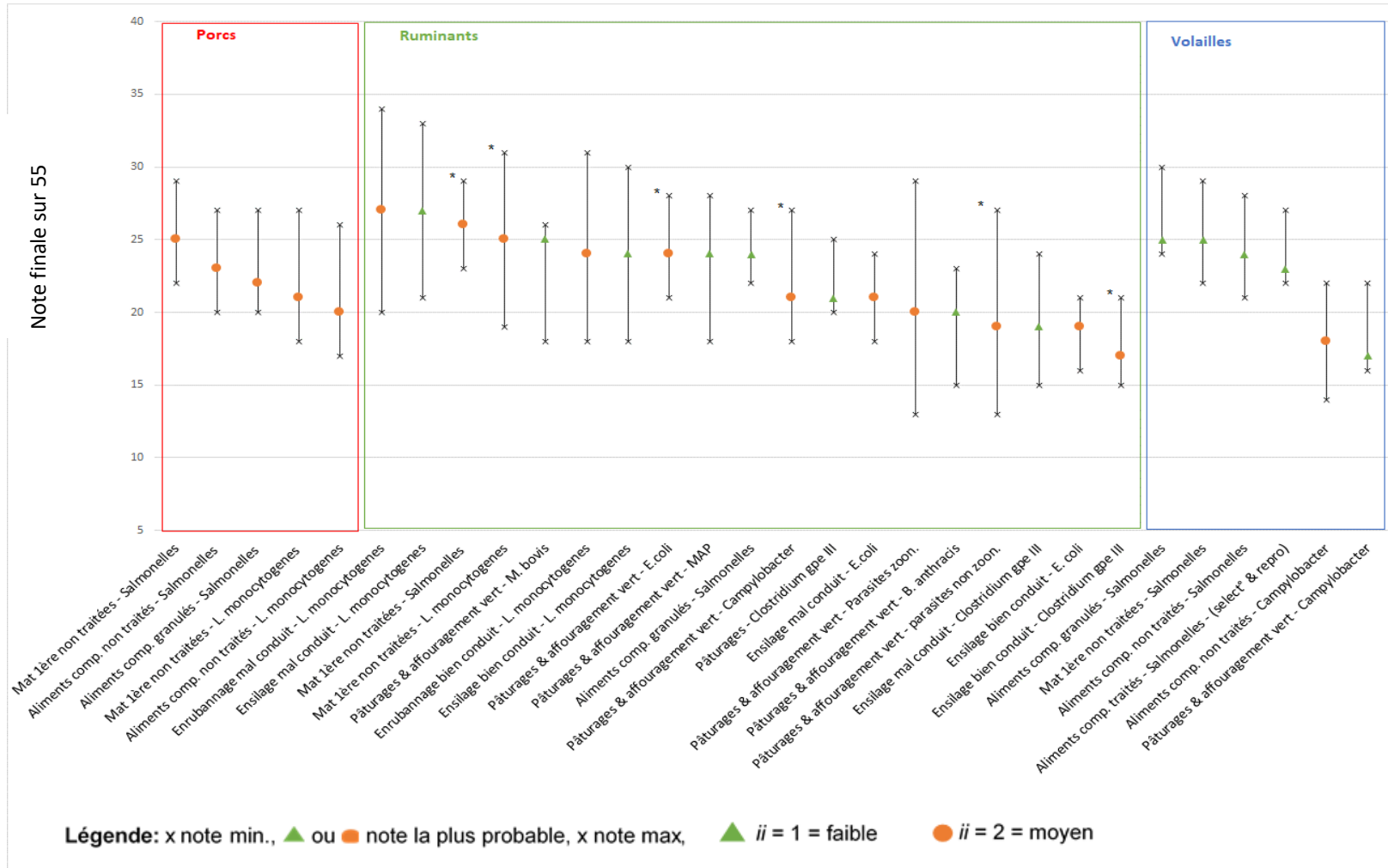


Figure 2 : Représentation graphique du classement par filière des 30 triades sans pondération (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ;2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

Il est nécessaire de souligner que la liste des triades retenues, de même que la hiérarchisation qui constitue l'étape suivante du travail d'expertise, ont été établies sur la base de la situation épidémiologique actuelle, des connaissances et des données disponibles dans la bibliographie au moment de l'exercice. Un événement nouveau, lié par exemple à l'émergence d'un danger microbien ou à l'augmentation de l'impact d'un danger microbien à la suite d'une modification de son pouvoir pathogène et/ou de sa capacité à induire des épidémies/épizooties, ou encore à une modification de la réglementation, pourra donc conduire à réviser la liste des triades. Cette révision pourrait également concerner des triades que les experts ont été dans l'incapacité de noter en 2018/2019, faute de données, mais qui pourraient être notées une fois les connaissances générées.

3.3. Conclusions et recommandations

Le résultat de cette hiérarchisation permet d'identifier *Listeria monocytogenes* comme l'un des dangers microbiens les plus importants en alimentation des animaux (rang élevé quel que soit le mode de pondération appliqué). Ce danger microbien est particulièrement associé aux fourrages ensilés ou enrubannés destinés à l'alimentation des ruminants. Pour ces triades, le risque est d'autant plus élevé que la technique d'ensilage ou d'enrubannage n'a pas été correctement réalisée. Ce positionnement résulte du fait que *L. monocytogenes* représente un danger non seulement en terme de santé publique, mais également de santé animale. Les voies d'introduction de ce danger microbien dans la matrice se situent principalement lors des opérations de récolte des fourrages (introduction de terre et de petits rongeurs contaminés par exemple). La conservation des aliments, pendant plusieurs mois, dans de mauvaises conditions de stockage (défaut d'acidification et d'anaérobiose) permet la survie et la multiplication de cet agent pathogène.

L'importance de ce danger microbien ressort également dans les matières premières non traitées (céréales, tourteaux, etc.) utilisées pour l'alimentation des ruminants.

La recherche de *Listeria monocytogenes* dans les fourrages, au moment de la récolte, ne paraît pas très pertinente, du fait de la difficulté de définir un plan d'échantillonnage représentatif compte tenu des volumes de fourrages considérés ainsi que des niveaux de contamination faibles à ce stade. Par contre, la présence de zones avec des moisissures visibles dans les fourrages ensilés ou enrubannés peut être un indicateur de mauvaise pratique et de la contamination du silo, et doit conduire à la recherche de *Listeria monocytogenes* ainsi que des autres dangers microbiens identifiés comme pouvant être présents dans ces matrices (*Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines (STEC), *Clostridium botulinum* groupe III). Pour une bonne maîtrise de ces dangers microbiens, il convient d'appliquer de bonnes pratiques d'hygiène non seulement au moment de la récolte, mais également lors de l'ensilage ou de l'enrubannage de ces fourrages.

A ce titre, en ce qui concerne l'enrubannage, les experts recommandent la rédaction d'un guide de bonnes pratiques d'hygiène (GBPH), validé par les autorités, qui intégrerait en particulier la vérification de l'intégrité des films plastiques et un contrôle visuel de l'état du fourrage lors de l'ouverture des balles d'enrubannés. De plus, face au peu d'information disponible pour cette matrice, l'acquisition de données sur les fourrages enrubannés permettrait de mieux appréhender les risques inhérents à cet aliment.

Salmonella spp. se révèle être également un danger microbien à considérer. Cet agent pathogène est associé dans différentes triades arrivant en début de classement, non seulement dans les filières avicoles, mais également porcines et de ruminants. Ce danger microbien représente un risque reconnu pour la santé publique et pour la santé des animaux, en particulier en filière bovine. Il apparaît également comme un danger pour l'environnement.

Une première série de triades concerne la présence de *Salmonella* spp. dans les matières premières non traitées destinées à l'alimentation des volailles, des porcs et des ruminants. Les voies d'introduction de ce danger microbien sont principalement les matières premières contaminées en amont et qui ne subissent aucun traitement de décontamination avant leur distribution, en l'état, aux animaux. Certaines de ces matières premières reconnues à risque (tourteau de soja) peuvent ainsi être la voie d'introduction de ce danger microbien dans la chaîne alimentaire. La recherche systématique des salmonelles dans les matières premières non traitées présente un caractère extrêmement aléatoire compte tenu des volumes concernés (représentativité de l'échantillonnage, faible taux de contamination) et de la présentation physique de la matrice. Cependant, le renforcement des PS/PC et des auto-contrôles par les professionnels, devrait permettre de mieux connaître la prévalence de ce danger microbien dans ces matrices très diverses. Les experts rappellent les recommandations du rapport Anses « *Salmonella* spp. en alimentation animale » : « *Lorsque la présence de salmonelles est détectée, et qu'il est décidé de procéder à un assainissement, alors des traitements thermiques et/ou chimiques pourraient s'appliquer, tel que décrit dans la bibliographie, moyennant les compléments et les limites évoqués précédemment. Au regard des volumes de produits susceptibles d'être concernés, les experts soulignent que la mise en place de tels traitements assainissant pourrait nécessiter des moyens logistiques importants et qu'un travail, visant à mieux circonscrire la quantité d'aliment concernée par une contamination, reste à envisager* »¹⁶.

D'autres triades incluant les salmonelles ont également été identifiées:

- Pour celles concernant les aliments composés granulés dans les filières ruminants et volailles, les voies d'introduction de *Salmonella* spp. dans ces matrices se situent principalement au niveau de certaines matières premières contaminées (tourteau de soja par exemple). Les experts rappellent que les barèmes temps/température, appliqués lors de la granulation, n'ont pas pour objectif premier de détruire les microorganismes pathogènes et plus particulièrement *Salmonella* spp.. Mais ce procédé peut toutefois avoir un effet sur la diminution de la charge en salmonelles, notamment si les paramètres de temps et de température sont adaptés à cet objectif et sont maîtrisés.

La recherche des Salmonelles dans des aliments caractérisés par un taux de MS très élevé (supérieur à 86 %) est plus difficile que dans des aliments liquides, mais la mise en place de PS/PC de manière plus systématique sur ces aliments permettrait de connaître, non seulement l'efficacité de la technique de granulation sur la décontamination des aliments, mais également la prévalence de ce danger microbien dans ces aliments granulés.

- Pour celles concernant les farines non traitées utilisées dans les filières avicoles et porcines, les voies d'introduction de *Salmonella* spp. se situent aussi principalement au niveau de certaines matières premières contaminées (tourteau de soja par exemple). Ces aliments qui sont de simples mélanges de matières premières broyées, ne subissent aucun traitement avant leur utilisation. A la ferme, ils sont distribués en l'état aux animaux ou participent à l'élaboration d'un aliment liquide (soupe) grâce à un mélange avec de l'eau.

¹⁶ Saisine 2016-SA-0029 relative au danger *Salmonella* spp en alimentation animale.

Ces farines ne constituent pas une matrice favorable à la recherche de *Salmonella* spp. Cependant, la mise en place de PS/PC de manière plus systématique, permettrait de mieux connaître la prévalence de *Salmonella* spp. dans ces aliments.

L'application des recommandations des GBPH devrait permettre de mieux maîtriser ce danger microbien. Des traitements d'acidification des farines, dans des conditions maîtrisées et validées, sont des voies à développer.

D'autres dangers microbiens sont également ressortis de l'analyse, en particulier en relation avec les techniques d'affouragement en vert et le pâturage pour les ruminants :

- Les *Escherichia coli* STEC représentent un risque principalement en élevage de ruminants. Le pâturage, contaminé par les matières fécales des animaux et les épandages non maîtrisés, constitue l'une des principales voies de contamination des animaux *via* l'alimentation.

La contamination des ruminants peut entraîner la contamination ultérieure des produits qui en sont issus, et dont la consommation à l'état cru (lait et produits laitiers au lait cru, viande) ou insuffisamment cuit (viande) engendre des risques importants pour les consommateurs, notamment les jeunes enfants.

Le contrôle du réservoir animal semble la meilleure stratégie pour limiter la dissémination des souches de STEC dans la chaîne alimentaire, mais des moyens de maîtrise efficaces ne sont pas encore clairement identifiés. Les mesures classiques d'hygiène au niveau de la ferme (propreté des locaux, gestion de la litière, propreté des trayons, nettoyage de la machine à traire, contrôle de la faune sauvage commensale et/ou libre, etc.) doivent impérativement être respectées pour limiter la contamination du lait et des animaux, et ainsi la circulation des souches bactériennes.

La gestion des fumiers et lisiers doit impérativement minimiser les risques de transfert d'un danger microbien, des déjections animales vers des aliments pour animaux, et par conséquent vers le reste de la chaîne alimentaire. En particulier, le respect du délai entre l'épandage de déjections animales sur des terres agricoles et l'utilisation de ces terres (pour être pâturées, cultivées ou fauchées) doit permettre une élimination des STEC pathogènes, afin d'éviter la contamination des cultures et/ou des troupeaux. Là encore, le respect des bonnes pratiques et de la réglementation pour ce qui concerne le stockage et l'épandage doit permettre de minimiser le risque lié aux STEC. L'incorporation de bactéries lactiques dans l'ensilage, qui est une pratique courante, semble permettre de limiter la survie des STEC, et pourrait donc aider à limiter le risque pour cet aliment. De même, la présence de moisissures visibles en surface des silos, qui témoigne d'une rupture d'anaérobiose, doit alerter sur la présence possible de STEC. Les experts ne disposaient d'aucune donnée sur les fourrages enrubannés mais il est probable que le risque existe aussi pour cet aliment, dans la mesure où la technique d'enrubannage est, à l'instar de celle d'ensilage, un mode de conservation par voie humide favorable au développement de ce danger microbien.

- *Mycobacterium bovis* représente un risque principalement pour les bovins. Le risque principal de transmission de *M. bovis* au bétail *via* l'alimentation est lié aux pâturages, habitats que les animaux d'élevage partagent fréquemment avec des espèces sauvages pouvant être infectées. Ce risque pourrait donc être réduit par une meilleure gestion des sites de pâturage. Les points à surveiller sont la présence d'animaux sauvages pouvant être porteurs de *M. bovis*, l'épandage d'effluents d'élevage trop « frais », ainsi que le surpâturage qui peut amener les bovins à brouter au voisinage des latrines des blaireaux, ou à ingérer des quantités plus importantes de terre éventuellement contaminée.

- *M. avium* subsp. *paratuberculosis*, agent étiologique de la paratuberculose des ruminants, touche particulièrement les troupeaux laitiers. Les fèces des animaux malades ou infectés

asymptomatiques, constituent la principale source d'infection. Ainsi, la contamination des aliments dans l'environnement d'élevage, liée à l'excrétion abondante des MAP et à leur persistance, participe à la transmission de la paratuberculose. La réduction du risque de transmission des MAP *via* l'alimentation des animaux relève donc de la prévention sanitaire au sein des élevages plutôt que de la surveillance des aliments.

De manière plus générale, les experts ont souhaité émettre les recommandations suivantes :

- pour les filières de production à risque pour la transmission de ces agents pathogènes à l'être humain (i.e. production de lait cru ou de produits laitiers au lait cru), les experts préconisent d'évaluer les risques liés à l'utilisation de fourrages ensilés et/ou enrubannés afin d'identifier des leviers de prévention ou des protocoles de surveillance, notamment pour la présence de *L. monocytogenes* et d'*E. coli* STEC ;
- peu d'études ont été menées sur les risques microbiens qui pourraient être attribués à la FAF. La mise en place de telles études serait d'autant plus justifiée que la FAF tend à se développer notamment dans certains modes d'élevage (agriculture biologique, élevages fermiers, etc.). Ainsi, les experts recommandent non seulement de mieux recenser les différentes pratiques de FAF utilisées dans toutes les filières de production, mais également de mieux mesurer les risques microbiens encourus, afin d'établir, le cas échéant, un GBPH validé par les autorités pour les aliments fabriqués à la ferme ;
- la bonne gestion des fumiers et des lisiers doit impérativement minimiser les risques de transfert des dangers microbiens des déjections animales vers des aliments pour animaux, et par conséquent vers toute la chaîne alimentaire. En particulier, le respect du délai entre l'épandage de déjections animales sur des terres agricoles et la gestion raisonnée de ces terres doivent permettre une élimination des dangers microbiens (STEC, MAP, *Mycobacterium bovis*, *L. monocytogenes*...) afin de limiter la contamination des cultures et/ou des troupeaux ;
- enfin, les experts recommandent la mise en place et l'utilisation de méthodes de caractérisation plus élaborées, basées par exemple sur le génotypage des souches bactériennes. Ceci notamment pour les souches de *Salmonella* spp. et de *L. monocytogenes* isolées aux différents stades de la chaîne alimentaire, depuis les matières premières des aliments pour animaux jusqu'aux denrées alimentaires. Le développement et la mise en place de telles méthodes permettraient non seulement de mieux connaître l'origine de la contamination de certaines denrées alimentaires, mais également d'évaluer et formaliser le lien entre la présence d'agents pathogènes dans les aliments pour animaux et la contamination ultérieure de denrées alimentaires.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations du CES ALAN relatives à l'identification et à la caractérisation des dangers microbiens liés aux matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale.

L'Agence constate que les triades impliquant des fourrages verts (ensilage, enrubannage) arrivent fréquemment en tête de classement, alors que ces matrices sont peu prises en compte dans les PS/PC. Pour autant, l'Agence souligne que les PS/PC n'apparaissent pas aux experts comme la

méthode de maîtrise et de gestion la plus pertinente du danger microbien dans ces matrices, du fait de la difficulté de définir un plan d'échantillonnage représentatif compte tenu des volumes de fourrages considérés, des niveaux de contamination faibles à ce stade et de la présentation physique de la matrice. A contrario, une surveillance adéquate (couplage entre des observations visuelles sur l'état des ensilages, déclenchant des investigations ciblées) paraît plus pertinente. C'est pourquoi, il semble important de sensibiliser et mobiliser les professionnels, sur ce sujet, notamment au travers de la rédaction des guides de bonnes pratiques. A cet égard, un échange du résultat de ces travaux avec la plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale pourrait être une première étape de cette sensibilisation.

Enfin, dans la perspective d'une maîtrise de l'impact de la filière animale jusqu'à l'alimentation humaine, ces travaux pourraient également intéresser la plateforme d'épidémiosurveillance en sécurité sanitaire des aliments, au même titre que l'avis et rapport de l'Anses élaborés dans le cadre des travaux de hiérarchisation des dangers biologiques et chimiques dans le but d'optimiser la sécurité sanitaire des aliments.

Dr Roger Genet

MOTS-CLES

Alimentation animale, matière première végétale, pâturage, parcours herbeux, ensilage, enrubannage, aliment composé, danger microbien, bactérie, parasite, virus, ruminant, volaille, porc, grille de notation, hiérarchisation.

Animal feed, plant raw material, pasture, grassy area, silage, baled silage, compound feed, microbial hazard, bacterium, parasite, virus, ruminant, poultry, swine, scoring table, prioritization.

Identification et caractérisation des dangers microbiens liés aux matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale

Saisine 2015-SA-0191

RAPPORT d'expertise collective*

CES « Alimentation animale»

GT « Dangers microbiens en alimentation animale»

Mai 2020

*Annule et remplace le rapport de novembre 2019, suivi des modifications en Annexe 17



Mots clés

Alimentation animale, matière première végétale, pâturage, parcours herbeux, ensilage, enrubannage, aliment composé, danger microbien, bactérie, parasite, virus, ruminant, volaille, porc, grille de notation, hiérarchisation

Animal feed, plant raw material, pasture, grassy area, silage, baled silage, compound feed, microbial hazard, bacterium, parasite, virus, ruminant, poultry, swine, scoring table, prioritization

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

Président

M. Etienne GIRAUD – Chargé de recherche, INRA Centre Occitanie-Toulouse (microbiologie, antibiorésistance, environnement)

Membres

Mme. Corinne BAYOURTHE – Professeur, ENSA Toulouse (zootechne, physiologie et nutrition des ruminants)

Mme. Catherine BELLOC – Professeur, Oniris – Ecole vétérinaire de Nantes (médecine des animaux d'élevage - monogastriques)

M. Pierre COLIN – Professeur émérite, Université de Bretagne occidentale (hygiène et microbiologie des aliments - viandes, produits carnés et volailles)

Mme. Isabelle DEPORTES – Ingénieure Santé-Déchets, ADEME- Service Mobilisation et Valorisation des Déchets (parasitologie, impact sanitaire de la gestion des déchets, analyse de risques)

Mme. Evelyne FORANO – Directrice de recherche, INRA - Centre Auvergne-Rhône-Alpes (microbiologie du rumen, portage animal de pathogènes humains)

M. Dominique GAUTHIER – Directeur, Laboratoire départemental d'Analyses des Hautes-Alpes (santé animale, HACCP)

RAPPORTEURS

Mme Nathalie PRIYMENKO – Maître de conférences en alimentation animale, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (endophytes, botanique, nutrition et alimentation des animaux)

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

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

- CES ALAN – CES pilote- 16 octobre 2018, 9 avril 2019, 15 octobre 2019, 19 novembre 2019

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-Marc BONMATIN – CNRS (Ecotoxicologie, abeilles)

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

Mme Joelle DUPONT – Directrice de recherche, INRA (nutrition animale, métabolisme, ruminants, volailles)

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

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

M. Olivier GEFFARD – IRSTEA (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, INRA Centre Poitou-Charentes (physiologie et nutrition des volailles, additifs en alimentation animale)

Mme Nathalie LEFLOCH - Directrice de recherche, INRA Centre Bretagne Normandie (Nutrition animale, physiologie de la nutrition, approche globale, 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, INRA 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)

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

- CES SABA – pour information le 19 février et 11 juin 2019

Président

M. Gilles MEYER – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Virologie, immunologie, vaccinologie, maladies des ruminants.

Membres

Mme Catherine BELLOC – Professeur, Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes - Infectiologie, approche intégrée de la santé animale, maladies des monogastriques.

M. Stéphane BERTAGNOLI – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Virologie, immunologie, vaccination, maladies des lagomorphes.

M. Alain BOISSY – Directeur de Recherche INRA Clermont-Ferrand – Theix - Bien-être animal

M. Henri-Jean BOULOUIS – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort - Bactériologie, diagnostic de laboratoire, immunologie, vaccinologie

M. Eric COLLIN – Vétérinaire libéral - médecine vétérinaire, médicament vétérinaire, maladies vectorielles, maladies à prion, épidémiologie, maladies des ruminants.

M. Jean-Claude DESFONTIS – Professeur Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes – Physiologie animale, bien-être animal, médicament vétérinaire

Mme Maria-Eleni FILIPPITZI – Vétérinaire épidémiologiste, SCIENSANO (B) – épidémiologie quantitative, évaluation de risque.

M. David FRETIN – Chef du service zoonoses bactériennes des animaux de rente. SCIENSANO (B) - Bactériologie, zoonoses, diagnostic de laboratoire

Mme Emmanuelle GILOT-FROMONT – Professeur, VetAgro Sup – Campus vétérinaire de Lyon – Epidémiologie quantitative, évaluation de risque, interface faune sauvage-animaux domestiques, maladies réglementées.

M. Etienne GIRAUD – Chargé de recherche, INRA Toulouse – Bactériologie, antibiorésistance, maladies des poissons.

M. Lionel GRISOT – Vétérinaire libéral - Médecine vétérinaire, médicament vétérinaire, maladies des ruminants.

Mme Nadia HADDAD – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort - Infectiologie, maladies réglementées, zoonoses.

Mme Viviane HENAU – Chargée d'activités de recherche, Anses Lyon – Epidémiologie quantitative, évaluation de risque.

Mme Elsa JOURDAIN – Chargée de recherche, INRA Clermont-Ferrand - Theix - Zoonoses, épidémiologie, interface faune sauvage-animaux domestiques.

Mme Sophie LE BOUQUIN – LE NEVEU – Cheffe d'Unité Adjointe, Unité Epidémiologie, Santé et Bien-Etre, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Epidémiologie, évaluation de risque, approche intégrée de la santé animale

Mme Sophie LE PODER – Maître de conférences, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort - virologie, immunologie, vaccinologie

Mme Elodie MONCHATRE-LEROY – Directrice du Laboratoire de la rage et de la faune sauvage, Anses Nancy - Virologie, épidémiologie, évaluation de risques, faune sauvage

Mme Monique L'HOSTIS – Retraitée, Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes – Parasitologie, santé des abeilles.

M. François MEURENS – Professeur, Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes - Virologie, immunologie, vaccinologie, pathologie porcine.

Mme Virginie MICHEL – Coordinatrice Nationale Bien-être Animal - Anses - Bien-être animal approche intégrée de la santé animale, épidémiologie, évaluation de risque.

M. Pierre MORMEDE – Directeur de recherche émérite INRA - Bien-être animal, stress.

M. Hervé MORVAN – Chef de service du laboratoire de bactériologie vétérinaire, Labocéa 22 - Bactériologie, diagnostic de laboratoire.

Mme Carine PARAUD – Chargée de projet de recherche en parasitologie, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort – Parasitologie, maladies des ruminants.

Mme Ariane PAYNE – Chargée d'étude, ONCFS - Epidémiologie, évaluation de risque, interface faune sauvage-animaux domestiques.

M. Michel PEPIN – Professeur, VetAgro Sup – Campus vétérinaire de Lyon – Infectiologie, immunologie, vaccinologie, maladies des ruminants.

Mme Carole PEROZ – Maître de conférences, Oniris Ecole Vétérinaire de Nantes - Infectiologie, maladies réglementées, approche intégrée de la santé animale.

Mme Claire PONSART – Chef de l'unité des zoonoses bactériennes, Laboratoire de Santé Animale, Anses Maisons-Alfort - Bactériologie, zoonoses, diagnostic de laboratoire.

M. Claude SAEGERMAN – Professeur, Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège - Epidémiologie, évaluation de risque.

Mme Gaëlle SIMON – Cheffe d'Unité Adjointe, Unité Virologie Immunologie Porcines, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Virologie, immunologie, maladies des monogastriques.

M. Jean-Pierre VAILLANCOURT – Professeur, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal - Epidémiologie, biosécurité, zoonose, évaluation de risque.

Les travaux, objets du présent rapport, ont été présentés au GT suivant :

- GT GBPH– pour information le 8 février 2019

Président

Michel FEDERIGHI – ONIRIS, Nantes. Compétences en hygiène et microbiologie des aliments (viandes et produits carnés), procédés de décontamination.

Membres

Mme Corine BAYOURTHE – ENSA Toulouse. Compétences en zootechnie, ruminants, additifs et matières premières en alimentation animale.

M. Mickael BONI – Ministère des armées –Sécurité sanitaire des aliments, eau potable, microbiologie, analyse des dangers biologiques.

M. Olivier BOUTOU – AFNOR. Compétences polyvalentes et notamment en HACCP.

Mme Valérie CAMEL – Agroparistech. Compétences en chimie analytique.

M. Bernard CARON – GIP Inovalys, organisme d'inspection. Compétences transversales agro-alimentaire (alimentation, production et sécurité alimentaire).

Mme Catherine CHUBILLEAU – Centre hospitalier de Niort. Epidémiologie, évaluation des risques sanitaires, hygiène.

M. Alain GONTHIER – Vetagro sup, réglementation, dangers, abattoir, filière lait (élevage et transformation), HACCP, analyses microbiologiques.

Mme Sylvie MIALET – Vet agro sup. Compétences en bactériologie alimentaire, hygiène des aliments, analyse des dangers, HACCP.

M. Alain MIMOUNI- retraité, Sciences des aliments, microbiologie industrielle, process/procedés, qualité et sécurité des aliments, plan de maîtrise.

M. Brice MINVIELLE- Institut de l'Élevage (IDELE), Hygiène des aliments, règlementation, HACCP; GBPH, validation de procédés, productions animales.

Mme Fanny RENOIS, ONIRIS Hygiène et microbiologie des aliments, méthode de détection et de caractérisation des microorganismes, analyse et connaissance des dangers biologiques et chimiques.

Mme Marianne SINDIC – Université de Gembloux. Compétences en science des aliments, agronomie, HACCP, filières lait - viandes – oléagineux, méthodes analytiques.

Mme Samira SARTER – Chercheur CIRAD – Microbiologie, sécurité sanitaire, HACCP, bactéries pathogènes, pêche et aquaculture.

Mme Bénédicte WELTE – Eaux de Paris. Compétences en eau potable : traitement, qualité, analyse, chimie.

M. François ZUBER – CTCPA. Compétences en procédés et pratiques des industries agroalimentaires, traitements thermiques nouveaux utilisés par les industries, BPH

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Justine CORRE -Coordinatrice scientifique d'expertise - Anses-DER-UERSABA

Mme Florence ÉTORÉ- Adjointe au Chef d'Unité - Anses-DER-UERSABA

Secrétariat administratif

Mme Catherine FRANCOIS - Anses

Mme Angélique LAURENT - Anses

CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AUX COLLECTIFS

Un expert extérieur au GT a été mandaté pour réaliser une relecture critique du rapport :

M. Michel FEDERIGHI - Professeur, ONIRIS (hygiène et microbiologie des aliments, procédés de décontamination)

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Expertise collective : synthèse de l'argumentaire et conclusions	13
Sigles et abréviations	20
Liste des tableaux	22
Liste des figures	22
1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise	25
1.1 Contexte	25
1.2 Objet de la saisine	26
1.3 Limites du champ d'expertise	26
1.3.1 Concernant les aliments	26
1.3.2 Concernant les dangers microbiens	27
1.3.3 Concernant les cibles des dangers microbiens	28
1.3.3.1 L'animal.....	28
1.3.3.2 L'être humain.....	28
1.3.3.3 L'environnement.....	28
1.4 Modalités de traitement : organisation et moyens mis en oeuvre.	31
1.4.1 Organisation.....	31
1.4.2 Moyens mis en œuvre	32
1.4.2.1 Sollicitation des Points focaux.....	32
1.4.2.2 Recherche bibliographique.....	32
1.4.2.3 Autres sources de données.....	33
1.5 Prévention des risques de conflits d'intérêts	34
2 Les matières premières d'origine végétale en alimentation animale	35
2.1 Généralités	35
2.2 Les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale	38
2.2.1 Les fourrages	38
2.2.2 Les autres matières premières d'origine végétale	40
2.2.2.1 Les céréales	41
2.2.2.2 Les co-produits des industries agro-alimentaires	41
2.2.2.2.1 Huilerie	42
2.2.2.2.2 Meunerie	43
2.2.2.2.3 Sucrerie	43
2.2.2.2.4 Amidonnerie	44
2.2.2.2.5 Brasserie et distillerie	44
2.2.2.2.6 Industrie des jus de fruits : pulpes d'agrumes	44
2.2.2.3 Les graines protéagineuses et oléagineuses	44
2.2.2.4 Les aliments composés produits par l'industrie de l'alimentation animale.....	44
2.3 La réglementation en alimentation animale	46
2.3.1 Contexte général.....	46
2.3.2 Réglementation « Salmonelles »	47
2.3.3 Réglementation sur l'épandage des matières fertilisantes organiques	48
2.3.3.1 Définition des matières fertilisantes.....	48
2.3.3.2 Contexte réglementaire	48

3 Identification des dangers microbiens dans les matières premières d'origine végétale entrant dans la composition des aliments pour animaux..... 51

3.1 Les bactéries	51
3.1.1 <i>Escherichia coli</i>	51
3.1.1.1 Introduction	51
3.1.1.2 Présence de STEC dans l'alimentation et transfert aux animaux.....	53
3.1.1.2.1 Détection d' <i>E.coli</i> et de STEC dans les aliments pour animaux	53
3.1.1.2.2 Ensilage	54
3.1.1.2.3 Pâturages.....	54
3.1.1.2.4 Epandage de lisier, fumiers et eaux usées.....	55
3.1.1.3 Faune sauvage.....	56
3.1.2 <i>Listeria monocytogenes</i>	57
3.1.2.1 Généralités	57
3.1.2.2 Présence de <i>Listeria monocytogenes</i> dans les aliments pour animaux	58
3.1.2.2.1 Ensilage et enrubbage	58
3.1.2.2.2 Autres aliments pour animaux	59
3.1.2.2.3 Origine de <i>Listeria monocytogenes</i> présente dans les aliments pour animaux	60
3.1.2.3 Détection et mesures de maîtrise	60
3.1.3 <i>Salmonella</i> spp.	62
3.1.3.1 Généralités sur <i>Salmonella</i> . spp.....	62
3.1.3.2 Présence de <i>Salmonella</i> . spp dans l'alimentation animale et transfert aux animaux	63
3.1.3.2.1 Matières premières et aliments composés	63
3.1.3.2.2 Ensilage	66
3.1.3.2.3 Pâturages.....	67
3.1.3.2.4 Fabrication des aliments à la ferme.....	68
3.1.3.2.5 Alimentation liquide des porcs (soupe).....	68
3.1.4 Les bactéries du genre <i>Clostridium</i>	69
3.1.4.1 Généralités sur <i>Clostridium botulinum</i>	69
3.1.4.2 Rôle des aliments dans la transmission de <i>C. botulinum</i> aux animaux d'élevage.....	70
3.1.5 <i>Campylobacter</i> sp.	71
3.1.5.1 Généralités sur <i>Campylobacter</i> sp.	71
3.1.5.2 Présence de <i>Campylobacter</i> sp. dans l'alimentation animale et transfert aux animaux	72
3.1.5.2.1 Aliments composés	72
3.1.5.2.2 Ensilage	72
3.1.5.2.3 Pâturages.....	73
3.1.6 <i>Brucella</i> sp.	74
3.1.6.1 Généralités sur <i>Brucella</i> sp.	74
3.1.6.2 Présence de <i>Brucella</i> sp. dans les aliments pour animaux	75
3.1.7 <i>Bacillus anthracis</i>	78
3.1.7.1 Généralités sur le bacille du charbon (<i>Bacillus anthracis</i>)	78
3.1.7.2 Présence de <i>Bacillus anthracis</i> dans les aliments pour animaux	79
3.1.8 <i>Mycobacterium bovis</i>	80
3.1.9 <i>Mycobacterium avium</i> subsp <i>paratuberculosis</i>	82
3.1.10 Autres bactéries	83
3.1.10.1 <i>Bacillus cereus</i>	83
3.1.10.1.1 Généralités sur <i>Bacillus cereus</i>	83
3.1.10.1.2 Présence dans les aliments pour animaux.....	84
3.1.10.2 <i>Staphylococcus aureus</i>	84
3.1.10.3 <i>Streptococcus suis</i>	85
3.1.10.4 <i>Brachyspira</i> sp.....	86
3.1.10.5 <i>Cronobacter</i> sp.....	87
3.1.10.6 <i>Yersinia enterocolitica</i>	87
3.2 Les parasites	89
3.2.1 Parasites <i>Cryptosporidium</i> spp, <i>Neospora caninum</i> , <i>Toxoplasma gondii</i> , les coccidies et <i>Giardia duodenalis</i>	89
3.2.1.1 Généralités.....	89

3.2.1.1.1	Généralités sur les parasites de l'ordre des Eucoccidies, phylum des Apicomplexa.....	89
3.2.1.1.2	Généralités sur les parasites de l'ordre des Diplomonadida, phylum des Sarcostigophora : <i>Giardia duodenalis</i>	91
3.2.1.2	Taux de prévalence et lien avec l'alimentation des animaux d'élevage	92
3.2.2	Cestodes et Nématodes	94
3.2.2.1	Généralités sur la Classe des Cestodes (Embranchement des Plathelminthes) et l'Embranchement des Nématodes.....	94
3.2.2.2	Présence des Cestodes et Nématodes dans les aliments pour animaux.....	95
3.3	Les virus	97
3.3.1	Les virus porcins	97
3.3.1.1	Etude générale.....	97
3.3.1.2	Les coronavirus.....	98
3.3.2	Le virus de la maladie hémorragique du lapin (Calicivirus).....	99
3.3.3	Les virus de la diarrhée virale bovine et de la Border Disease (Pestivirus).....	99
3.4	Synthèse de l'analyse bibliographique	100
4	Les triades « matrice/danger/filière » les plus pertinentes en alimentation animale	102
4.1	Méthodologie mise en place pour déterminer les triades « matrice/danger/filière » les plus pertinentes en alimentation animale.....	102
4.2	Classement des triades « matrice / danger / filière » retenues.....	110
4.2.1	Classement des triades « matrice/danger/filière » sans pondération.....	110
4.2.2	Classement des triades avec pondération.....	115
4.2.2.1	Classement des 14 premières triades avec la pondération « santé publique ».....	115
4.2.2.2	Classement des 14 premières triades avec la pondération « santé et bien-être animal ».....	117
4.2.2.3	Classement des 14 premières triades avec la pondération « environnement »	118
5	Incertitudes.....	120
6	Conclusions et recommandations du groupe de travail.....	123
7	Bibliographie	128
7.1	Publications.....	128
7.2	Normes.....	143
7.3	Législation et réglementation	143
ANNEXES	146	
Annexe 1	: Lettre de saisine	147
Annexe 2	: Profil bibliographique « Dangers microbiologiques en alimentation animale » 150	
Annexe 3	: Profil bibliographique « Epannage »	156
Annexe 4	: Grille de lecture (Extrait).....	159
Annexe 5	: Risques microbiologiques liés à l'épandage des matières fertilisantes organiques.....	160
Annexe 6	: Informations relatives aux seuils limites en contaminants microbiologiques et aux bonnes pratiques pour les boues, les matières fertilisantes et les digestats. 163	

Annexe 7 : Répartition des articles en fonction de l'agent pathogène et de la matrice.....	166
Annexe 8 : Répartition des 20 principaux sérotypes de <i>Salmonella</i> spp. isolés en France, dans les cas de salmonelloses humaines, entre les années 2000 et 2016 (Weil et al, 2016).....	167
Annexe 9 : Classement des triades, pour la matrice « aliments composés ».....	168
Annexe 10 : Classement des triades, pour la matrice « ensilage et enrubannage, bien et mal conduit ».....	171
Annexe 11 : Classement des triades, pour la matrice « pâturage et affouragement en vert ».....	174
Annexe 12: Classement des triades, pour la matrice « matières premières non traitées »	177
Annexe 13 : Classement des triades, par filière	180
Annexe 14 : Classement des 30 triades avec pondération.....	183
Annexe 15 : Analyse de sensibilité pour les 30 triades	186
Annexe 16 : Fichiers de notations des 30 triades retenues à partir de l'analyse bibliographique	190
Annexe 17 : suivi des modifications du rapport.....	218

Expertise collective : synthèse de l'argumentaire et conclusions

Contexte

Les règlements (CE) n° 882/2004 et (UE) 2017/625 (qui abroge le règlement précité à partir du 14 décembre 2019) imposent aux Etats membres la réalisation de contrôles officiels fondés sur une analyse de risques. En France, ces contrôles officiels sont menés selon des modalités définies dans des plans de surveillance et de contrôle (PS/PC) qui doivent couvrir le secteur de l'alimentation animale. Dans le domaine des risques microbiens, les contrôles officiels portent principalement sur le risque lié à la présence des salmonelles. En effet, le règlement (CE) n° 2160/2003 vise à établir une approche coordonnée entre Etats membres et prévoit la fixation d'objectifs cibles pour réduire la prévalence des salmonelles.

Afin de mettre à jour, en termes de priorité et de pertinence, l'analyse de risques préalable à l'établissement de ces PS/PC, la DGCCRF et la DGAL avaient saisi l'Anses sur la caractérisation et la hiérarchisation des dangers physico-chimiques en alimentation animale (saisine 2015-SA-0075) et ont souhaité étendre cette démarche aux dangers biologiques. Après échange avec les demandeurs, il a été convenu que seules les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale seraient considérées, étant donné que pour les matières premières d'origine animale, des critères microbiologiques sont déjà définis dans le règlement (CE) n° 142/2011.

La présente saisine vise à remplir une partie de cet objectif pour réactualiser la liste des dangers microbiens et des matrices susceptibles d'être concernées. Une autre saisine vise spécifiquement le danger « Salmonelles » en alimentation animale.

Les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale.

L'alimentation animale, à l'exception de celle des animaux de compagnie, concerne deux grandes catégories de cheptels très différents par leurs effectifs et par la nature de leurs besoins alimentaires :

- les ruminants (bovins, ovins et caprins) destinés à la production de lait ou de viande,
- les monogastriques, notamment les différentes espèces de volailles de chair et de ponte, les porcs, les lapins et les poissons d'élevage. Le cheval a été exclu car le GT considère qu'il demeure principalement un animal de loisir et que la filière équine n'est pas, à l'instar des autres filières précitées, spécifiquement dédiée à la production de denrées alimentaires pour l'être humain.

En France, pour les années 2015-2016, le volume total (production nationale et importations) de matières premières utilisées pour l'alimentation des animaux de production s'élevait à 101 577 000 tonnes (T) de matière sèche (MS) dont 99,6 % d'origine végétale et 0,4 % d'origine animale. La production nationale de matières premières, essentiellement d'origine végétale (99,5 %), couvre 93,4 % des besoins alimentaires des élevages français. Ainsi, une faible part de matières premières (6,6 %) est importée. Les matières premières utilisées pour l'alimentation des animaux d'élevage sont très majoritairement inscrites au Catalogue *des matières premières pour aliments des animaux*. Par convention, elles sont classées en deux grandes catégories chez les ruminants : d'une part les fourrages (herbes et autres plantes fourragères) et d'autre part les aliments concentrés (céréales, tourteaux, graines oléagineuses et protéagineuses, co-produits). Dans le rapport d'expertise, ce terme est également employé pour les monogastriques.

Pour l'alimentation des animaux, les éleveurs utilisent :

- soit des matières premières produites sur l'exploitation et utilisées en l'état (fourrages, céréales, graines oléagineuses et protéagineuses, co-produits de cultures),
- soit des matières premières achetées à des organismes stockeurs pour les produits nationaux (céréales, protéagineux, etc.), à des importateurs ou négociants pour les produits provenant de l'étranger (manioc, graines et tourteaux de soja, etc.), et à des négociants ou des industries agro-alimentaires (IAA) nationales ou étrangères (triturateurs amidonniers, sucriers) pour les co-produits (tourteaux, pulpes d'agrumes, *corn-glutenfeed*, etc.),
- soit des aliments composés (mélanges de matières premières) fabriqués par l'industrie de La nutrition animale.

L'industrie de la nutrition animale s'approvisionne en matières premières majoritairement sur le marché national mais aussi international. Le rôle de cette industrie est devenu fondamental dans l'alimentation des monogastriques, mais reste plus limité dans celle des ruminants pour lesquels les fourrages restent les aliments prépondérants de la ration.

Enfin, certains éleveurs font le choix de fabriquer leurs aliments pour animaux directement sur leur exploitation. Cette fabrication des aliments à la ferme (FAF) concerne surtout les élevages de porcs et plus marginalement de volailles de chair et de poules pondeuses. Les deux modes principaux de FAF sont :

- la fabrication intégrale des aliments en mélangeant diverses matières premières, produites sur l'exploitation ou achetées sur le marché national,
 - la fabrication « partielle » des aliments en mélangeant les céréales produites sur l'exploitation avec un aliment composé dit « complémentaire », acheté auprès de l'industrie de l'alimentation animale.
- La FAF est très peu développée dans les élevages de ruminants car les éleveurs ne réalisent pas de mélange avec un matériel spécifique mais le plus souvent une distribution simultanée de tout ou partie des aliments (concentrés et fourrages) composant la ration. Cette pratique n'est pas considérée comme une fabrication d'aliments pour animaux à la ferme.

Méthode de travail du GT

Dans un premier temps, les experts ont réalisé une analyse approfondie de la bibliographie afin de recenser de la manière la plus exhaustive possible les connaissances scientifiques sur la présence des dangers microbiens DM (bactéries, virus, parasites, moisissures et endophytes) dans les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale. L'analyse bibliographique est consultable en partie 3 du rapport d'expertise. Il est à noter que le corpus bibliographique disponible pour les parasites et les virus est moins important que celui concernant les bactéries.

L'analyse bibliographique n'a pas permis de retenir: 1/ les filières lapins et poissons en raison du manque de données et 2/ les virus et certaines bactéries, pourtant reconnus comme pathogènes potentiels ou avérés pour l'être humain et les animaux, car la littérature n'établissait aucun lien avec la contamination des matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale.

Enfin, elle n'a pas mis en évidence de danger microbien possiblement émergent. Cependant, les experts soulignent que les dangers microbiens recensés à partir de la littérature scientifique l'ont été suite à une recherche allant jusqu'en octobre 2019 et donc ne constituent pas une liste figée. Certaines évolutions des pratiques en élevage, des habitudes alimentaires humaines, le changement climatique et l'adoption de pratiques à visée écologique pourraient favoriser l'émergence de nouveaux dangers microbiens susceptibles d'affecter les animaux d'élevage, les

êtres humains et l'environnement. Ces évolutions pourraient également renforcer les risques liés à des dangers microbiens déjà identifiés.

Dans un deuxième temps, sur la base des conclusions de l'analyse bibliographique et afin de répondre à la question 3 de la saisine, les experts ont établi une liste de couples matrice/danger à évaluer. Au regard de ces éléments, les experts ont choisi d'évaluer la pertinence des couples « matrice/danger » par filière, en développant une méthode de « hiérarchisation » des triades « danger/matrice/filière » identifiées. Trente triades ont ainsi pu être évaluées et hiérarchisées suite à l'analyse bibliographique.

Les experts ont développé une méthode simple de notation des triades basée sur 11 critères en s'inspirant des travaux précédents de l'Agence sur la hiérarchisation des dangers sanitaires. Les notes des triades, pour les différents critères, ont été attribuées de manière consensuelle après discussion, sur la base des données de la bibliographie et/ou des opinions des experts. Ainsi, les experts ont attribué une note dite « la plus probable » (note pp) qui représente la valeur la plus consensuelle pour le critère considéré. La variabilité de chaque critère a été prise en compte par l'attribution d'une note minimale et d'une note maximale.

Un indice d'incertitude « *ii* », échelonné de 1 à 4, a été attribué pour chacune des notes des critères. Ces indices d'incertitude expriment le niveau d'incertitude associé à la note, l'indice « 1 » étant attribué lorsque le niveau de connaissances est jugé satisfaisant et l'indice « 4 » en absence totale de données et d'avis d'expert.

Différents types d'agrégation des notes des critères ont été proposés pour l'obtention de la note finale, sans pondération ou avec pondération. Les experts ont souhaité établir une pondération afin de mieux discriminer les triades « matrice/danger/filière » les plus pertinentes en se basant sur les critères qu'ils considéraient comme les plus importants. Ainsi, les experts ont proposé trois pondérations thématiques, afin de mieux prendre en compte la santé publique, la santé et le bien-être animal, l'environnement. Ces pondérations donnent davantage de poids aux critères estimés les plus importants pour la thématique considérée. Les experts soulignent que les trois pondérations retenues correspondent au propre choix des experts. Ces trois pondérations ne doivent pas être considérées comme définitivement fixées et le gestionnaire peut choisir de les utiliser ou d'établir sa propre pondération.

Les experts ont également réalisé une analyse de sensibilité pour évaluer l'importance de chaque critère dans la note finale de la triade et dans sa place relative dans le classement final.

La notation des triades sélectionnées à partir de l'analyse de la bibliographie a permis d'établir un classement des triades considérées comme les plus pertinentes pour rechercher et mettre en œuvre des moyens de maîtrise vis-à-vis de danger microbien pouvant présenter un danger *via* l'alimentation animale d'origine végétale.

Les principaux dangers microbiens identifiés sont d'origine bactérienne. Certains sont clairement en relation avec des matrices particulières. C'est le cas par exemple, pour *L. monocytogenes*, avec les ensilages et enrubannages destinés à l'alimentation des ruminants. *L. monocytogenes* est également arrivée en début de classement dans les matières premières non traitées pour les ruminants. D'autres dangers microbiens, comme *Salmonella* spp., se retrouvent dans un grand nombre de matrices distribuées aux trois filières analysées mais en particulier dans les matières premières non traitées pour les ruminants.

Certaines espèces bactériennes (*M. bovis*, MAP, *B. anthracis*) et les parasites (zoonotiques ou non), sont associés à une filière en particulier, les ruminants, et à un mode d'alimentation spécifique, l'affouragement en vert et les pâturages.

Il est nécessaire de souligner que la liste des triades retenues, de même que la hiérarchisation qui constitue l'étape suivante du travail d'expertise, ont été établies sur la base de la situation épidémiologique actuelle, des connaissances et des données de la bibliographie disponibles au moment de l'exercice. Un événement nouveau, lié par exemple à l'émergence d'un danger microbien ou à l'augmentation de l'impact d'un danger microbien à la suite d'une modification de son pouvoir pathogène et/ou de sa capacité à induire des épidémies/épizooties, ou encore à une modification de la réglementation, pourra donc conduire à la réviser. Cette révision pourrait également concerner des triades que les experts ont été dans l'incapacité de noter en 2018/2019, faute de données, mais qui pourraient être notées une fois les connaissances générées.

Conclusions et recommandations du groupe de travail

Le résultat de cette hiérarchisation permet d'identifier *Listeria monocytogenes* comme l'un des DM les plus importants en alimentation des animaux (rang élevé quel que soit le mode de pondération appliqué). Ce DM est particulièrement associé aux fourrages ensilés ou enrubannés destinés à l'alimentation des ruminants. Pour ces triades, le risque est d'autant plus élevé que la technique d'ensilage ou d'enrubannage n'a pas été correctement réalisée. Ce positionnement résulte du fait que *L. monocytogenes* représente un danger non seulement en terme de santé publique, mais également de santé animale. Les voies d'introduction de ce DM dans la matrice se situent principalement lors des opérations de récolte des fourrages (introduction de terre et de petits rongeurs contaminés par exemple). La conservation des aliments, pendant plusieurs mois, dans de mauvaises conditions de stockage (défaut d'acidification et d'anaérobiose) permet la survie et la multiplication de cet agent pathogène.

L'importance de ce DM ressort également dans les matières premières non traitées (céréales, tourteaux, etc) utilisées pour l'alimentation des ruminants.

La recherche de *Listeria monocytogenes* dans les fourrages, au moment de la récolte, ne paraît pas très pertinente, du fait de la difficulté de définir un plan d'échantillonnage représentatif compte tenu des volumes de fourrages considérés ainsi que des niveaux de contamination faibles à ce stade. Par contre, la présence de zones avec des moisissures visibles dans les fourrages ensilés ou enrubannés peut être un indicateur de mauvaise pratique et de la contamination du silo, et doit conduire à la recherche de *Listeria monocytogenes* ainsi que des autres dangers microbiens identifiés comme pouvant être présents dans ces matrices (STEC, *Clostridium botulinum* groupe III). Pour une bonne maîtrise de ces DM, il convient d'appliquer de bonnes pratiques d'hygiène non seulement au moment de la récolte, mais également lors de l'ensilage ou de l'enrubannage de ces fourrages.

A ce titre, en ce qui concerne l'enrubannage, les experts recommandent la rédaction d'un GBPH, validé par les autorités, qui intégrerait en particulier la vérification de l'intégrité des films plastiques et un contrôle visuel de l'état du fourrage lors de l'ouverture des balles d'enrubannés. De plus, face au peu d'information disponible pour cette matrice, l'acquisition de données sur les fourrages enrubannés permettrait de mieux appréhender les risques inhérents à cet aliment.

Salmonella spp. se révèle être également un DM à considérer. Cet agent pathogène est associé dans différentes triades arrivant en début de classement, non seulement dans les filières avicoles, mais également porcines et de ruminants. Ce DM représente un risque reconnu pour la santé publique et pour la santé des animaux, en particulier en filière bovine. Il apparaît également comme un danger pour l'environnement.

Une première série de triades concerne la présence de *Salmonella* spp. dans les matières premières non traitées destinées à l'alimentation des volailles, des porcs et des ruminants. Les voies d'introduction de ce DM sont principalement les matières premières contaminées en amont et qui ne subissent aucun traitement de décontamination avant leur distribution, en l'état, aux animaux. Certaines de ces matières premières reconnues à risque (tourteau de soja) peuvent ainsi être la voie d'introduction de ce DM dans la chaîne alimentaire. La recherche systématique des salmonelles dans les matières premières non traitées présente un caractère extrêmement aléatoire compte tenu des volumes concernés (représentativité de l'échantillonnage, faible taux de contamination) et de la présentation physique de la matrice. Cependant, le renforcement des PS/PC et des auto-contrôles par les professionnels, devrait permettre de mieux connaître la prévalence de ce DM dans ces matrices très diverses. Les experts rappellent les recommandations du rapport Anses « *Salmonella* spp. en alimentation animale » : « *Lorsque la présence de salmonelles est détectée, et qu'il est décidé de procéder à un assainissement, alors des traitements thermiques et/ou chimiques pourraient s'appliquer, tel que décrit dans la bibliographie, moyennant les compléments et les limites évoqués précédemment. Au regard des volumes de produits susceptibles d'être concernés, les experts soulignent que la mise en place de tels traitements assainissant pourrait nécessiter des moyens logistiques importants et qu'un travail, visant à mieux circonscrire la quantité d'aliment concernée par une contamination, reste à envisager* ».

D'autres triades incluant les salmonelles ont également été identifiées:

- Pour celles concernant les aliments composés granulés dans les filières ruminants et volailles, les voies d'introduction de *Salmonella* spp. dans ces matrices se situent principalement au niveau de certaines matières premières contaminées (tourteau de soja par exemple). Les experts rappellent que les barèmes temps/température, appliqués lors de la granulation, n'ont pas pour objectif premier de détruire les microorganismes pathogènes et plus particulièrement *Salmonella* spp. Mais ce procédé peut toutefois avoir un effet sur la diminution de la charge en salmonelles, notamment si les paramètres de temps et de température sont adaptés à cet objectif et sont maîtrisés.

La recherche des Salmonelles dans des aliments caractérisés par un taux de MS très élevé (supérieur à 86%) est plus difficile que dans des aliments liquides, mais la mise en place de PS/PC de manière plus systématique sur ces aliments permettrait de connaître, non seulement l'efficacité de la technique de granulation sur la décontamination des aliments, mais également la prévalence de ce DM dans ces aliments granulés.

- Pour celles concernant les farines non traitées utilisées dans les filières avicoles et porcines, les voies d'introduction de *Salmonella* spp. se situent aussi principalement au niveau de certaines matières premières contaminées (tourteau de soja par exemple). Ces aliments qui sont de simples mélanges de matières premières broyées, ne subissent aucun traitement avant leur utilisation. A la ferme, ils sont distribués en l'état aux animaux ou participent à l'élaboration d'un aliment liquide (soupe) grâce à un mélange avec de l'eau.

Ces farines ne constituent pas une matrice favorable à la recherche de *Salmonella* spp. Cependant, la mise en place de PS/PC de manière plus systématique, permettrait de mieux connaître la prévalence de *Salmonella* spp. dans ces aliments.

L'application des recommandations des GBPH devrait permettre de mieux maîtriser ce DM. Des traitements d'acidification des farines, dans des conditions maîtrisées et validées, sont des voies à développer.

D'autres DM sont également ressortis de l'analyse, en particulier en relation avec les techniques d'affouragement en vert et le pâturage pour les ruminants:

- Les *Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines (STEC) représentent un risque principalement en élevage de ruminants. Le pâturage, contaminé par les matières fécales des animaux et les

épandages non maîtrisés, constitue l'une des principales voies de contamination des animaux *via* l'alimentation.

La contamination des ruminants peut entraîner la contamination ultérieure des produits qui en sont issus, et dont la consommation à l'état cru (lait et produits laitiers au lait cru, viande) ou insuffisamment cuit (viande) engendre des risques importants pour les consommateurs, notamment les jeunes enfants.

Le contrôle du réservoir animal semble la meilleure stratégie pour limiter la dissémination des souches de STEC dans la chaîne alimentaire, mais des moyens de maîtrise efficaces ne sont pas encore clairement identifiés. Les mesures classiques d'hygiène au niveau de la ferme (propreté des locaux, gestion de la litière, propreté des trayons, nettoyage de la machine à traire, contrôle de la faune sauvage commensale et/ou libre, etc.) doivent impérativement être respectées pour limiter la contamination du lait et des animaux, et ainsi la circulation des souches bactériennes.

La gestion des fumiers et lisiers doit impérativement minimiser les risques de transfert d'un DM des déjections animales vers des aliments pour animaux, et par conséquent vers le reste de la chaîne alimentaire. En particulier, le respect du délai entre l'épandage de déjections animales sur des terres agricoles et l'utilisation de ces terres (pour être pâturées, cultivées ou fauchées) doit permettre une élimination des STEC pathogènes, afin d'éviter la contamination des cultures et/ou des troupeaux. Là encore, le respect des bonnes pratiques et de la réglementation pour ce qui concerne le stockage et l'épandage doit permettre de minimiser le risque lié aux STEC.

L'incorporation de bactéries lactiques dans l'ensilage, qui est une pratique courante, semble permettre de limiter la survie des STEC, et pourrait donc aider à limiter le risque pour cet aliment. De même, la présence de moisissures visibles en surface des silos, qui témoigne d'une rupture d'anaérobiose, doit alerter sur la présence possible de STEC. Le GT ne disposait d'aucune donnée sur les fourrages enrubannés mais il est probable que le risque existe aussi pour cet aliment, dans la mesure où la technique d'enrubannage est, à l'instar de celle d'ensilage, un mode de conservation par voie humide favorable au développement de ce DM.

- *Mycobacterium bovis* représente un risque principalement pour les bovins. Le risque principal de transmission de *M. bovis* au bétail *via* l'alimentation est lié aux pâturages, habitats que les animaux d'élevage partagent fréquemment avec des espèces sauvages pouvant être infectées. Ce risque pourrait donc être réduit par une meilleure gestion des sites de pâturage. Les points à surveiller sont la présence d'animaux sauvages pouvant être porteurs de *M. bovis*, l'épandage d'effluents d'élevage trop « frais », ainsi que le surpâturage qui peut amener les bovins à brouter au voisinage des latrines des blaireaux, ou à ingérer des quantités plus importantes de terre éventuellement contaminée.

- *M. avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), agent étiologique de la paratuberculose des ruminants, touche particulièrement les troupeaux laitiers. Les fèces des animaux malades ou infectés asymptomatiques, constituent la principale source d'infection. Ainsi, la contamination des aliments dans l'environnement d'élevage, liée à l'excrétion abondante des MAP et à leur persistance, participe à la transmission de la paratuberculose. La réduction du risque de transmission des MAP *via* l'alimentation des animaux relève donc de la prévention sanitaire au sein des élevages plutôt que de la surveillance des aliments.

De manière plus générale, les experts souhaitent émettre les recommandations suivantes :

- pour les filières de production à risque (i.e. production de lait cru ou de produits laitiers au lait cru), les experts préconisent d'évaluer les risques liés à l'utilisation de fourrages ensilés et/ou enrubannés, notamment pour la présence de *Listeria monocytogenes* et d'*Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines;

- peu d'études ont été menées sur les risques microbiens qui pourraient être attribués à la FAF. La mise en place de telles études serait d'autant plus justifiée que la FAF tend à se développer notamment dans certains modes d'élevage (agriculture biologique, élevages fermiers...). Ainsi, les experts du GT recommandent non seulement de mieux recenser les différentes pratiques de FAF utilisées dans toutes les filières de production, mais également de mieux mesurer les risques microbiens encourus, afin d'établir, le cas échéant, un GBPH validé par les autorités pour les aliments fabriqués à la ferme ;
- la bonne gestion des fumiers et des lisiers doit impérativement minimiser les risques de transfert des DM des déjections animales vers des aliments pour animaux, et par conséquent vers toute la chaîne alimentaire. En particulier, le respect du délai entre l'épandage de déjections animales sur des terres agricoles et la gestion raisonnée de ces terres doivent permettre une élimination des dangers microbiens (STEC, MAP, *Mycobacterium bovis*, *Listeria monocytogenes*...) afin de limiter la contamination des cultures et/ou des troupeaux ;
- enfin, le GT recommande la mise en place et l'utilisation de méthodes de caractérisation plus élaborées, basées par exemple sur le génotypage des souches bactériennes. Ceci notamment pour les souches de *Salmonella* spp. et de *Listeria monocytogenes* isolées aux différents stades de la chaîne alimentaire, depuis les matières premières des aliments pour animaux jusqu'aux denrées alimentaires. Le développement et la mise en place de telles méthodes permettraient non seulement de mieux connaître l'origine de la contamination de certaines denrées alimentaires, mais également d'évaluer et formaliser le lien entre la présence d'agents pathogènes dans les aliments pour animaux et la contamination ultérieure de denrées alimentaires.

Sigles et abréviations

ADN : acide désoxyribonucléique

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

AIEC : *Escherichia coli* adhérents invasifs

AMV : aliment minéral et vitaminé

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

CE : Commission européenne

CES ALAN : Comité d'experts spécialisé « alimentation animale »

CES BioRisk : Comité d'experts spécialisé « évaluation des risques biologiques liés aux aliments »

CES SABA : Comité d'experts spécialisé « santé animale et bien être animal »

CNITV : Centre national d'information toxicologique vétérinaire

CNR : Centre national de référence

CNRS : Centre national de la recherche scientifique

DAEC : *Escherichia coli* adhérents diffus

DDCSPP : Direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations

DEP : diarrhée épidémique porcine

DGAL : Direction générale de l'alimentation

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

DM : danger microbien

EAEC : *Escherichia coli* entéroagrégatifs

EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments

EHEC : *Escherichia coli* entérohémorragiques

EIEC : *Escherichia coli* entéroinvasifs

EM : Etats membres

EPEC : *Escherichia coli* entéro-pathogènes

ESB : encéphalopathie spongiforme bovine

ETEC : *Escherichia coli* entérotoxinogènes

FAF : fabrication d'aliments à la ferme

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

GBPH : guide de bonnes pratiques d'hygiène

GET : gastroentérite transmissible

GT : groupe de travail

GT ALANMIC : groupe de travail « Dangers microbiens en alimentation animale »

GT MER : groupe de travail « Méthodologie d'évaluation des risques »

GT SALAN : groupe de travail « *Salmonella* spp. en alimentation animale »

HD : hôte définitif

HI : hôte intermédiaire

IAA : industries agro-alimentaires

INRA : Institut national de la recherche agronomique

IRSTEA : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture

LNR : Laboratoire national de référence

MAFOR : matières fertilisantes d'origine résiduaire

MAP: *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*

MB: matière brute

MF : matières fertilisantes

MFSC : matières fertilisantes et supports de culture

MOT : microorganismes et toxines

MS : matière sèche

MTBC : complexe *Mycobacterium tuberculosis*

NPP : nombre le plus probable

NPPUC : nombre le plus probable d'unités cytopathogènes

OIE : Organisation mondiale de la santé animale

PCR : polymerase chain reaction

PCV2 : Circovirus porcin de type 2

PDCoV : Delta coronavirus porcin

PPA : Peste porcine africaine

PS/PC : plans de surveillance et plans de contrôle

RHDV : virus de la maladie hémorragique du lapin

SCEES : service central des enquêtes et des études statistiques

SDRP : syndrome dysgénésique respiratoire porcin

SHU : syndrome hémolytique et urémique

SNIA : syndicat national de l'industrie de la nutrition animale

STEC : *Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines

STECHP : STEC hautement pathogènes

T : tonnes

TIAC : toxi-infection alimentaire collective

UE : Union européenne

UFC : unité formant colonie

UHT : ultra haute température

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature

VNC : viable mais non cultivable

WHO : Organisation mondiale de la santé (OMS)

Liste des tableaux

Tableau 1: caractéristiques fermentaires de quelques fourrages conservés par voie humide (ensilage et enrubannage).....	39
Tableau 2: Liste des microorganismes pris en compte dans les textes réglementaires relatifs aux MAFOR	50
Tableau 3 :Temps de survie de <i>Brucella sp.</i> dans l'environnement et dans différentes matrices (d'après (Nicoletti 1980, FAO/WHO 1986, Alton 1985)).....	76
Tableau 4. Prévalence de <i>Cryptosporidium spp.</i> , <i>Neospora caninum</i> , <i>Toxoplasma gondii</i> , <i>Eimeria</i> et <i>Giardia duodenalis</i> chez différents animaux d'élevage	93
Tableau 5 : Liste des 30 triades matrice / danger microbien / filière retenues pour la hiérarchisation	100
Tableau 6: Liste des critères pris en compte pour la hiérarchisation et grille de notation	103
Tableau 7 : Modalités d'expression, de qualification et d'attribution des « indices d'incertitude » de la notation	107
Tableau 8: Pondérations des critères définies par le GT	108
Tableau 9 : Principales sources d'incertitude	120
Tableau 10: risque relatif de contamination des sols par les contaminants microbiens apportés par différents types d'amendements organiques. D'après (Benoît <i>et al.</i> 2014).....	161
Tableau 11 : seuils limites en contaminants microbiologiques et aux bonnes pratiques pour les boues, les matières fertilisantes et les digestats.....	163
Tableau 12 : répartition des articles en fonction de l'agent pathogène et de la matrice	166
Tableau 13: Analyse de sensibilité des résultats du classement des triades (sans pondération)	187

Liste des figures

Figure 1: flux des matières d'origine végétale utilisées en alimentation animale.....	36
Figure 2: Catégorie de fourrages entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage en France (en % du volume total de MS de fourrages utilisés) (Source Agreste, 2017)	38
Figure 3: Type de céréales entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage en France	41

Figure 4: Taux de participation de différents secteurs de l'agro-alimentaire à la fourniture de co-produits entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage en France	42
Figure 5: Volumes de tourteaux entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage en France (source Agreste, 2017).....	43
Figure 6: Utilisation des matières premières par l'industrie de l'alimentation animale pour la fabrication d'aliments composés pour animaux de production (pour 100T d'aliments composés).....	45
Figure 7: Composition centésimale des aliments composés pour animaux de production	45
Figure 8 : Les outils de gestion disponibles sur les matières premières / aliments composés et les sites de production /utilisation d'aliments.....	106
Figure 9 : Représentation graphique du classement des 30 triades « matrice/danger/filière » sans pondération (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	110
Figure 10 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades sans pondération (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>).....	111
Figure 11 : Représentation graphique du classement par filière des 30 triades sans pondération (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>).....	114
Figure 12 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades avec la pondération « santé publique » (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	116
Figure 13 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades avec la pondération « santé animale » (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	117
Figure 14 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades avec la pondération « environnement » (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>).....	118
Figure 15 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « aliments composés » (sans pondération).....	168
Figure 16 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « aliments composés » (avec la pondération « santé publique »)	169
Figure 17 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « aliments composés » (avec la pondération « santé animale »)	169
Figure 18 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « aliments composés » (avec la pondération « environnement »).....	170
Figure 19 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice «ensilage et enrubannage, bien et mal conduit » (sans pondération) (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	171
Figure 20 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice «ensilage et enrubannage, bien et mal conduit » (avec la pondération « santé publique ») (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>).....	172
Figure 21 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice «ensilage et enrubannage, bien et mal conduit » (avec la pondération « santé animale») (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>).....	172
Figure 22 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice «ensilage et enrubannage, bien et mal conduit » (avec la pondération « environnement») (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>).....	173

Figure 23 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « pâturage et affouragement en vert » (sans pondération) (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	174
Figure 24 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « pâturage et affouragement en vert » (avec la pondération « santé publique ») (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	175
Figure 25 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « pâturage et affouragement en vert » (avec la pondération « santé animale ») (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	175
Figure 26 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « pâturage et affouragement en vert » (avec la pondération « environnement ») (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	176
Figure 27 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « matières premières non traitées » (sans pondération) (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	177
Figure 28 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « matières premières non traitées » (avec la pondération « santé publique ») (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	178
Figure 29 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « matières premières non traitées » (avec la pondération « santé animale ») (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	178
Figure 30 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « matières premières non traitées » (avec la pondération « environnement ») (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	179
Figure 31 : Représentation graphique du classement des triades par filière, avec la pondération « santé publique » (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	180
Figure 32 : Représentation graphique du classement des triades par filière, avec la pondération « santé animale » (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	181
Figure 33 : Représentation graphique du classement des triades par filière, avec la pondération « environnement » (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>).....	182
Figure 34 : Représentation graphique du classement des 30 triades avec la pondération « santé publique » (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	183
Figure 35 : Représentation graphique du classement des 30 triades avec la pondération « santé animale » (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	184
Figure 36 : Représentation graphique du classement des 30 triades avec la pondération « environnement » (<i>*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée</i>)	185

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

1.1 Contexte

Les règlements (CE) n° 882/2004¹ et (UE) 2017/625² (qui abroge le règlement précité à partir du 14 décembre 2019) imposent aux Etats membres la réalisation de contrôles officiels fondés sur une analyse de risques. En France, ces contrôles officiels sont menés selon des modalités définies dans des plans de surveillance et de contrôle (PS/PC).

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

Dans le domaine des risques microbiens, les contrôles officiels portent principalement sur le risque lié à la présence des salmonelles. En effet, le règlement (CE) n° 2160/2003³ vise à établir une approche coordonnée entre Etats membres et prévoit la fixation d'objectifs cibles pour réduire la prévalence des salmonelles. Il impose aux Etats membres la réalisation d'un plan de surveillance sur la contamination par les salmonelles, qui doit couvrir le secteur de l'alimentation animale.

Afin de mettre à jour, en termes de priorité et de pertinence, l'analyse de risque préalable à l'établissement de ces PS/PC, la DGAL et la DGCCRF avaient saisi l'Anses sur la caractérisation et la hiérarchisation des dangers physico-chimiques en alimentation animale (saisines 2015-SA-0075⁴) et ont souhaité étendre cette démarche aux dangers biologiques. Après échange avec les demandeurs, il a été convenu que seules les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale seraient considérées, étant donné que pour les matières premières d'origine animale, des critères microbiologiques sont déjà définis dans le règlement (CE) n° 142/2011⁵.

¹ Règlement (CE) n° 882/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif aux contrôles officiels effectués pour s'assurer de la conformité avec la législation sur les aliments pour animaux et les denrées alimentaires et avec les dispositions relatives à la santé animale et au bien-être des animaux. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32004R0882> (consulté le 08/08/19).

² Règlement (UE) 2017/625 du Parlement européen et du Conseil du 15 mars 2017 concernant les contrôles officiels et les autres activités officielles servant à assurer le respect de la législation alimentaire et de la législation relative aux aliments pour animaux ainsi que des règles relatives à la santé et au bien-être des animaux, à la santé des végétaux et aux produits phytopharmaceutiques <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32017R0625> (consulté le 08/08/19).

³ Règlement (CE) n° 2160/2003 du Parlement européen et du Conseil du 17 novembre 2003 sur le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques spécifiques présents dans la chaîne alimentaire <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex:32003R2160> (consulté le 08/08/19).

⁴ Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à « la hiérarchisation des dangers chimiques en alimentation animale ». <https://www.anses.fr/fr/system/files/ALAN2015SA0075.pdf> (consulté le 08/08/19).

⁵ Règlement (UE) n° 142/2011 de la Commission 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

La présente saisine vise à remplir une partie de cet objectif, afin de réactualiser la liste des dangers microbiens et des matrices susceptibles d'être concernées. Une autre saisine (2016-SA-0029⁶) vise spécifiquement le danger « salmonelles » dans l'alimentation animale.

1.2 Objet de la saisine

L'Anses a été saisie, en date du 19 août 2015 (courrier reçu le 24 août 2015) de manière conjointe par la DGAL et la DGCCRF d'une demande d'avis relatif à l'évaluation des dangers microbiens en alimentation animale (saisine 2015-SA-0191, Annexe 1)

Les questions, telles que posées à l'Anses, sont récapitulées ci - dessous :

- 1) *« Identifier, sur la base des connaissances scientifiques actuelles, les dangers microbiologiques pertinents dans l'alimentation des animaux de rente et des animaux de compagnie. L'avis devra préciser si les dangers identifiés le sont en raison d'un danger pour l'homme, pour l'animal ou pour l'environnement.*
- 2) *Préciser, si possible, les différents vecteurs d'introduction dans les aliments pour animaux et leur niveau de prépondérance (matières premières, animaux, environnement, locaux de l'élevage).*
- 3) *Préciser, si possible, les couples matrice – danger les plus pertinents.*
- 4) *Préciser, si possible, pour chaque danger, quelle est la pertinence de rechercher ces dangers aux différents stades de la filière : importation, stockage, production primaire, transformation, etc.*
- 5) *Indiquer, au besoin, les risques émergents ou les dangers insuffisamment caractérisés, pour lesquels il serait nécessaire de disposer de données supplémentaires, en indiquant si possible les matrices d'intérêt. »*

1.3 Limites du champ d'expertise

1.3.1 Concernant les aliments

Après échange avec les demandeurs, il a été convenu que seules les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale seraient considérées. Les aliments fabriqués à la ferme y compris les fourrages verts (affouragement en vert - pâturages, fourrages conservés et parcours) ont été pris en compte.

Par contre, n'ont pas été traités dans le cadre de cette saisine:

concerne certains échantillons et articles exemptés des contrôles vétérinaires effectués aux frontières en vertu de cette directive <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX:32011R0142> (consulté le 08/08/19).

⁶ Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au « danger *Salmonella* spp. en alimentation animale ». <https://www.anses.fr/fr/system/files/ALAN2016SA0029Ra.pdf> (consulté le 08/08/19).

- les pré-mélanges (définis dans le règlement (CE) n° 1831/2003⁷),
- les sous-produits animaux et produits qui en sont dérivés,
- les aliments destinés aux animaux de compagnie (le *petfood*), puisque majoritairement composés de matières premières d'origine animale,
- l'eau en tant qu'eau d'abreuvement puisque non considérée comme un aliment au sens du règlement (CE) n° 767/2009⁸. En revanche, elle a été prise en compte en tant que voie possible de contamination des matières premières d'origine végétale, notamment suite à l'irrigation par des eaux de surface potentiellement contaminées ou *via* son utilisation pour la préparation d'aliments pour animaux,
- la litière, bien qu'elle puisse être occasionnellement consommée par les animaux, et donc être une voie de contamination possible, n'a pas été considérée comme une matière première d'origine végétale utilisée en alimentation animale.

1.3.2 Concernant les dangers microbiens

Les dangers microbiens (DM) ont été considérés au sens large du terme : bactéries, parasites, virus, moisissures et endophytes⁹. Les prions, ne pouvant être présents que dans des matières premières d'origine animale, n'ont pas été pris en compte dans le cadre de la saisine.

En ce qui concerne les salmonelles, la partie « contamination à l'usine » a été traitée en faisant références aux travaux conduits dans le cadre de la saisine 2016-SA-0029 relative au danger *Salmonella* spp. en alimentation animale¹⁰.

Les mycotoxines (dont celles produites par les champignons endophytes), dangers chimiques produits par des agents biologiques et considérés ainsi comme des substances indésirables, déjà évaluées dans la saisine 2015-SA-0076¹¹, n'entrent pas dans le champ d'expertise de la présente saisine.

⁷ Règlement (CE) n° 1831/2003 du Parlement européen et du Conseil du 22 septembre 2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=CELEX%3A32003R1831> (consulté le 08/08/19).

⁸ 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) n° 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 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=celex:32009R0767> (consulté le 08/08/19).

⁹ Les endophytes sont des microorganismes qui se développent à l'intérieur d'un végétal pour tout ou partie de leur cycle de vie. On connaît des bactéries, algues mais surtout des champignons. Les endophytes entretiennent avec le végétal différents types d'interactions comme le parasitisme, le mutualisme, le commensalisme ou encore la symbiose.

¹⁰ Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au danger *Salmonella* spp en alimentation animale. <https://www.anses.fr/fr/system/files/ALAN2016SA0029Ra.pdf>

¹¹ Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la hiérarchisation des dangers chimiques en alimentation animale et avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'analyse des plans de surveillance et des plans de contrôle sur les substances indésirables en alimentation animale. <https://www.anses.fr/fr/system/files/ALAN2015SA0076.pdf> (consulté le 08/08/19).

1.3.3 Concernant les cibles des dangers microbiens

1.3.3.1 L'animal

Les experts du GT ont considéré uniquement comme animaux cibles les animaux de production, tels les ruminants (bovins, ovins, caprins), les porcs, les volailles, les lapins et les poissons. Le cheval a été exclu car le GT considère qu'il demeure principalement un animal de loisir et que la filière équine n'est pas, à l'instar des autres filières précitées, spécifiquement dédiée à la production de denrées alimentaires pour l'être humain. Cette filière pourrait être considérée ultérieurement et faire l'objet d'une saisine spécifique, si nécessaire.

1.3.3.2 L'être humain

Les dangers microbiens pour l'être humain ont été pris en compte, tout au long de la chaîne alimentaire :

- *via* les contacts avec les matières premières contaminées et les aliments pour animaux les contenant,
- *via* les contacts avec les animaux ayant consommé ces aliments,
- *via* la consommation de denrées provenant de ces animaux.

1.3.3.3 L'environnement

Les membres du GT soulignent que les dangers microbiens pour l'environnement sont encadrés par le code de l'environnement¹². A ce titre, la notion de « danger pour l'environnement » est comprise comme l'éventualité que les dangers microbiens liés à l'alimentation animale puissent entraîner un risque pour certains habitats et/ou certaines espèces sauvages animales.

Les dangers microbiens pour l'environnement peuvent revêtir différentes modalités :

- effet direct :

Une contamination directe d'animaux sauvages peut se produire :

- par ingestion de restes d'aliments distribués aux animaux domestiques, soit comme effet collatéral d'une pratique d'élevage plein air, soit volontairement dans un but de nourrissage ;
- ou par accès à des déchets issus du processus de fabrication (conservation des matières premières, fabrication proprement dite, stockage des aliments).

Cela peut conduire à deux types de préoccupations sanitaires :

- soit l'individu sauvage est affecté comme victime directe de la contamination microbienne. Le niveau d'enjeu est alors fonction de la place de l'espèce concernée en biologie de la conservation (statut de protection, classe de vulnérabilité, par exemple cotation UICN¹³, inscription sur des listes rouges), ou de sa valeur comme ressource cynégétique ;

¹² <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220> (consulté le 08/08/19).

¹³ Union internationale pour la conservation de la nature.

- soit il devient un réservoir de l'agent pathogène en question, posant éventuellement un problème de persistance de la source infectieuse pour les animaux de production et/ou pour les aliments par souillure de l'environnement de fabrication, de stockage ou de distribution.

La première préoccupation est toutefois très peu documentée. Si la littérature décrit abondamment les interactions sanitaires entre animaux domestiques et animaux sauvages liées à l'agrégation autour des points d'alimentation ou d'abreuvement (Gortazar *et al.* 2014, Gortazar *et al.* 2007, Richomme, Gauthier et Fromont 2006), elle n'évoque quasiment jamais le rôle de l'aliment lui-même dans la transmission d'agents pathogènes à la faune sauvage. C'est essentiellement le contact direct entre hôtes domestiques et sauvages, ou la voie fécale qui sont incriminés, favorisé par le rôle attractif de l'alimentation. La source alimentaire est quand même évoquée dans une étude montrant la corrélation entre le niveau de présence pastorale bovine et le portage en *Salmonella* spp. et *E. coli* O157:H7 chez le sanglier (*Sus scrofa*) (Navarro-Gonzalez *et al.* 2012, Navarro-Gonzalez *et al.* 2015). Ces mêmes auteurs détectent également un portage important d'agents pathogènes d'origine alimentaire chez le sanglier en environnement urbain à Barcelone, en pointant le nourrissage volontaire par les citadins et la consommation des ordures (Navarro-Gonzalez *et al.* 2013).

Cette problématique de risque sanitaire lié au nourrissage est retrouvée dans les réseaux sociaux¹⁴ par exemple à propos de la variole aviaire dont est victime la mésange charbonnière (*Parus major*) ou la salmonellose touchant les fringillidés (notamment le Verdier *Carduelis chloris* et le Tarin des Aulnes *Carduelis spinus*). Le plus souvent, l'aliment est incriminé non pas comme source, mais comme relai de contamination pour l'agent pathogène et facilitateur de la contagion. Une problématique concrète se pose toutefois lorsqu'il y a utilisation de denrées ne convenant plus à l'alimentation des animaux de production et débarrassées en milieu naturel, sans que ce mésusage qui existe réellement ait été étudié. Des préconisations d'hygiène d'utilisation des denrées alimentaires pour le nourrissage de la faune sauvage pourraient être établies en utilisant l'article L. 425-5 du code de l'environnement qui précise que l'agrainage et l'affouragement sont autorisés dans des conditions définies par le schéma départemental de gestion cynégétique.

Le rôle joué par les animaux sauvages dans l'environnement de la fabrication, du stockage ou de la distribution des aliments est quant à lui lié à la notion de « nuisibles ». Il est bien identifié par les bonnes pratiques d'hygiène des aliments, à tel point que la lutte contre les insectes et rongeurs est devenue une obligation dans les industries agro-alimentaires, cadrée par notamment le règlement CE n°852/2004¹⁵. Ce règlement n'évoque pas la santé ou la survie des espèces concernées (rongeurs, insectes, oiseaux), mais la prévention d'une introduction ou d'un maintien d'agents pathogènes dans l'aliment, que l'animal incriminé soit simple vecteur mécanique (*via sa surface corporelle*), porteur sain (*via ses déjections ou excréments*) ou infecté (*via son cadavre*).

➤ effet indirect :

¹⁴ <https://www.lpo.fr/actualite/participez-a-l-enquete-la-poxvirose-aviaire-chez-la-mesange-charbonniere>
<https://www.lpo.fr/actualites/des-cas-de-salmonellose-aux-mangeoires-et-baignoires>
<https://inpn.mnhn.fr/docs/cahab/fiches/Tarin-desaulnes.pdf> (consultés le 08/08/19).

¹⁵ Règlement (CE) n° 852/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32004R0852> (consulté le 08/08/19).

Cette modalité recouvre deux entités très différentes :

- d'une part, il peut s'agir du « recyclage » d'agents pathogènes apportés par l'alimentation, *via* la défécation des animaux et l'utilisation des effluents d'élevage. Nous renvoyons aux chapitres dédiés, traitant du risque et de la gestion des épandages ;
- d'autre part, le danger lié à l'alimentation animale peut s'exprimer par la perturbation du fonctionnement d'un écosystème¹⁶ par action délétère sur l'un de ses compartiments. Cela peut être le cas pour des agents pathogènes affectant des espèces non animales, comme par exemple les plantes, ou encore ayant un impact sur une fonctionnalité écologique (microbiotes, herbivorie, prédation, etc).

Cette dernière décennie, le Code de l'Environnement a considérablement renforcé les dispositions pour encadrer les impacts sur les espèces rares et menacées, ainsi que les milieux fragiles. Toutefois, les experts notent que si les principes de la détection, de la prévention et de la lutte contre les dangers pouvant porter atteinte à l'environnement sont édictés, rien de concret n'a été décliné vis-à-vis des dangers microbiens, ceux-ci étant généralement considérés comme relevant de la compétence de l'Agriculture.

Ainsi, un certain nombre d'espaces remarquables font l'objet de mesures de protection à cause de leur richesse écologique et de leur sensibilité, vis-à-vis des activités humaines susceptibles d'avoir des conséquences négatives sur leur patrimoine biologique. Cela passe par des dispositions législatives ou réglementaires pour les parcs nationaux, parcs naturels marins, réserves naturelles, biotopes ou sites classés et des mesures contractuelles (dans le cadre des contrats ou des chartes prévus à l'article L. 414-3 du Code de l'Environnement) pour les sites désignés comme zones spéciales de conservation et zones de protection spéciale par l'autorité administrative, et concourant à la formation du réseau écologique européen Natura 2000.

Mais, concernant les dangers microbiens, les outils de prévention ou d'intervention de droit commun sont souvent inadaptés et les situations épidémiologiques complexes ou inédites. Par exemple, dans le cas de mise à disposition d'aliments en libre service en milieu naturel, la faune sauvage, abondante dans ces espaces, est forcément attirée. De la même façon, dans le cadre d'un épandage d'effluents d'élevage, il ne sera pas possible de faire respecter un délai de retour au pâturage des herbivores sauvages.

Cela étant, deux réflexions sont en cours et sont susceptibles de pallier cette lacune : l'une sur la gestion des risques naturels, industriels et sanitaires dans les espaces naturels, l'autre sur les espèces envahissantes.

Pour ce dernier point, il est précisé que tous les groupes taxonomiques pouvant avoir un impact négatif sur les plans écologiques, économiques mais aussi sanitaires, sont concernés, y compris virus, champignons, etc..., à côté des groupes mieux identifiés comme les plantes vasculaires, fougères, mousses, invertébrés, reptiles, poissons, amphibiens, oiseaux, mammifères.

La voie réglementaire repose sur les articles L. 411-4 à 6 du Code de l'Environnement qui encadrent le contrôle et la gestion de l'introduction et de la propagation de certaines espèces animales et végétales, indigènes ou exotiques, pouvant porter atteinte à la préservation du patrimoine biologique, des milieux naturels et des usages qui leur sont associés. Les espèces visées, faisant l'objet d'interdiction, doivent figurer sur une liste fixée par arrêté conjoint du ministre chargé de la

¹⁶ Unité écologique de base consistant en un ensemble formé par le milieu (biotope) et une communauté des êtres vivants en interaction qui y vivent (biocénose).

protection de la nature et du ministre chargé de l'agriculture. Aujourd'hui, 37 espèces proposées par le règlement (UE) n° 1143/2014¹⁷, repris par la loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages sur les espèces exotiques envahissantes, y sont portées, mais aucun microorganisme n'est pour l'instant pris en considération. Le ministère chargé de l'écologie a toutefois l'ambition d'étoffer cette liste d'ici 2020.

Pour résumer, les dangers microbiens pour l'environnement liés à l'alimentation animale sont très peu documentés, qu'il s'agisse de la contamination directe d'espèces animales ou d'écosystèmes, ou du rôle de vecteurs mécaniques que peuvent jouer les espèces commensales des activités de fabrication, de stockage et de distribution d'aliments (dénommées « nuisibles »).

Ces dangers sont fortement dépendants de l'étanchéité du milieu naturel par rapport aux points de distribution des aliments. Le milieu terrestre est assez cloisonné, gérable par des dispositions de biosécurité, avec une attention particulière à apporter aux pratiques de nourrissage de la faune sauvage. Par contre le milieu aquatique est « fusionnel » et l'alimentation en aquaculture susceptible de diffuser à l'ensemble de l'écosystème périphérique.

Un développement de fond visant les microorganismes reste à faire dans le cadre du Code de l'Environnement, pour se doter d'outils de gestion du risque.

1.4 Modalités de traitement : organisation et moyens mis en oeuvre.

1.4.1 Organisation

L'Anses a confié au groupe de travail (GT) ALANMIC « Dangers microbiens en alimentation animale »¹⁸, rattaché au Comité d'Experts Spécialisé « Alimentation Animale » (CES ALAN), l'instruction de cette saisine.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires (alimentation animale, matières premières d'origine végétale, zootechnie, maladies animales, microbiologie et sécurité sanitaire des aliments). La mise en commun des contributions et les échanges se sont tenus en réunion de GT, à raison d'une réunion par mois de janvier 2018 à octobre 2019.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis au CES ALAN et au CES « Santé et bien-être des animaux » (CES SABA) tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres des CES ALAN et SABA.

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) ».

Les travaux du GT ALANMIC ont été adoptés par le CES ALAN le 19 novembre 2019.

¹⁷ Règlement (UE) n° 1143 :2014 du Parlement Européen et du Conseil du 22 octobre 2014 relatif à la prévention et à la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32014R1143> (consulté le 08/08/19).

¹⁸ Décision de création d'un groupe de travail n° 2017-12-452.

1.4.2 Moyens mis en œuvre

Afin de répondre aux questions de la saisine, le GT a choisi de faire un état des lieux des connaissances scientifiques sur les dangers microbiens présents dans les matières premières d'origine végétale des aliments pour animaux

Pour cela, plusieurs moyens ont été mis en œuvre.

1.4.2.1 Sollicitation des Points focaux

En tant que point focal national de l'EFSA¹⁹, l'Agence a interrogé les 27 points focaux et la Norvège afin de savoir si les autorités de contrôles et les professionnels de l'alimentation animale des différents Etats membres recherchent d'autres dangers microbiens que *Salmonella* spp. dans les matières premières d'origine végétale des aliments pour animaux.

Dix-huit Etats Membres (EM) et la Suisse ont répondu, la majorité (15 EM et la Suisse) recherche exclusivement « *Salmonella* spp ».

1.4.2.2 Recherche bibliographique

Une recherche bibliographique approfondie selon les recommandations du GT « Méthodologie en évaluation des risques²⁰ » (GT MER) a été réalisée afin de recenser de la manière la plus exhaustive possible les connaissances scientifiques existantes sur les dangers microbiens potentiellement présents dans les matières premières d'origine végétale et entrant dans la composition des aliments pour animaux.

La première étape de cette recherche a été de déterminer des mots-clés pertinents pour la requête bibliographique en se basant sur le profil de recherche bibliographique proposé par l'Anses (ANSES/PR1/9/06-01). Deux profils bibliographiques ont ainsi été définis : un premier profil correspondant à une recherche dite générale sur les dangers microbiens présents dans les matières premières d'origine végétale destinées à l'alimentation des animaux de production et un deuxième profil ciblé sur la problématique de l'épandage. Ces deux profils sont présentés respectivement en Annexe 2 et en Annexe 3 du présent rapport.

Une fois les mots-clés définis par les experts, les recherches sur les dangers microbiens présents dans les matières premières d'origine végétale ont été menées sur deux bases de données distinctes, Scopus et Web Of Science. Après élimination des doublons, 1 588 articles ont été recensés.

¹⁹ <http://www.efsa.europa.eu/fr/partnersnetworks/eumembers> (L'EFSA a traduit sur son site le terme « point focal » en « point de contact », lien consulté le 08/08/19).

²⁰ Saisine 2015-SA-0089 relative à « L'évaluation du poids des preuves à l'Anses : revue critique de la littérature et recommandations à l'étape d'identification des dangers » (<https://www.anses.fr/fr/system/files/AUTRE2015SA0089Ra.pdf> consulté le 08/08/19) et saisine 2015-SA-0090 relative à « L'illustration et actualisation des recommandations pour l'évaluation du poids des preuves et l'analyse d'incertitude à l'Anses » (<https://www.anses.fr/fr/system/files/AUTRE2015SA0090Ra.pdf> consulté le 08/08/19).

Plusieurs étapes de sélection ont permis d'en réduire le nombre tout en assurant l'exhaustivité et la pertinence des études retenues :

- Dans premier temps, les experts, en binôme, ont réalisé un premier tri des articles sur la base de la lecture du titre et du résumé.
Pour faciliter ce tri, une grille de lecture (sous Excel®) a été créée en GT et remplie par les experts afin de recueillir et recenser les éléments de lecture jugés pertinents dans le cadre de la saisine (extrait de cette grille en Annexe 4). Cette étape a permis de conserver 403 articles.
- Dans un deuxième temps, au sein de chaque binôme, les experts se sont répartis les articles conservés pour les étudier de manière approfondie (lecture de l'article et analyse de sa qualité). Ce deuxième tri a permis de conserver 318 articles.

Par ailleurs, des recherches supplémentaires ont été conduites dans la littérature grise (recherche dans les bases de données HAL Anses, HAL et Thèses.fr), dans des revues jugées pertinentes par rapport à la thématique de la saisine (« *Animal Feed Science and Technology* », « *Grass and Forage Science* », « *Fourrages* ») et dans des revues spécialisées (« *Réussir Porc* », « *Réussir Elevage* », « *Pâtre* », « *La revue de l'alimentation animale* », « *La filière avicole* », « *Porc magazine* »). D'autres articles ont également été identifiés à partir de la bibliographie des articles de la requête bibliographique initiale. Enfin, les experts ont également identifié des articles dans leur corpus bibliographique personnel.

Afin de garantir la traçabilité de cette recherche bibliographique, le nombre d'études triées et examinées en vue de leur éligibilité et le nombre d'articles exclus sont résumés et représentés sous la forme d'un diagramme de flux Prisma (Annexe 2).

Enfin, la recherche bibliographique a été actualisée dans la base de données Scopus le 14 octobre 2019 et 83 nouvelles références ont été identifiées. A la lecture du titre et du résumé, six articles correspondaient au champ d'expertise de la saisine. Suite à la lecture de ces six articles, un seul a été ajouté au corpus bibliographique.

Concernant la problématique de l'épandage, le GT a jugé que la complétude des références bibliographiques du travail d'expertise collective mené par l'INRA, le CNRS et l'IRSTEA²¹ en 2014 pour caractériser les connaissances de compositions et d'usages des matières fertilisantes d'origine résiduaire (MAFOR), était scientifiquement suffisante pour la saisine et que les articles issus des bases de données Scopus et Web of Science (241 articles) ne présentaient pas de plus-value par rapport à cette synthèse.

1.4.2.3 Autres sources de données

Les données collectées par la cellule de veille sanitaire vétérinaire du Centre National d'Information Toxicologique Vétérinaire (CNITV), qui a été chargée, en collaboration avec l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), d'expertiser des cas suspects de maladies animales pouvant être liés à la pratique de l'épandage, ont été mises à disposition des experts et prises en compte.

²¹ Synthèse accessible via le lien <http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Expertises/Toutes-les-actualites/Expertise-Mafor-effluents-boues-et-dechets-organiques#> (consulté le 08/08/19).

Les résultats issus de l'expertise collective sur les MAFOR précédemment citée et des données collectées par le CNITV sont consultables en Annexe 5 du rapport.

1.5 Prévention des risques de conflits d'intérêts

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

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

2 Les matières premières d'origine végétale en alimentation animale

2.1 Généralités

L'alimentation animale, à l'exception de celle des animaux de compagnie, concerne deux grandes catégories de cheptel très différent par leurs effectifs et par la nature de leurs besoins alimentaires :

- les ruminants (bovins, ovins et caprins) destinés à la production de lait ou de viande,
- les monogastriques, notamment les différentes espèces de volailles de chair et de ponte, les porcs, les lapins et les poissons d'élevage.

Les aliments pour animaux sont définis comme étant *"toute substance ou produit, y compris les additifs, transformés et partiellement transformés, ou non transformés, destinés à l'alimentation des animaux par voie orale"* (article 3 paragraphe 4 du règlement (CE) n° 178/2002²²). Cette large définition des aliments pour animaux est complétée par le règlement (CE) n° 767/2009²³ qui dispose que *"les aliments pour animaux peuvent prendre la forme de **matières premières pour aliments des animaux**, d'aliments composés pour animaux, d'additifs pour l'alimentation animale, de prémélanges ou d'aliments médicamenteux pour animaux"*.

- Les **matières premières pour aliments des animaux** sont définies comme étant *"des produits d'origine végétale ou animale, à l'état naturel, frais ou conservés, et les dérivés de leur transformation industrielle, ainsi que les substances organiques et inorganiques, comprenant ou non des additifs, qui sont destinés à être utilisés pour l'alimentation des animaux par voie orale, soit directement tels quels, soit après transformation, pour la préparation d'aliments composés pour animaux, ou en tant que supports des prémélanges (art. 3, paragraphe 2, règlement (CE) n° 767/2009)"*.

- Les **aliments composés** pour animaux sont des *"mélanges d'au moins deux matières premières pour aliments des animaux, comprenant ou non des additifs pour l'alimentation animale, sous la forme d'un aliment complet pour animaux ou d'un aliment complémentaire pour animaux (art. 3, paragraphe 1, règlement (CE) n° 767/2009)"*.

La Figure 1 ci-dessous représente les flux de matières premières d'origine végétale en alimentation animale.

²² Règlement (CE) 178/2002 du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2002 établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32002R0178> (consulté le 08/08/19).

²³ 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) n° 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. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=celex:32009R0767> (consulté le 08/08/19).

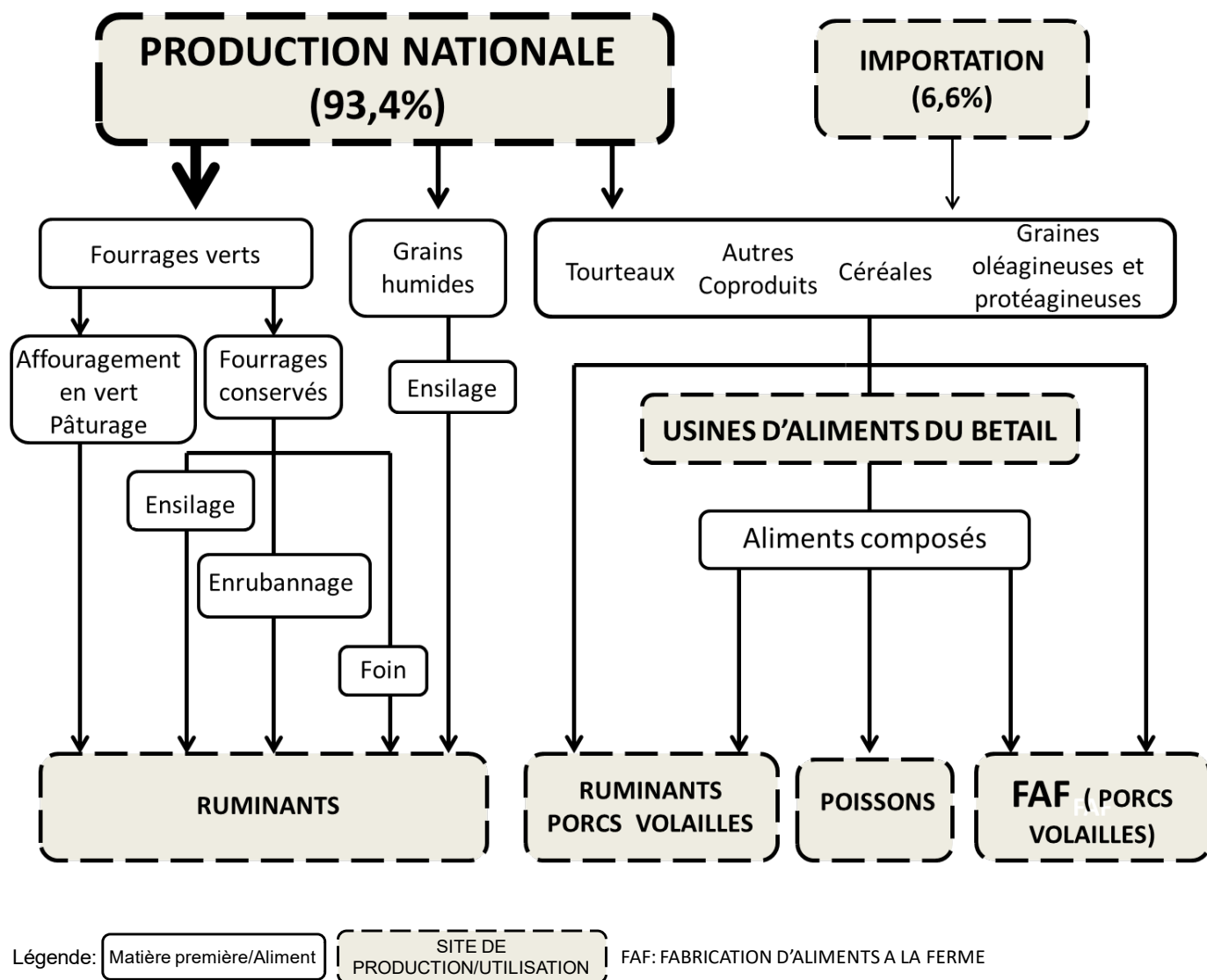


Figure 1: flux des matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale

En France, pour les années 2015-2016²⁴, le volume total (production nationale et importations) de matières premières utilisées pour l'alimentation des animaux de production s'élevait à 101 577 000 tonnes (T) de matière sèche (MS) dont 99,6 % d'origine végétale et 0,4 % d'origine animale. La production nationale de matières premières, essentiellement d'origine végétale (99,5 %), couvre 93,4 % des besoins alimentaires des élevages français. Ainsi, une faible part de matières premières (6,6 %) est importée.

Les matières premières utilisées pour l'alimentation des animaux d'élevage sont très majoritairement inscrites au Catalogue des matières premières pour aliments des animaux²⁵. Par convention chez

²⁴ Toutes les données chiffrées présentées dans cette partie ont été extraites du Bilan ressources fourragères (Agreste, 2017) et sont disponibles sur https://www.google.fr/search?q=SBIL_RFO_RessourcesFourrageresCampagnes_02102017 (consulté le 08/08/19)

²⁵ https://members.wto.org/crnattachments/2017/SPS/EEC/17_2852_00_f.pdf (consulté le 17/12/19).

les ruminants, elles sont classées en deux grandes catégories : d'une part les fourrages (herbes et autres plantes fourragères) et d'autre part les aliments dits concentrés²⁶ (céréales, tourteaux, graines oléagineuses et protéagineuses, co-produits). Afin de faciliter la lecture du rapport, le terme « aliment concentré » sera également utilisé pour les monogastriques.

Pour l'alimentation des animaux, les éleveurs utilisent :

- soit des matières premières disponibles sur l'exploitation (fourrages *i.e.* pâturage, ensilage d'herbe ou de maïs, fourrages enrubannés, parcours herbeux²⁷, céréales, graines oléagineuses et protéagineuses, co-produits de cultures),
- soit des matières premières achetées à des organismes stockeurs pour les produits nationaux (céréales, protéagineux, etc.), à des importateurs ou négociants pour les produits provenant de l'étranger (manioc, graines et tourteaux de soja, etc.), et à des négociants ou des industries agro-alimentaires (IAA) nationales ou étrangères (tritrateurs amidonniers, sucriers) pour les co-produits (tourteaux, pulpes d'agrumes, *corn gluten feed*, etc.),
- soit des aliments composés (mélanges de matières premières) fabriqués par l'industrie de la nutrition animale.

L'industrie de la nutrition animale s'approvisionne en matières premières majoritairement sur le marché national mais aussi international. Le rôle de cette industrie est devenu fondamental dans l'alimentation des monogastriques, mais reste plus limité dans celle des ruminants pour lesquels les fourrages restent les aliments prépondérants de la ration.

Enfin, certains éleveurs font le choix de fabriquer leurs aliments pour animaux directement sur leur exploitation. Toute fabrication d'aliments pour animaux avec des additifs autorisés au titre du règlement (CE) n° 1831/2003²⁸ passe par un stade de mélange, ce qui nécessite un matériel particulier²⁹. Cette fabrication des aliments à la ferme (FAF) concerne surtout les élevages de porcs (Massabie et Martin-Houssart 2010) et plus marginalement de volailles de chair et de poules pondeuses (Uzereau et Pattier 2014). Les deux principaux modes de FAF sont :

- la fabrication intégrale des aliments en mélangeant diverses matières premières, produites sur l'exploitation ou achetées sur le marché national,
 - la fabrication « partielle » des aliments en mélangeant les céréales produites sur l'exploitation avec un aliment composé dit « complémentaire », acheté auprès de l'industrie de l'alimentation animale.
- La FAF est très peu développée dans les élevages de ruminants car les éleveurs ne réalisent pas de mélange avec un matériel spécifique mais le plus souvent une distribution simultanée de tout ou partie des aliments (concentrés et fourrages) composant la ration. Cette pratique n'est pas considérée comme une fabrication d'aliments pour animaux à la ferme.

²⁶ Deux grandes catégories d'aliments concentrés sont distinguées. Les aliments concentrés simples, ou matières premières concentrées, sont produits sur l'exploitation ou bien résultent de la transformation industrielle de la production agricole. Les aliments concentrés composés sont des mélanges d'aliments concentrés simples et le cas échéant, de fourrages déshydratés. R. JARRIGE Ed., 1988 - *Alimentation des bovins, ovins, caprins* - INRA, Paris, 476 p.

²⁷ Les experts ont considéré par parcours herbeux, une surface enherbée à laquelle peuvent avoir accès les porcs et les volailles élevés en plein air.

²⁸ Règlement (CE) n° 1831/2003 du Parlement européen et du Conseil du 22 septembre 2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=CELEX%3A32003R1831> (consulté le 08/08/19).

²⁹ Note de service DGAL 2014, DGAL/SDSPA/2014-198, 11p.

2.2 Les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale

2.2.1 Les fourrages

Les fourrages, avec 70 550 000 T de MS provenant en totalité du territoire national, représentent 69,8 % de l'ensemble de la MS disponible pour l'alimentation des animaux d'élevage. Les fourrages sont des aliments dont la MS contient une proportion importante de parois végétales (35 à 65 % de la MS) que les ruminants dégradent de façon très efficace et qui constituent donc la base de leur alimentation. Les fourrages se présentent en général sous une forme de fibres longues contrairement à certains sous-produits riches aussi en parois végétales comme les drêches³⁰ par exemple.

Selon les dernières statistiques agricoles annuelles de 2017 du SCEES³¹, trois grandes catégories de fourrages entrent dans l'alimentation des animaux d'élevage (Figure 2) : les fourrages pluriannuels (temporaires et permanents), les fourrages annuels et les produits fatals³² des cultures (la paille principalement) dont les parts respectives (en % du volume total de MS de fourrages) sont de 72 %, 26 % et 2 %.

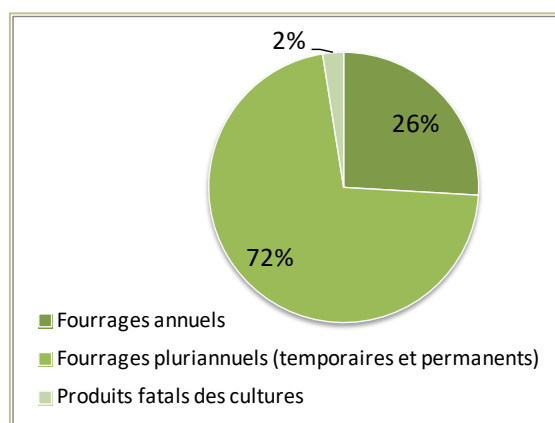


Figure 2: Catégorie de fourrages entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage en France (en % du volume total de MS de fourrages utilisés) (Source Agreste, 2017)

Ces fourrages sont utilisés directement en l'état (pâturage, affouragement en vert) ou bien récoltés pour être conservés par fanage, ensilage, ou enrubannage :

³⁰ Les drêches résultent de la filtration du moût en fin de brassage, qui permet d'éliminer tous les résidus solides avant clarification de la bière. Les drêches correspondent aux enveloppes du grain d'orge.

³¹ Service Central des Enquêtes et des Etudes Statistiques du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

³² Se dit d'un sous produit, valorisable ou non, qui est inévitablement généré dans le processus de production ou de transformation d'un bien (Définition du dictionnaire Larousse https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/fatal_fatal_fatal/32965 consulté le 08/08/19). Dans le cadre de ce rapport, sont ciblés les résidus restant après la récolte du produit principal d'une culture.

- Le fanage (naturel ou artificiel) est une méthode de conservation des fourrages par voie sèche. Il consiste à déshydrater le fourrage pour l'amener à une teneur en MS supérieure ou égale à 85 %, teneur à laquelle les enzymes de la plante sont inactives et le développement de moisissures est limité quand les bonnes pratiques de récolte et de conservation sont maîtrisées.
- L'ensilage est une méthode de conservation des fourrages, préalablement hachés ou broyés, par voie humide. La stabilisation du fourrage est obtenue par la mise en anaérobiose et une acidification suffisante du milieu pour empêcher les fermentations butyriques et le développement des moisissures. Le taux de MS d'un fourrage ensilé avoisine les 30 %.
- L'enrubannage est une autre méthode de conservation des fourrages par voie humide, également basée sur l'anaérobiose et une acidification du milieu, cependant moins poussée que dans le cas de l'ensilage. Il consiste à entourer de plusieurs épaisseurs de film plastique le fourrage récolté, plus ou moins séché, et pressé en balles (rondes majoritairement ou carrées). Le taux de MS d'un fourrage enrubanné (encore dénommé mi-fané dans les tables de l'INRA) avoisine les 50 %.

Dans le cas des fourrages conservés par voie humide, l'anaérobiose est obtenue par le tassement du fourrage lors de la réalisation du silo d'ensilage ou par le pressage du fourrage lors de la fabrication des balles enrubannées. L'acidification du milieu doit être la plus rapide possible pour favoriser le développement des bactéries lactiques permettant, *via* la production d'acide lactique, d'abaisser le pH et d'inhiber le développement de microorganismes indésirables (clostridies, salmonelles, listeria, etc.). Comparativement à l'ensilage, les fermentations qui ont lieu lors de l'enrubannage sont généralement d'une intensité moindre en raison de l'absence de hachage du fourrage qui rend les glucides peu disponibles pour les fermentations lactiques et de la teneur plus élevée en MS du fourrage. Ceci se traduit par des teneurs en acides organiques (lactique et acétique) plus faibles et un pH plus élevé, rendant ainsi les fourrages conservés par enrubannage plus sensibles au développement de microorganismes indésirables.

Les caractéristiques fermentaires de quelques fourrages conservés par voie humide (ensilage et enrubannage) sont présentées dans le Tableau 1 ci dessous.

Tableau 1: caractéristiques fermentaires de quelques fourrages conservés par voie humide (ensilage et enrubannage)

	% MS	pH	g/kg MS			Référence
			Acide lactique	C2	C3	
Ensilage						
Graminées						
<i>Ray grass d'Italie</i>	16	4,15	84	58	1	T
<i>Ray grass anglais</i>	17	4,14	93	38	3	1
<i>Dactyle</i>	18	4,44	57	37	5	7
Légumineuses						
<i>Luzerne</i>	17	4,43	78	56	4	4
<i>Trèfle - Sainfoin</i>	16	4,07	99	35	T	1
<i>Vesce - Avoine</i>	32	4,26	52	15	0	T

(INRA 2007)

	% MS	pH	g/kg MS				Référence
			Acide lactique	C2	C3	C4	
Céréales							
<i>Maïs plante entière</i>	23 - 40	3,73 - 3,85	47 - 76	11 - 19	T	T	
<i>Autres céréales immatures</i>	38	4,1	39	11	T	T	
Enrubannage							
<i>Prairie naturelle (75% de graminées)</i>	54	5,7	13	1	0,2	T	(Odoardi <i>et al.</i> 1998)
<i>Luzerne - Trèfle violet</i>	59	5,39	22	10	3	T	(INRA 2007)
<i>Luzerne</i>	65	5,8	ND	3,7	0,2	0,3	(Le Gall <i>et al.</i> 1993)

MS = matière sèche; C2 = acide acétique; C3 = acide propionique; C4 = acide butyrique; T = traces; ND = non déterminé.

Ainsi, quel que soit le mode de conservation par voie humide, c'est le pH qui, modulé par le taux de MS et la nature du fourrage, conditionne la destruction et l'inhibition de microorganismes indésirables.

2.2.2 Les autres matières premières d'origine végétale

Dans cette partie, les matières premières d'origine végétale autre que les fourrages seront appelées concentrés, y compris chez les monogastriques.

Les aliments concentrés d'origine végétale représentent 30,5 % de l'ensemble de la MS disponible pour l'alimentation des animaux d'élevage, soit 31 561 000 T de MS produite en grande majorité (78,9 %) sur le territoire national mais aussi importée (21,8 %). Contrairement aux fourrages, les aliments concentrés se caractérisent par une teneur assez faible en parois végétales (de 15 à 35 % de MS) mais par une concentration importante en une composante nutritive au moins (glucides, protéines, minéraux, etc.). Les rations alimentaires des animaux monogastriques non herbivores sont essentiellement constituées par ces aliments concentrés contrairement à celles des ruminants pour lesquels les fourrages restent les aliments prépondérants de la ration. Néanmoins, les porcs et les volailles ayant accès à un parcours herbeux peuvent consommer de l'herbe. Deux études concernant les volailles montrent que cette consommation d'herbe est variable et peut atteindre 5 à 10 % de l'ingéré quotidien (Germain *et al.* 2013, Juin *et al.* 2015).

En proportion du volume total (production nationale et importations) de concentrés utilisés pour l'alimentation des animaux d'élevage, les céréales représentent 57,9 % et les co-produits de transformation des IAA 33,7 %. Le reste est constitué par les graines protéagineuses et oléoprotéagineuses (4,1 %), la luzerne déshydratée (1,7 %), les matières premières d'origine animale (1,5 %), les graisses et huiles végétales (0,7 %), les brisures de riz (0,3 %), et la pomme de terre (0,2 %).

2.2.2.1 Les céréales

Les différents types de céréales entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage en France sont présentés sur la Figure 3 (Agreste, 2017). Elles représentent un volume de 17 959 000 T de MS dont seulement 2 % (uniquement du maïs grain et du blé à hauteur respective de 246 000 et 116 000 T de MS) sont le fruit d'importations majoritairement européennes.

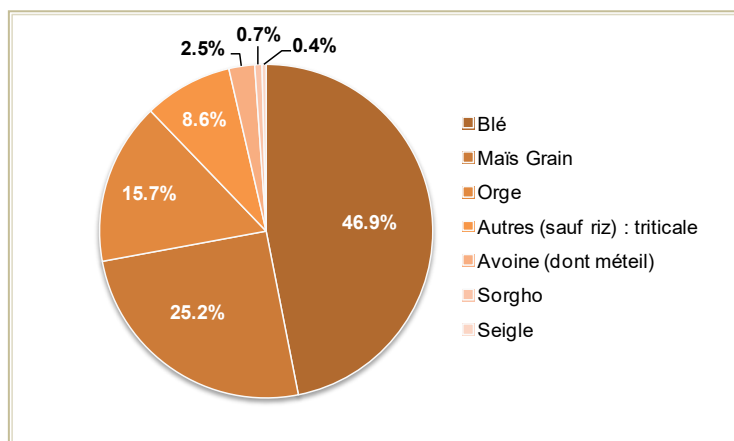


Figure 3: Type de céréales entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage en France (en % du volume total de MS de céréales utilisées) (source Agreste, 2017)

Parmi les céréales, le blé arrive nettement en première position (8 400 000 T de MS), devant le maïs grain (4 500 000 T de MS) et l'orge (2 800 000 T de MS). L'ensemble des autres céréales représente 2 200 000 T de MS et est essentiellement constitué de triticale (1 500 000 T) et d'avoine (446 000 T).

2.2.2.2 Les co-produits des industries agro-alimentaires

Les IAA d'amont telles que l'huilerie, la meunerie, la sucrerie ou l'amidonnerie, fournissent des co-produits utilisés comme ingrédients par le secteur de l'alimentation animale. Sept secteurs de l'agro-alimentaire participent à la fourniture de co-produits entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage (Figure 4), pour un tonnage global de 10 448 000 T de MS.

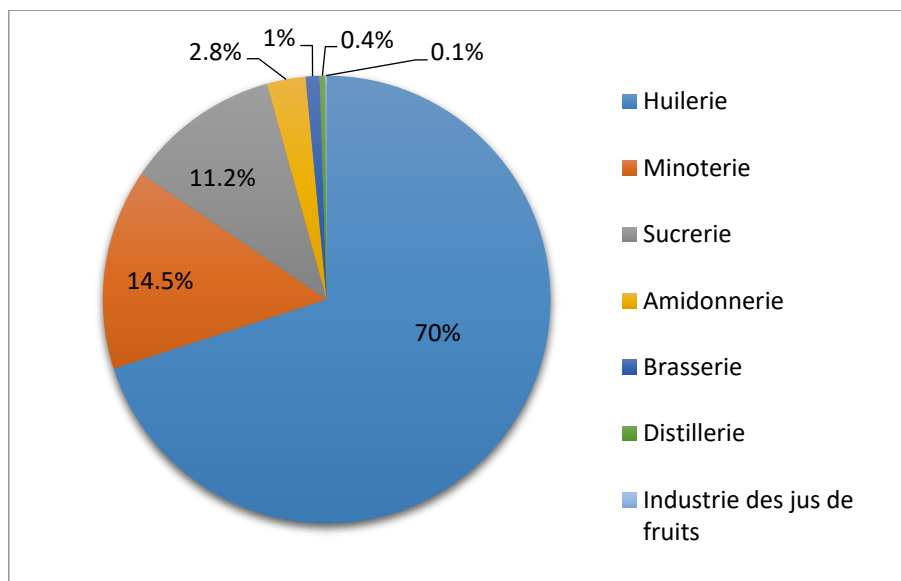


Figure 4: Taux de participation de différents secteurs de l'agro-alimentaire à la fourniture de co-produits entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage en France (en % du volume total de MS de co-produits issus des industries agro-alimentaires) (source Agreste, 2017)

En fonction de la nature des procédés de transformation mis en œuvre, ces co-produits varient en composition et en qualité. Les principaux problèmes pratiques soulevés pour leur valorisation sont le coût du transport et la conservation délicate de ceux (co-produits de brasserie, de sucrierie et de distillerie) présentant une teneur en eau élevée, pouvant de ce fait favoriser le développement de microorganismes indésirables.

2.2.2.2.1 Huilerie

L'huilerie est le principal fournisseur de co-produits avec un tonnage de 7 316 000T de MS, soit 70 % du volume total (production nationale et importations) de co-produits utilisés pour l'alimentation animale. Il s'agit essentiellement de tourteaux définis comme les résidus solides obtenus après extraction de l'huile, des graines et des fruits de plantes oléagineuses. Avec des teneurs en protéines comprises entre 30 et 50 % de la MS, ils représentent la principale source de protéines pour l'alimentation animale. Ces tourteaux proviennent soit des unités de trituration nationales, soit de l'importation en l'état.

La Figure 5 ci-dessous présente les volumes des différents tourteaux entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage en France (Agreste, 2017). Ils comprennent :

- le tourteau de soja (tanné ou non tanné) représentant 47,3 % de l'ensemble des tourteaux et majoritairement importé (97,3 %) des pays tiers (continent américain),
- le tourteau de colza représentant 31,3 % de l'ensemble des tourteaux et dont 67 % sont issus de la production métropolitaine,
- le tourteau de tournesol (décortiqué ou non décortiqué) représentant 17,5 % de l'ensemble des tourteaux et dont 73 % est importé des pays tiers,
- enfin des tourteaux divers tels ceux de lin, de germes de maïs, d'arachide, de palmiste et de coprah, en totalité importés, soit de l'UE (47 %), soit de pays tiers (53 %).

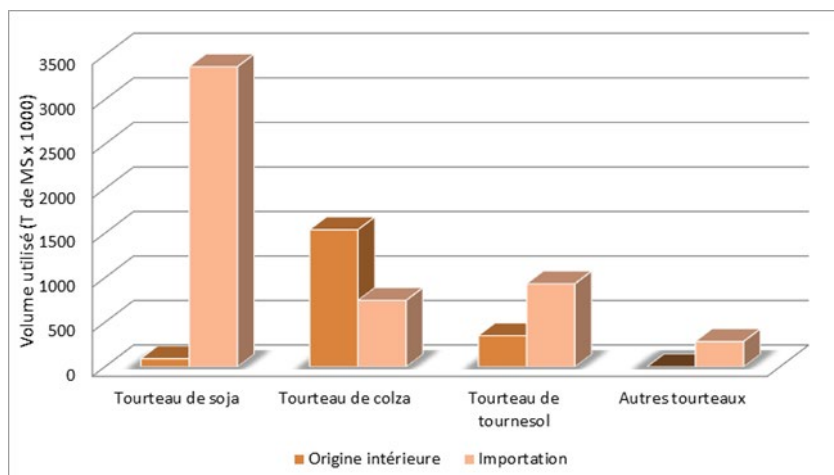


Figure 5: Volumes de tourteaux entrant dans l'alimentation des animaux d'élevage en France (source Agreste, 2017)

2.2.2.2.2 Meunerie

La meunerie (minoterie) est, en volume, le second fournisseur de co-produits pour l'alimentation animale avec un tonnage de 1 508 000 T de MS, soit 14,5 % du volume total (production nationale et importations) de co-produits utilisés pour l'alimentation animale. Produits principalement sur le territoire national (93,5 %), les co-produits les plus utilisés sont ceux issus du blé tendre (70,4 %), essentiellement les sons³³ (fins et gros), les remoulages³⁴ et farines basses³⁵. Viennent ensuite les co-produits issus de l'orge (18,7 %), du maïs (8,5 %) et du riz (2,4 %).

2.2.2.2.3 Sucrierie

L'industrie sucrière est, en volume, le troisième fournisseur de co-produits pour l'alimentation animale avec un tonnage de 1 170 000 T de MS, soit 11,2 % du volume total (production nationale et importations) de co-produits utilisés pour l'alimentation animale. Produits principalement sur le territoire national (91 %), deux types de co-produits sont présents :

- les pulpes de betterave (fraîches : 2 %, séchées : 23,5 % ou pressées : 74,5 %), essentiellement produites sur le territoire national (99,6 %),
- les mélasses³⁶ de canne (61,6 %) principalement importées de pays tiers et celles de betterave (38,4 %) uniquement produites sur le territoire national.

³³ Le son est constitué par l'enveloppe du grain. Lors de la mouture des céréales, le son fait partie des issues, c'est-à-dire des résidus obtenus après séparation de la farine par tamisage ou blutage. Leur taille permet de distinguer les sons gros et les sons fins.

³⁴ Le remoulage est un mélange de particules d'enveloppes et de farine qui sont broyées pour obtenir une granulométrie homogène.

³⁵ Les farines basses sont obtenues en fin de mouture de céréales. Elles comprennent surtout la couche protéique de la céréale, des traces de son, de germe et de la farine. Ce sont des farines de qualité inférieure qui ne diffèrent de la farine panifiable que par une couleur un peu plus sombre et une texture un peu plus grossière.

³⁶ La mélasse est un sirop épais et visqueux constituant un résidu du raffinage du sucre extrait de la canne à sucre.

2.2.2.2.4 Amidonnerie

Les industries d'extraction de l'amidon qui utilisent essentiellement du maïs, fournissent un tonnage de 293 000 T de MS, soit 2,8 % du volume total (production nationale et importations) et dont les 3/4 sont issus de la production métropolitaine. Il s'agit principalement de *corn gluten feed*³⁷ (71 %) et de *corn gluten meal*³⁸ (26,6 %). Le reste est représenté par divers amidons et féculés ainsi que par des pulpes de pomme de terre (séchées ou non).

2.2.2.2.5 Brasserie et distillerie

Les brasseries et distilleries fournissent respectivement un tonnage de 107 000 et 40 000 T de MS. Les co-produits de brasserie comprennent les drêches fraîches et les germes de malt. Les co-produits de distillerie comprennent les marcs secs de pommes et poires, et les vinasses³⁹. Tous ces co-produits sont uniquement d'origine métropolitaine.

2.2.2.2.6 Industrie des jus de fruits : pulpes d'agrumes

Les pulpes d'agrumes représentent un tonnage de 13 000 T de MS. Elles sont en totalité importées, pour moitié de l'UE et pour l'autre des pays tiers.

2.2.2.3 Les graines protéagineuses et oléagineuses

En France, le volume de graines protéagineuses et oléagineuses utilisé pour l'alimentation animale représente 1 138 000 T de MS. Les graines de colza représentent le volume le plus important avec 412 000 T de MS, devant celui de soja (345 000 T de MS), de pois (246 000 T de MS) et de féverole (111 000 T de MS). L'utilisation de graines de lupin reste marginale (24 000 T de MS). Si les graines protéagineuses proviennent essentiellement de la production métropolitaine (93 %), 68 % des graines oléagineuses sont importées, principalement des pays tiers. Pour l'essentiel, toutes ces graines sont utilisées directement par l'industrie de l'alimentation animale. En effet, les graines entières nécessitent un broyage et, le plus souvent, une cuisson-extrusion, traitements non réalisables au niveau individuel des élevages.

2.2.2.4 Les aliments composés produits par l'industrie de l'alimentation animale

En 2017, l'industrie française de l'alimentation animale a produit entre 20 et 21 000 000 T d'aliments composés pour animaux d'élevage (toutes espèces confondues) dont 41 % pour les volailles, 25 %

³⁷ Le *corn gluten feed* est constitué d'un mélange de drêches de maïs et de tourteaux de germe de maïs et parfois des solubles de maïs. Une quantité adéquate de gluten est également ajoutée afin d'obtenir un taux de protéines constant.

³⁸ Le *corn gluten meal* est un co-produit de l'amidonnerie de maïs (*Zea mays* L.), essentiellement constitué de gluten obtenu lors de la séparation de l'amidon. Il contient environ 60 % de protéines.

³⁹ La vinasse est un résidu de la distillation de la mélasse ou d'un jus de betterave dont le sucre a été transformé en alcool.

pour les ruminants herbivores et 24 % pour les porcs. Les fabricants utilisent une grande variété de matières premières (Figure 6).

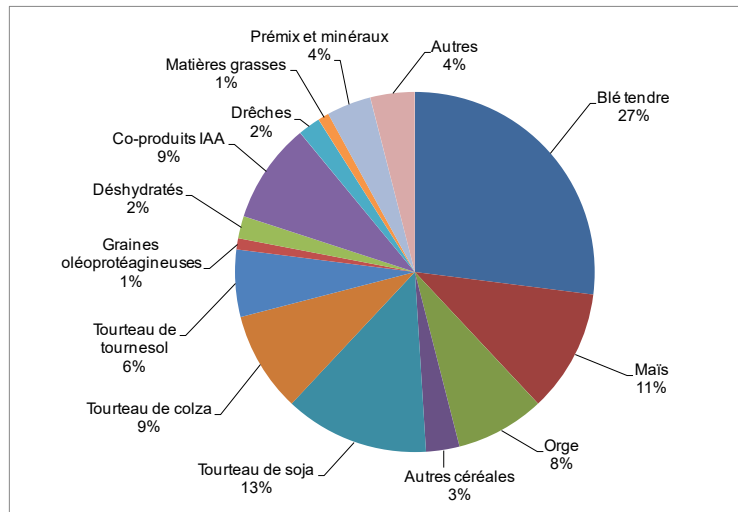


Figure 6: Utilisation des matières premières par l'industrie de l'alimentation animale pour la fabrication d'aliments composés pour animaux de production (pour 100T d'aliments composés)
 (Syndicat national de l'industrie de la nutrition animale d'après le Service de la Statistique et de la Prospective du ministère en charge de l'Agriculture et France Agrimer, 2017)

Les céréales (principalement le blé tendre) et les tourteaux (principalement de soja et de colza) représentent respectivement 49 et 28 % de la totalité des matières premières entrant dans la fabrication des aliments composés. La composition centésimale des aliments composés (Figure 7) varie en fonction de l'espèce animale cible (SNIA, 2017; UICN, 2017).

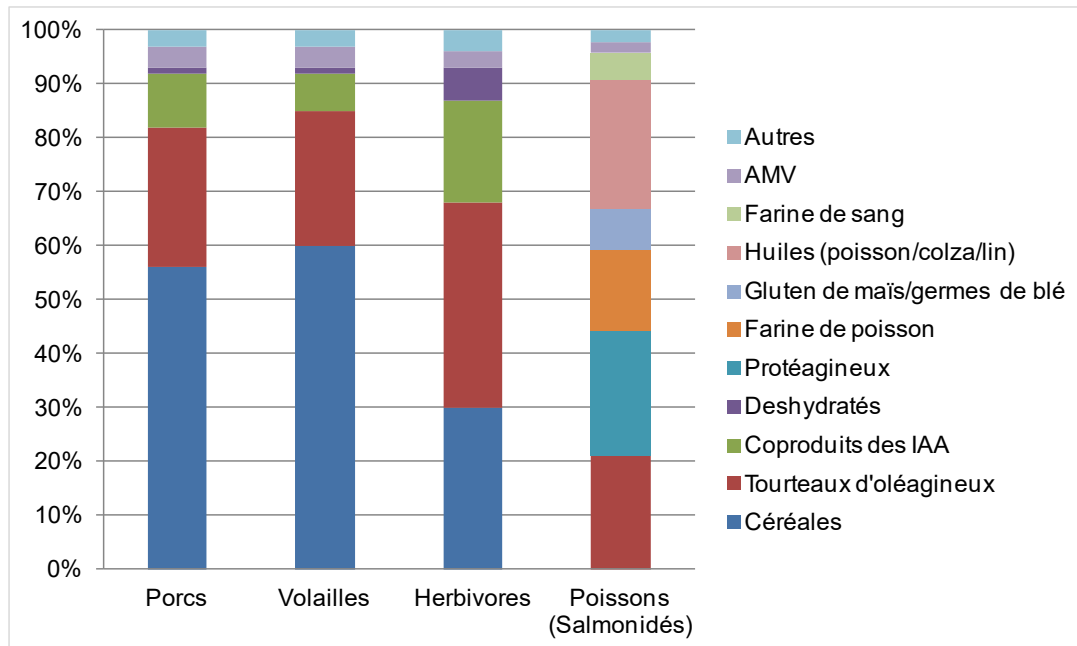


Figure 7: Composition centésimale des aliments composés pour animaux de production
 (sources SNIA, 2017; UICN, 2017)
 (AMV = aliment minéral et vitaminé; IAA = industrie agro alimentaire)

Ainsi, les aliments composés pour porcs et volailles contiennent majoritairement des céréales (en moyenne 56 % de blé et d'orge pour les aliments porcs ; 60 % de blé et de maïs pour les aliments volailles) et 25 % de tourteaux d'oléagineux (soja, colza et tournesol). Les aliments composés pour herbivores renferment 30 % de céréales (surtout orge et blé) et 38 % de tourteaux d'oléagineux (soja principalement). Ils se distinguent des aliments composés pour porcs et volailles par une proportion plus importante de co-produits issus des IAA (19 % vs 10 % et 7 %) et de déshydratés (6 % vs 1 %). Les aliments composés pour poissons (principalement les Salmonidés en France) contiennent environ 2/3 de matières premières d'origine végétale (23 % de protéagineux comme la fèverole, 21 % de tourteau de soja, 16 % d'huile de colza et de lin, et 8 % de co-produits de l'amidonnerie et de la meunerie) et 28 % de matières premières d'origine animale (15 % de farine de poisson, 8 % d'huile de poisson et 5 % de farine de sang).

2.3 La réglementation en alimentation animale

2.3.1 Contexte général

Comme énoncé dans le paragraphe 2.1, les aliments pour animaux sont définis dans les règlements (CE) n° 178/2002 et (CE) n° 767/2009. En parallèle, le règlement (UE) n° 68/2013 établit le Catalogue européen des matières premières entrant dans la composition des aliments pour animaux et le règlement (CE) n° 1831/2003 régit les conditions d'autorisation et d'utilisation des additifs en alimentation animale.

Le règlement (CE) n° 178/2002 énonce qu' « *aucun aliment pour animaux n'est mis sur le marché ou donné à des animaux producteurs de denrées alimentaires s'il a un effet néfaste sur la santé humaine ou animale ou s'il rend dangereux pour la consommation humaine les denrées alimentaires dérivées des animaux producteurs de denrées alimentaires* ».

A cet effet,

- le règlement précité prévoit que les aliments pour animaux soient soumis à un ensemble de principes afin d'assurer la sécurité sanitaire tout au long de la chaîne alimentaire,
- le règlement (CE) n° 183/2005⁴⁰, établissant des exigences en matière d'hygiène des aliments pour animaux, énonce la « *nécessité de définir et de se conformer à des critères microbiologiques⁴¹ fondés sur des critères de risque scientifiques* »,
- la directive 2002/32/CE⁴² fixe les teneurs maximales admissibles de certaines substances et produits indésirables lors de la mise en circulation des matières premières pour aliments des animaux ou des aliments composés pour animaux.

⁴⁰ Règlement (CE) n° 183/2005 du Parlement européen et du Conseil du 12 janvier 2005 établissant des exigences en matière d'hygiène des aliments pour animaux <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A32005R0183> (consulté le 08/08/19).

⁴¹ Un critère microbiologique est une référence utilisée pour la gestion des risques, indiquant la conformité d'un produit ou la performance d'un système de maîtrise de la sécurité des aliments (au sens de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux). Principes et directives pour l'établissement et l'application de critères microbiologiques relatifs aux aliments, Commission du Codex Alimentarius et programme sur les normes alimentaires FAO/OMS.

⁴² Directive 2002/32/CE sur les substances indésirables dans les aliments pour animaux <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=LEGISSUM%3AI12069> (consulté le 08/08/19).

Les dispositions régissant la mise sur le marché des aliments pour animaux et encadrant leur utilisation, leur conditionnement et leur présentation sont établies par le règlement (CE) n° 767/2009.

Afin de vérifier le respect de cette réglementation, et conformément au règlement (CE) n° 882/2004 et au règlement (UE) 2017/625, les autorités compétentes réalisent des contrôles officiels fondés sur une analyse de risques sur toute la chaîne alimentaire et élaborent des PS/PC portant sur les matières premières, les additifs et les aliments composés. Ces contrôles consistent à surveiller la présence de substances indésirables ou interdites et à vérifier l'étiquetage des aliments pour animaux contenant des organismes génétiquement modifiés. Dans le domaine des risques microbiens, les contrôles officiels portent principalement sur le risque lié à la présence des salmonelles, conformément au règlement (CE) n° 2160/2003 qui prévoit la fixation d'objectifs cibles pour réduire la prévalence de ces microorganismes à tous les stades de la chaîne alimentaire, y compris l'alimentation animale.

2.3.2 Réglementation « Salmonelles »

En France, en application du Règlement (CE) n° 2160/2003, l'arrêté ministériel du 11 juillet 2018⁴³ modifiant celui du 29 Juillet 2013⁴⁴, liste les six sérovars (ou sérotypes) des salmonelles réglementés dans le cadre des programmes nationaux de lutte en filières avicoles. Ces derniers sont, au titre de danger sanitaire de catégorie 1, les sérovars *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* et *S. Kentucky* pour les espèces *Meleagris gallopavo* (dindes) et *Gallus gallus*. Les sérovars *S. Hadar*, *S. Infantis* et *S. Virchow* s'ajoutent à *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* et *S. Kentucky* pour les seuls troupeaux reproducteurs et futurs reproducteurs de l'espèce *Gallus gallus*.

En cas de détection d'un ou de plusieurs de ces sérotypes réglementés, et en application du règlement (CE) n° 2160/2003, les professionnels doivent mettre en œuvre différentes mesures de gestion concernant les stocks d'aliments restants. Après signalement aux autorités compétentes, les professionnels peuvent procéder soit à une destruction, soit à une thermisation des lots d'aliments contaminés, après autorisation par la Direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations (DDCSPP). Par ailleurs, étant donné que seule une partie de la filière volailles est réglementée (volailles de reproduction des espèces *Gallus gallus* et *Meleagris gallopavo*), les autorités compétentes peuvent procéder, dans des cas très restreints, à une réorientation des lots d'aliments contaminés vers des usines produisant des aliments pour d'autres volailles ou d'autres filières (porcins et/ou ruminants). De plus, le traitement thermique des aliments est le moyen de maîtrise préventive choisi dans le cadre de « l'agrément salmonelles » figurant dans l'arrêté du 23 avril 2007⁴⁵

⁴³ Arrêté du 11 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 29 juillet 2013 relatif à la définition des dangers sanitaires de première et deuxième catégorie pour les espèces animales <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2018/7/11/AGRG1819451A/jo/texte> (consulté le 08/08/19).

⁴⁴ Arrêté du 29 juillet 2013 relatif à la définition des dangers sanitaires de première et deuxième catégorie pour les espèces animales <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2015/2/17/AGRG1504715A/jo/texte> (consulté le 08/08/19).

⁴⁵ Arrêté du 23 avril 2007 relatif aux agréments et autorisation des établissements du secteur de l'alimentation animale et modifiant notamment l'arrêté du 28 février 2000 modifié relatif à l'agrément et à l'enregistrement de certains établissements et intermédiaires dans le secteur de l'alimentation animale <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000465324> (consulté le 08/08/19).

2.3.3 Réglementation sur l'épandage des matières fertilisantes organiques

Les animaux d'élevage, l'être humain et l'environnement peuvent être exposés à des microorganismes *via* l'usage de matières fertilisantes (MF) épandues sur les cultures. En fonction de la qualité sanitaire des MF, les microorganismes potentiellement présents peuvent être ingérés directement si les MF sont sur les cultures (herbe) ou sur les sols mais également *via* les fourrages secs.

Les réglementations française et européenne proposent des seuils et/ou des bonnes pratiques pour limiter ces expositions. Il est à noter que les réglementations sont généralement établies pour protéger la qualité des aliments à destination humaine. Toutefois, les précautions prises sont tout aussi efficaces pour protéger les animaux.

2.3.3.1 Définition des matières fertilisantes

Les MF sont définies dans l'article L 255-1 du Code rural et de la pêche maritime, comme des produits destinés à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux (ce sont les engrais qui apportent par exemple de l'azote) ou les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols (ce sont les amendements qui apportent par exemple de la matière organique). Elles comprennent notamment :

1. les engrais minéraux destinés à apporter aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition. Il peut s'agir d'éléments fertilisants comme l'azote ou le phosphore. Ces engrais ne drainent aucun microorganisme,
2. les engrais organiques (ex : lisier, sang, corne, plume, digestats...) contenant un pourcentage élevé de nutriments majeurs. Par exemple, l'autorisation de mise sur le marché des engrais en France implique que le produit contienne 10 % des différentes formes d'azote et/ou différentes solubilités de P₂O₅, MgO ou SO₃⁴⁶. La matière organique, notamment celle d'origine fécale, contient des microorganismes,
3. les amendements destinés à modifier ou à améliorer les propriétés physiques, chimiques ou biologiques des sols. Les amendements peuvent être organiques, minéraux ou organo-minéraux. Les amendements issus d'animaux ou de déchets issus des activités humaines (ex : fumier, boues de station d'épuration, composts de déchets verts...) contiennent des microorganismes.

Les engrais apportent des nutriments aux plantes, les amendements améliorent les sols. Une MF donnée peut être un amendement ou un engrais si la concentration en azote total (présent naturellement ou apporté à dessein) dépasse 3 % de la matière brute.

2.3.3.2 Contexte réglementaire

En France, la mise sur le marché et l'utilisation des MF, des adjuvants pour MF et des supports de culture est encadrée par le Code rural et de la pêche maritime (Articles L.255-1 à L.255-18) qui s'est

⁴⁶ Solubilité dans l'eau ou dans l'acide citrique par exemple. Voir guide pour la constitution des dossiers de demande d'homologation matières fertilisantes-supports de culture. <https://www.anses.fr/fr/system/files/DIVE-ft-cerfa50644.pdf> (lien consulté le 19 novembre 2019).

substitué à la loi du 13 juillet 1979⁴⁷ relative à l'organisation du contrôle des matières fertilisantes et les supports de culture (MFSC). Le Code rural et de la pêche maritime (Articles L.255-2 à L.255-13) prévoit que les MFSC doivent disposer d'une autorisation pour être mises sur le marché. Néanmoins, bien que l'autorisation de mise sur le marché (AMM) soit la règle pour la mise sur le marché des MFSC, sont dispensées des obligations prévues aux articles L.255-2 à L.255-4 du Code rural et de la pêche maritime :

1. les MFSC conformes à une norme rendue d'application obligatoire ;
2. les MFSC conformes à un règlement de l'Union Européenne ;
3. les MFSC conformes à un cahier des charges approuvé par voie réglementaire garantissant leur efficacité et leur innocuité ;
4. les substances naturelles à usage biostimulant ;
5. les déchets, résidus ou effluents [...] dont l'évacuation ou le déversement sur des terres agricoles en tant que matières fertilisantes fait l'objet d'un plan d'épandage ;
6. les matières organiques brutes ou les supports de culture d'origine naturelle, livrés en l'état ou mélangés entre eux, obtenus à partir de matières naturelles sans traitement chimique et constituant des sous-produits d'une exploitation agricole ou d'un établissement non agricole d'élevage ou d'entretien des animaux lorsqu'ils sont cédés directement, à titre gratuit ou onéreux, par l'exploitant ou le responsable de l'établissement.

Au niveau européen, le règlement (CE) n° 1069/2009 établit des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et aux produits dérivés non destinés à la consommation humaine. Dans ce règlement, le traitement des sous-produits animaux est envisagé lorsqu'ils doivent devenir des MF. En France, les AMM sont instruites par la Direction des autorisations de mise sur le marché (DAMM) de l'Anses, en se fondant sur les conclusions de l'évaluation scientifique des dossiers de demande d'AMM de la Direction d'évaluation des produits réglementés (DEPR) de l'Anses. La DEPR évalue, sur la base des données soumises par le demandeur dans son dossier d'AMM et dans les conditions d'emploi prescrites, d'une part les effets des MFSC sur la santé humaine, la santé animale et sur l'environnement et, d'autre part, leur efficacité agronomique.

Selon le cadre réglementaire qui s'applique (AMM, norme, cahier des charges, plan d'épandage), la mise sur le marché des MFSC est notamment subordonnée, dans le cadre des utilisations demandées, aux critères d'innocuité définis pour les contaminants chimiques et biologiques pour lesquels il existe des valeurs (teneurs et/ou flux) de référence. Le tableau en Annexe 6 du rapport présente les seuils et les bonnes pratiques réglementaires établis pour les contaminants microbiologiques en fonction de quelques cadres réglementaires. Un résumé présentant les microorganismes d'intérêt pour la saisine sont présentés dans le Tableau 2 ci-dessous.

⁴⁷ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT00000886677&categorieLien=cid> (consulté le 08/08/19).

Tableau 2: Liste des microorganismes pris en compte dans les textes réglementaires relatifs aux MAFOR

Microorganismes	Textes
Pathogènes	
<i>Salmonella</i> spp.	<ul style="list-style-type: none"> - NF U 44 – 051^a - NF U44 – 095^b - Epandage de déchets et notamment de boues de station d'épuration (STEP)^c - Cahier des charges d'épandage des digestats de fumiers de fermes^d - Autorisation de mise sur le marché des matières fertilisantes^e - Règlement européen établissant les règles relatives à la mise sur le marché des fertilisants^f
<i>Listeria monocytogenes</i>	<ul style="list-style-type: none"> - NF U44 – 095^b - Autorisation de mise sur le marché des matières fertilisantes^e
<i>Staphylococcus aureus</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Autorisation de mise sur le marché des matières fertilisantes^e
Entérovirus	Epandage de déchets et notamment de boues de STEP ^c
Oeufs d'helminthes viables	<ul style="list-style-type: none"> - NF U 44 – 051^a - NF U44 – 095^b - Epandage de déchets et notamment de boues de STEP^c - Autorisation de mise sur le marché des matières fertilisantes^e
Indicateurs de traitement hygiénisant	
<i>Escherichia coli</i> et/ou Entérocoques	<ul style="list-style-type: none"> - NF U 44 – 051^a - NF U44 – 095^b - Epandage de déchets et notamment de boues de STEP^c - Cahier des charges d'épandage des digestats de fumiers de fermes^d - Autorisation de mise sur le marché des matières fertilisantes^e - Règlement européen établissant les règles relatives à la mise sur le marché des fertilisants^f
<i>Clostridium perfringens</i>	<ul style="list-style-type: none"> - NF U44 – 095^b - Autorisation de mise sur le marché des matières fertilisantes^e

a : NF U44-051 (Avril 2006). Amendements organiques : Dénominations, spécifications et marquage. 17p. Norme d'application obligatoire.

b : NF U44-095 (Mai 2002). 21p. Norme d'application obligatoire.

c : Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées ; <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000570287> (consulté le 08/08/19).

d : Arrêté du 13 juin 2017 approuvant un cahier des charges pour la mise sur le marché et l'utilisation de digestats de méthanisation agricoles en tant que matières fertilisantes ;

<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/6/13/AGRG1617680A/jo/texte/fr> (consulté le 08/08/19).

e : Autorisation de mise sur le marché des matières fertilisantes (Arrêté du 21 décembre 1998 : <https://www.anses.fr/fr/system/files/DIVE-ft-Arrete21dec1998.pdf> (consulté le 08/08/19).

Documents pour remplir les conditions administratives et techniques de demande de mise sur le marché disponible : <https://www.anses.fr/fr/content/autorisation-de-mise-sur-le-march%C3%A9-des-mati%C3%A8res-fertilisantes-des-adjuvants-pour-mati%C3%A8res> (consulté le 08/08/19).

f : Règlement (UE) 2019/1009 du Parlement Européen et du Conseil du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise sur le marché des fertilisants UE et modifiant les règlements (CE) n° 1069/2009 et (CE) n° 1107/2009 et abrogeant le règlement (CE) n° 2003/2003 :

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1009&from=EN> (consulté le 08/08/19).

3 Identification des dangers microbiens dans les matières premières d'origine végétale entrant dans la composition des aliments pour animaux

Cette partie résulte de l'analyse des articles issus de la recherche bibliographique (voir Annexe 2, 3 4 et 7).

3.1 Les bactéries

L'ordre de présentation des bactéries est fonction du nombre d'articles issus de la recherche bibliographique traitant de l'agent pathogène. Le tableau présenté en Annexe 7 répertorie les articles issus de la recherche bibliographique telle que définie dans la partie 1.4.2.2, en fonction des agents pathogènes et des matrices étudiés.

3.1.1 *Escherichia coli*

3.1.1.1 Introduction

Escherichia coli est un bacille à coloration de Gram négative, aéro-anaérobie facultatif, appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*. Cette espèce bactérienne appartient au microbiote commensal de l'intestin de l'être humain et des animaux à sang chaud. Les *E. coli* sont majoritairement inoffensifs et sont en relation symbiotique avec l'hôte, mais certaines souches sont devenues pathogènes par l'acquisition de facteurs de virulence leur conférant la capacité à causer des pathologies intestinales ou extra-intestinales. Les *E. coli* pathogènes intestinaux sont classés en sept pathotypes, sur la base des signes cliniques engendrés chez l'être humain et des facteurs de pathogénicité exprimés : *E. coli* entérotoxinogènes (EPEC) ; *E. coli* producteurs de Shiga-toxines (STEC) ; *E. coli* entérotoxinogènes (ETEC) ; *E. coli* entéroinvasifs (EIEC) ; *E. coli* entéroagrégatifs (EAEC) ; *E. coli* adhérents diffus (DAEC) ; *E. coli* adhérents invasifs (AIEC) (Croxen et Finlay 2010, Croxen *et al.* 2013, Gomes *et al.* 2016). Tous ces pathotypes peuvent causer des infections humaines, mais seuls certains posent des problèmes sanitaires chez les animaux d'élevage.

Les **EPEC** sont principalement responsables de diarrhées chez les enfants de moins de deux ans (Croxen *et al.* 2013). Les EPEC sont également responsables de diarrhées chez les bovins (Moxley et Francis 1986), les ovins (De La Fuente *et al.* 2002), les porcs (Malik *et al.* 2006), la volaille (Dutta *et al.* 2011) ou le lapin (Swennes *et al.* 2013).

Les **STEC** sont responsables de pathologies humaines allant d'une diarrhée aqueuse bénigne, à une colite hémorragique pouvant évoluer vers un syndrome hémolytique et urémique (SHU), en particulier chez les jeunes enfants, ou une micro-angiopathie thrombotique chez l'adulte. Les souches STEC isolées chez les malades sont appelées EHEC (*Escherichia coli* entérohémorragiques). A titre d'exemple, en 2017 en France, 164 cas de SHU ont été enregistrés

chez des enfants de moins de 15 ans, la majorité de ces cas étant probablement dus à des STEC⁴⁸. Le principal réservoir de ces souches pathogènes est le ruminant, principalement les bovins, mais aussi caprins et ovins, qui sont porteurs sains. L'être humain est infecté par ingestion de produits animaux contaminés (viande hachée bovine peu cuite, fromages au lait cru des trois espèces de ruminants, etc.), mais aussi d'eau ou de végétaux contaminés par des fèces de bovins. Des contaminations directes par contact avec les animaux ou indirectes par contact avec des pâturages contaminés sont également possibles (Ogden *et al.* 2002, Terajima *et al.* 2017). Notons, à titre d'exemple, la contamination de 93 personnes suite à la visite d'une ferme pédagogique en 2009 au Royaume-Uni (Ihekweazu *et al.* 2012).

Le principal facteur de virulence des STEC est la production des shigatoxines Stx1 et/ou Stx2, codées par les gènes *stx* portés par des phages et dont il existe plusieurs variants. Les souches pathogènes humaines (EHEC) produisent le plus souvent des lésions de type attachement-effacement, dues à l'expression des gènes portés par le locus LEE, qui comprend en particulier le gène *eae*, codant une protéine d'adhésion, l'intimine. La plupart des épidémies et un grand nombre de cas sporadiques sont dus à des STEC du sérotype O157:H7. Toutefois, d'autres sérotypes ont également été incriminés. L'Anses définit des STEC « hautement pathogènes » (STECHP), quand ils possèdent les gènes de virulence *stx1* et/ou *stx2* et *eae* et appartiennent aux sérotypes O157:H7, O26:H11, O145:H28, O103:H2 et O111:H8 (STEC du « top 5 ») (Anses 2011a, 2017d). Notons que les sérogroupes O157 et O26 représentaient près de 50 % des infections humaines à EHEC identifiées en Europe en 2017 (EFSA 2018). Cependant, tous les STEC possédant les gènes de virulence *stx1* et/ou *stx2* et *eae* sont considérés comme pathogènes.

Une étude réalisée en 2010-2011, en France, a montré que plus de 60 % des échantillons de fèces prélevés chez des bovins à l'abattoir contenaient des souches STEC (détection de *stx* par Polymerase Chain Reaction (PCR)) (Bibbal *et al.* 2015). Cette même étude a rapporté des prévalences variant de 1 % (vaches de réforme) à 4,5 % (jeunes bovins laitiers) de STEC du « top 5 », alors que la prévalence des souches O157:H7 variait respectivement de 0,8 % à 2,1 %. Notons également que l'excrétion fécale de STEC par les ruminants est intermittente avec des périodes successives d'excrétion et de non-excrétion. Les quantités d'E. coli O157 excrétées dans les fèces sont généralement faibles (< 10⁴ unité formant colonie (ufc)/g selon (Stephens, McAllister et Stanford 2009)).

Même si les bovins restent la majeure source de contamination humaine par les STEC, les ovins et les caprins ont également été incriminés, et quelques cas de contamination probable par des porcs ont été rapportés (Rowell *et al.* 2016, Trotz-Williams *et al.* 2012).

En France, les professionnels des filières concernées par les produits animaux issus des ruminants (lait cru et viande) ont mis en place des mesures de maîtrise, incluant notamment des auto-contrôles permettant de réorienter les produits lorsqu'une contamination par une souche STECHP est détectée, limitant ainsi les toxi-infections alimentaires dues à ces bactéries. Ces produits font également l'objet de PS/PC. Ainsi, la contamination des produits mis sur le marché en France reste faible, avec présence de STECHP dans 0,1 à 0,3 % des échantillons de viandes hachées de bœuf testés entre 2006 et 2015, et présence de STECHP dans moins de 0,9 % des fromages au lait cru

⁴⁸ invs.santepubliquefrance.fr/content/download/147374/.../4/.../Bilan_SHU_2017.pdf

testés entre 2006 et 2014 (Anses 2017d). Cependant, ces produits animaux restent la principale cause de toxi-infections alimentaires dues aux STEC en Europe en 2017 (EFSA 2018).

Les STEC peuvent également être responsables d'infection chez les animaux. Ils peuvent causer la maladie de l'œdème chez les porcs (Casanova *et al.* 2018), et ont été mis en cause dans certains cas de diarrhées chez les veaux, les chevreaux et les agneaux (De La Fuente *et al.* 2002, La Ragione *et al.* 2009). La volaille est également touchée par des diarrhées à STEC (Dutta *et al.* 2011). Cependant, comme indiqué précédemment, le principal réservoir de ces agents pathogènes est le bovin sain, et la problématique est donc le portage. C'est donc sur le bovin sain que porte la grande majorité des travaux conduits.

Bien que d'autres pathovars d'*E. coli* peuvent causer une variété de pathologies chez l'animal d'élevage, celles-ci ne semblent pas liées à une contamination des animaux *via* l'alimentation, et n'ont pas été identifiées dans la recherche bibliographique.

La quasi-totalité des articles sélectionnés lors de la recherche bibliographique relatifs aux *E. coli* concernaient les STEC. En effet, de nombreux travaux se sont intéressés au rôle de l'alimentation des animaux en tant que source de STEC, et en particulier du sérotype O157. L'intérêt porté aux STEC s'explique à la fois parce que les pathologies humaines dues au STEC peuvent conduire à des syndromes graves et irréversibles, et parce que la détection de ces souches dans les produits animaux (lait cru, viande hachée) conduit à de nombreux rappels ou réorientation de produits. Les STEC représentent ainsi un réel problème de santé publique avec de fortes répercussions économiques pour les filières de production.

3.1.1.2 Présence de STEC dans l'alimentation et transfert aux animaux

E. coli est communément retrouvé dans les aliments pour animaux, qui sont contaminés lors de la fertilisation ou *via* des fèces d'animaux sauvages (Maciorowski *et al.* 2007). Cependant, la prévalence et le niveau de contamination en *E. coli*, et en particulier de sérotype O157, des aliments pour animaux est très faible (Davis *et al.* 2003, Lynn *et al.* 1998). Néanmoins, dans la bibliographie, les aliments restent une source identifiée de contamination des animaux, et donc potentiellement de l'être humain (Davis *et al.* 2003). Toutefois, il semble que la majeure part de ces contaminations des aliments se fasse à la ferme (Hancock *et al.* 2001).

3.1.1.2.1 *Détection d'E.coli et de STEC dans les aliments pour animaux*

Dans une étude américaine, 209 échantillons d'aliments pour bovins (fourrage sec, fourrage humide, grains, oléagineux, minéraux, mélanges) ont été testés, provenant de différentes sources commerciales et de fermes : 30 % de ces échantillons contenaient des *E. coli*, mais aucun n'était positif pour *E. coli* O157 (Lynn *et al.* 1998). Dans une autre étude, 2 365 aliments ont été échantillonnés dans des fermes aux Etats-Unis dont quatre étaient positifs pour *E. coli* O157 (0,2 %), et 226 aliments à l'usine dont un seul était positif pour *E. coli* O157 (0,4 %) (Davis *et al.* 2003). D'autres auteurs détectent également la présence de *E. coli* O157 dans 0,5 % des aliments à l'arrivée à la ferme (Hancock *et al.* 2001). Une présence beaucoup plus élevée en *E. coli* O157 (15 %) a été retrouvée lors d'analyses de divers aliments prélevés à la ferme (Dodd *et al.* 2003). Dans ce cas, la contamination des aliments est probablement due aux bovins (*via* la salive ou les fèces), ou à des nuisibles présents dans l'élevage, les oiseaux, rongeurs ou insectes étant porteurs

de ces bactéries (Dodd *et al.* 2003, Ferens et Hovde 2011, Khamesipour *et al.* 2018). De plus, les conditions de stockage de l'aliment à la ferme impactent de façon importante sa qualité hygiénique (LeJeune *et al.* 2006). Les STEC persistent donc dans l'environnement de la ferme, ce qui conduit à la recontamination des animaux, mais la circulation des souches dans l'environnement de la ferme reste encore mal connue.

Notons que certains auteurs aux Etats-Unis démontrent que les coliformes ne sont pas un bon indicateur de la présence de *E. coli* O157 dans l'aliment (Sanderson *et al.* 2005). Par ailleurs, l'inoculation expérimentale d'aliments commerciaux pour bovins par des *E. coli* O157:H7 montre que le couple temps/température utilisé classiquement pour la granulation n'est pas suffisant pour éliminer ces bactéries de l'aliment (Hutchison, Thomas et Avery 2007).

Notons par ailleurs que des *E. coli* O157:H7 ont également été détectés dans des aliments pour porc et volaille, au niveau de la ferme (Doane *et al.* 2007).

3.1.1.2.2 *Ensilage*

Les *E. coli* O157:H7 peuvent être retrouvés dans les ensilages, une des sources de contamination possibles étant l'épandage de lisiers contaminés lors de la culture du végétal qui sera ensilé (Weinberg *et al.* 2004). Les conditions très acides et anaérobies strictes du silo ne sont pas favorables à la croissance des STEC. Cependant, une mauvaise fermentation de l'ensilage (faible acidification) peut conduire à la survie de STEC dans le silo, et donc à la contamination des animaux. Par ailleurs, à l'ouverture du silo, l'air pénètre dans l'ensilage, conduisant à une augmentation du pH qui peut permettre une survie des STEC (Driehuis *et al.* 2018).

La majorité des travaux publiés a analysé le devenir de souches d'*E. coli* O157 inoculées à des mini-silos réalisés en laboratoire. Des souches d'*E. coli* O157:H7 inoculées à des mini-silos d'orge, de maïs ou d'herbe ne survivent pas à plusieurs jours d'ensilage correctement conduit (acidification à pH = 4) (Avery, Moore et Hutchison 2004, Bach *et al.* 2002, Byrne *et al.* 2002, Pedroso *et al.* 2010). De même, une souche d'*E. coli* O26 inoculée à des mini-silos de maïs n'a pas survécu après cinq jours d'ensilage (Dunière *et al.* 2011). Différents travaux montrent que lorsque l'ensilage subit une détérioration aérobie, les *E. coli* O157 (ou O26) survivent, voire se développent (Dunière *et al.* 2011, Fenlon *et al.* 2000, Fenlon et Wilson 2000, Ogunade *et al.* 2017, Ogunade *et al.* 2016, Pedroso *et al.* 2010). L'incorporation de bactéries lactiques dans l'ensilage semble limiter la survie des STEC, même en cas d'oxygénation (Ogunade *et al.* 2017, Ogunade *et al.* 2016, Queiroz *et al.* 2018).

Il est important de souligner que tous ces travaux ont été conduits sur des mini-silos de laboratoire, avec des niveaux d'inoculation en STEC importants, qui ne reflètent pas forcément la contamination de silos à la ferme. *A contrario*, les silos de laboratoire sont parfaitement contrôlés, en particulier pour ce qui concerne les conditions d'aération, alors que les silos à la ferme peuvent être sujets à une pénétration d'air et à une contamination au désensilage (Driehuis *et al.* 2018).

3.1.1.2.3 *Pâturages*

Un nombre important de travaux s'est intéressé à la contamination des sols lorsque les bovins sont au pâturage, et donc à la survie d'*E. coli* potentiellement pathogènes présents dans les bouses déposées sur les pâturages. En effet, ces bactéries peuvent ainsi se retrouver sur la partie aérienne

des végétaux ou contaminer leurs racines et ainsi recontaminer d'autres animaux. Ils peuvent également se retrouver dans les cours d'eau suite à des épisodes pluvieux.

Ainsi, différents travaux ont analysé la survie des STEC inoculés à des bouses ou des sols dans des conditions de laboratoire ou des conditions naturelles (sur des pâturages), et tous concluent à une forte persistance de ces souches dans ces conditions. Les divers sérogroupes de STEC (O157 et non-O157) peuvent persister sur de longues périodes (plusieurs mois) dans les fèces des animaux ou sur les sols, les différences de persistance observées pouvant être dues à des différences de conditions climatiques, de composition des sols ou à des propriétés intrinsèques aux souches (Bolton *et al.* 1999, Bolton *et al.* 2011, Fenlon et Wilson 2000, Islam *et al.* 2004, Jones 1999). La survie, sur des sols pâturés par des ovins, d'une souche *E. coli* O157 naturellement présente et ayant causé une épidémie humaine, a été estimée à environ 100 jours (Ogden *et al.* 2002). Cependant, le pâturage ne semble pas constituer un réservoir de ces souches après un an (Schouten *et al.* 2009).

Peu de travaux sont relatifs à des contaminations naturelles des pâturages par des STEC. En Irlande, des souches STEC appartenant à différents sérogroupes non-O157 (incluant les sérotypes O26:H11 et O145:H28) ont été isolées à partir d'échantillons de pâturages provenant de sept fermes sur les 20 échantillonnées, démontrant la présence effective de ces souches sur les pâturages (Bolton *et al.* 2011).

Par ailleurs, de nombreux travaux ont étudié et modélisé le devenir de souches *E. coli* sur les pâturages puis dans l'eau (Martinez *et al.* 2013, Moriarty *et al.* 2011, Oliver *et al.* 2010). Une survie importante d'*E. coli* naturellement présents dans des fèces de bovins, ovins et porcs est mesurée sur des pâturages (30 à 60 jours) (Avery, Moore et Hutchison 2004, Sinton *et al.* 2007). Ceci a conduit certains auteurs à proposer que cette espèce soit utilisée comme marqueur de la contamination fécale (Sinton *et al.* 2007). Cependant, des travaux ont montré que les *E. coli* présents dans les fèces de bovins sont phylogénétiquement différents des *E. coli* présents naturellement dans les sols des pâturages, suggérant que la simple identification de l'espèce *E. coli* n'est pas un bon marqueur de contamination fécale des sols (Nandakafle *et al.* 2017, Texier *et al.* 2008).

3.1.1.2.4 *Epannage de lisier, fumiers et eaux usées*

De nombreux travaux ont étudié la persistance de souches de STEC suite à un épandage sur différentes cultures de fumiers, lisiers ou eaux contaminés. En effet, il a été montré que des végétaux cultivés sur des sols contaminés par des STEC peuvent se contaminer (Islam *et al.* 2004), les plantes étant capables d'internaliser ces souches *via* leurs racines à partir des sols (Solomon, Yaron et Matthews 2002).

E. coli O157 survit moins d'un mois dans les fumiers stockés (du fait d'une température >55°C dans ces fumiers) ou épandus sur des terres, alors que la survie est de plus de trois mois dans des eaux usées ou des lisiers (McGee *et al.* 2001, Nicholson, Groves et Chambers 2005). Cependant, des champs sur lesquels ont été épandus des lisiers contaminés naturellement et faiblement par *E. coli* O157 (30 ufc/mL) ne présentent plus aucun *E. coli* O157 détectable par culture, après une semaine (Fenlon et Wilson 2000).

Dans une étude, les déchets de six fermes ont été analysés au cours d'une année au Royaume-Uni : 7 % des 878 échantillons comportaient des *E. coli* O157 alors que 75 % de ces échantillons étaient positifs pour *E. coli*, les niveaux détectés étant plus importants dans les déjections fraîches que dans les déchets stockés, les eaux souillées ou les pâturages (Smith *et al.* 2009). D'autres

auteurs étudient la persistance de souches STEC non-O157:H7 inoculées à des fumiers (à 10^7 ufc/g), et détectent les souches à 42 et 90 jours dans les fumiers retournés et non-retournés, respectivement, démontrant une grande persistance de ces souches (Fremaux *et al.* 2007). Ces résultats soulignent l'importance du stockage et du traitement des déchets (dont le retournement des fumiers) avant épandage pour réduire le risque STEC.

La persistance des souches pathogènes d'*E. coli* dans les lisiers et fumiers et dans les sols amendés semble donc limitée dans le temps, mais dépend surtout des concentrations de départ. Les concentrations en STEC pathogènes dans les déjections animales devraient néanmoins être faibles d'après les données de la littérature (10^4 à 10^5 ufc/g de fèces pour les STEC en France sur des troupeaux au pâturage ; $<10^4$ ufc/g pour un animal excréteur de *E. coli* O157) (Fremaux *et al.* 2010). Celles-ci seront de plus diluées dans les fumiers lors du mélange avec des déjections ne contenant pas de STEC pathogènes.

Des informations complémentaires sur les risques microbiens liés à l'épandage des matières fertilisantes organiques sont consultables en Annexe 5 du rapport.

3.1.1.3 Faune sauvage

La présence des STEC a également été recherchée dans les fèces de la faune sauvage, et ces bactéries ont été mises en évidence chez le sanglier, divers oiseaux, le renard et des ruminants sauvages (cerf, chevreuil, mouflon) (Alonso *et al.* 2017, Mora *et al.* 2012). La prévalence des souches STEC peut-être élevée dans certains cas (plus de 50 % chez le chevreuil dans une étude en Espagne (Mora *et al.* 2012)), mais les souches STECHP des cinq sérotypes majeurs ne représentent qu'un faible pourcentage de ces STEC (3 à 6 % selon les études (Alonso *et al.* 2017, Mora *et al.* 2012)). Des cas sporadiques ou groupés d'infections humaines à STEC ont cependant été attribués à la consommation de gibier ou de fruits contaminés par des fèces d'animaux sauvages (Laidler *et al.* 2013, Rounds *et al.* 2012). Une étude a rapporté la transmission de souches STEC entre ruminants domestiques et sauvages qui partageaient un espace pâturé, suggérant qu'une transmission inter-spécifique peut contribuer à la circulation de ces souches dans l'environnement et dans les troupeaux (Singh *et al.* 2015). La question se pose donc quant au rôle de la faune sauvage dans la circulation des STEC dans l'environnement et leur transmission aux ruminants domestiques.

Concernant les *E. coli*, le principal risque identifié dans la recherche bibliographique en relation avec les aliments d'origine végétale pour animaux est les *E. coli* producteurs de Shiga-toxine (STEC). Le réservoir de ces souches est le ruminant, la contamination d'autres espèces animales par des souches STEC potentiellement pathogènes pour l'être humain étant anecdotique. Les STEC représentent un danger pour l'être humain, les infections pouvant conduire à des pathologies graves. Ils ne représentent pas un danger notable pour les animaux de production, qui sont essentiellement porteurs sains. Les aliments pour animaux peuvent se retrouver contaminés, mais cette contamination semble se produire majoritairement à la ferme où les souches STEC circulent, *via* la litière, les animaux d'élevage ou la faune sauvage. L'ensilage ne présente pas de risque concernant les STEC s'il est bien conduit, mais la présence de STEC reste possible en cas de défaut d'acidification ou de présence d'oxygène. Les pâturages peuvent être une source de STEC, ces bactéries pouvant persister plusieurs mois sur les sols. L'épandage de fumiers et de lisiers contaminés ne devrait pas être source de contamination des matières premières végétales si la gestion de ces matières organiques fertilisantes respecte la réglementation et les guides de bonnes pratiques, en particulier pour ce qui concerne les délais d'attente.

3.1.2 *Listeria monocytogenes*

3.1.2.1 Généralités

Listeria monocytogenes est un bacille à coloration de Gram positive responsable d'infections sévères, généralement d'origine alimentaire, chez l'être humain et chez de nombreux animaux. Les listérioses humaines se présentent sous deux formes : l'une non invasive dont les signes cliniques sont caractéristiques des gastroentérites (fièvres, diarrhées, vomissement), et l'autre, invasive, touchant plus particulièrement les personnes âgées ou immunodéficientes, ainsi que les femmes enceintes. Cette forme invasive s'exprime sous la forme de méningites, d'encéphalites ou de septicémies. Elle est associée à des taux de mortalité atteignant 20 à 30 %, ce qui place *Listeria monocytogenes* parmi les agents pathogènes alimentaires les plus dangereux dans les pays développés. La majorité des cas de listériose humaine est associée à la consommation de produits laitiers ou de charcuteries contaminés, mais des poissons fumés, des coquillages crus ou encore des végétaux sont également parfois incriminés. Des cas rares de transmission directe à l'être humain ont été observés chez des vétérinaires ou des fermiers, après leur participation à la mise bas d'animaux infectés ou lors d'avortements liés à une listériose (Anses 2011c).

Listeria monocytogenes est également un agent pathogène des ruminants, chez lesquels elle provoque des troubles nerveux, des avortements, voire des septicémies, avec des taux de mortalité pouvant atteindre les 100 % (Anses 2012b). L'espèce *Listeria ivanovii* est aussi occasionnellement responsable d'encéphalites chez les ruminants (Brugère-Picoux 2008). Chez ces animaux, la majorité des cas de listériose survient après l'ingestion d'aliments contaminés. Concernant la faune sauvage, l'ONCFS⁴⁹ indique que les lièvres et les lapins sont très sensibles à *Listeria sp.*, alors que les oiseaux sont plutôt des porteurs sains.

L'épidémiologie des listérioses humaines et animales est directement liée à l'écologie particulière de *Listeria monocytogenes*. Une caractéristique importante de cette bactérie est sa capacité à croître dans une large gamme de température (de 0 à 45°C) et de pH (4,3 à 9,5) (Anses 2011c). Sa grande tolérance aux conditions de stress permet également à cette bactérie de survivre même dans des environnements où elle ne peut pas se multiplier. Une étude met en évidence la survie pendant au moins 84 jours de *L. monocytogenes* dans 71 échantillons de sol, sur 100 échantillons testés, représentatifs du territoire français (Locatelli *et al.* 2013). Cette bactérie est très largement répandue dans l'environnement, et notamment retrouvée dans les sols, les eaux de surface, les matières fécales humaines et animales ou encore les végétaux en décomposition (Ivanek, Gröhn et Wiedmann 2006).

⁴⁹ <http://www.oncfs.gouv.fr/IMG/pdf/Listeriose.pdf> (consulté le 08/08/19).

3.1.2.2 Présence de *Listeria monocytogenes* dans les aliments pour animaux

3.1.2.2.1 *Ensilage et enrubannage*

L'examen de la littérature concernant la présence de *Listeria monocytogenes* dans les aliments pour animaux montre que les ensilages sont, de loin, les aliments les plus souvent contaminés à haut niveau, et donc ceux représentant le plus grand risque d'exposition directe pour les animaux et indirecte pour les humains. L'observation d'un lien entre la consommation d'ensilage et la survenue d'encéphalites chez des moutons a été rapportée dès 1940 par Olafson, sans toutefois qu'un agent étiologique ne soit formellement identifié (Olafson 1940). Dans des fermes produisant des fromages au lait cru, d'autres auteurs mettent en évidence une corrélation entre la prévalence de *Listeria monocytogenes* chez des chèvres et moutons et dans leur environnement, et la consommation d'ensilage (Schoder *et al.* 2011). Cette étude montre que l'isolement de *Listeria monocytogenes* est de trois à sept fois plus fréquent dans les fermes où les animaux consomment de l'ensilage toute l'année que dans les fermes où les animaux n'en consomment pas.

L'épidémiologie de *Listeria monocytogenes* dans l'environnement d'élevage est toutefois mal connue, et il est le plus souvent impossible d'objectiver le lien entre des ensilages contaminés et la présence de *Listeria monocytogenes* chez les animaux. Une étude rapporte l'isolement de souches de *Listeria monocytogenes* présentant les mêmes sérotypes et types électrophorétiques des isoenzymes (*Multilocus Enzyme Electrophoresis*), à la fois dans de l'ensilage et dans les fèces des bovins l'ayant consommé (Fenlon, Wilson et Donachie 1996). Dans cette étude, l'excrétion de *Listeria monocytogenes* est observée chez environ 30 % des animaux dès lors qu'ils ont commencé à consommer l'ensilage contaminé et celle-ci dure jusqu'à deux mois après la fin de sa consommation.

Une autre étude, présentant des données de typage moléculaire (ribotypage), montre une importante diversité des *Listeria monocytogenes* présentes au sein d'un troupeau de vaches laitières suivi pendant moins de 100 jours (Ho *et al.* 2007). Des souches présentant une vingtaine de ribotypes distincts sont identifiées dans les excréments des animaux, et plusieurs ribotypes sont parfois identifiés chez un même animal. Des épisodes d'excrétion d'une même souche sont observés chez plusieurs animaux, généralement le jour même de la consommation de l'ensilage contaminé par cette souche, ou plus rarement dans les deux à quatre jours suivants. Les auteurs notent que, parmi les ribotypes communément isolés des fèces et des ensilages, certains sont également identifiés lors d'infections humaines.

Du fait de sa grande tolérance aux conditions stressantes, *Listeria monocytogenes* peut survivre durant de longues périodes dans des ensilages de bonne facture, c'est-à-dire en conditions d'anaérobiose et à bas pH (< 4). Des auteurs rapportent par exemple l'isolement de *Listeria monocytogenes* dans des ensilages de pulpes d'orange à pH 2,7 (Caro *et al.* 1990). *Listeria monocytogenes* est généralement indétectable ou présente à bas niveau (de l'ordre de 10^2 ufc/g) dans les ensilages, mais à la faveur de défauts de fabrication entraînant une détérioration aérobie, elle peut proliférer et atteindre des concentrations de 10^6 ufc/g d'ensilage (Fenlon et Wilson 1989). En effet, la présence accidentelle d'oxygène dans l'ensilage permet à une flore aérobie de se développer et d'élever le pH à des valeurs (> 4,5-5) auxquelles la croissance de *Listeria monocytogenes* devient possible (Driehuis *et al.* 2018). Le lien entre le pH de l'ensilage et la présence de *Listeria monocytogenes* apparaît par exemple dans une étude menée dans des élevages laitiers en Espagne : *Listeria monocytogenes* est détectée dans 29,5 % des ensilages à

pH supérieur à 4,5 (donc de faible qualité), contre 6,2 % dans les ensilages à pH inférieur (Vilar *et al.* 2007).

En comparaison à l'ensilage, l'enrubannage est encore plus favorable au développement de *Listeria monocytogenes*, du fait d'une densité inférieure favorisant la formation de « poches aérobies » et d'un pH plus élevé (Queiroz *et al.* 2018). Les films plastiques des balles (généralement quatre à six couches) sont par ailleurs particulièrement sensibles aux dégâts mécaniques, qui permettent l'infiltration d'air et donc une détérioration aérobie en surface du fourrage enrubanné (Nucera *et al.* 2016). Une étude rapporte une incidence de *Listeria monocytogenes* de 26 % dans des balles d'enrubanné (sept échantillons positifs sur 27), mais s'élevant à 40 % (6/15) dans les balles présentant des signes de moisissures ou de pourriture et un pH anormalement élevé (supérieur à 7,3) (Fenlon 1985).

3.1.2.2 Autres aliments pour animaux

Listeria monocytogenes peut également être présente dans d'autres aliments ou matières premières comme le foin, les aliments concentrés (céréales, graines oléagineuses) ou les « mix minéraux » (Biswas *et al.* 2016, Husu 1990). Le niveau de contamination est toutefois bien moindre que dans les ensilages défectueux. Ces aliments ne présentent donc probablement pas de danger direct pour les animaux, même s'ils peuvent participer à la présence à bas niveau de *Listeria monocytogenes* dans leur microbiote intestinal, et donc au cycle de contamination dans l'environnement des élevages.

L'excrétion de *Listeria monocytogenes* par les animaux est directement liée à leur type d'alimentation : des animaux nourris exclusivement de foin ou d'aliments composés excrètent rarement *Listeria monocytogenes*, ou à des niveaux faibles ou indétectables, alors que des animaux nourris avec de l'ensilage excrètent fréquemment la bactérie, et parfois à des niveaux élevés (Fenlon, Wilson et Donachie 1996). La prévalence de *Listeria monocytogenes* est également plus faible dans les fèces des ruminants mis à l'herbe (pâturage) que dans ceux des animaux recevant de l'ensilage (Santorum *et al.* 2012).

La présence de *Listeria monocytogenes* dans les aliments composés est très peu étudiée. Fenlon *et al.* (1996) n'en détectent pas dans des aliments composés destinés à des porcs et des volailles. Ils estiment que ces aliments, souvent soumis à des traitements par la chaleur et dont le niveau d'activité de l'eau⁵⁰ est faible, ne sont pas des matrices permettant la croissance, ni même la survie à long terme de *Listeria monocytogenes*. Selon ces mêmes auteurs, les traitements thermiques visant à éliminer les salmonelles réduisent significativement les niveaux de contamination par d'autres bactéries dangereuses, y compris *Listeria monocytogenes*, pourtant réputée plus résistante à la chaleur que les salmonelles (Fenlon, Wilson et Donachie 1996).

Chez les porcs, la listériose clinique est rare, mais le portage asymptomatique est fréquent, notamment chez les porcs nourris avec de la soupe fabriquée à la ferme. Une étude montre que des porcs nourris avec de la soupe excréteraient *L. monocytogenes* dans 25 à 50 % des cas, contre 2 %

⁵⁰ a_w = activity of water, paramètre mesurant l'eau libre disponible pour la croissance de microorganismes.

des porcs nourris avec des granulés secs (Beloil *et al.* 2003). Cette différence serait due à l'absence de traitement thermique des soupes (contrairement aux granulés) et à l'activité de l'eau qui permettrait une multiplication importante de *L. monocytogenes*. L'origine des bactéries pourrait être les matières premières et notamment les céréales utilisées pour fabriquer la soupe, les installations de fabrication étant par la suite des « réservoirs » potentiels de ces bactéries du fait de la formation de biofilm (Beloil *et al.* 2003, Corrége et Minvielle 2013).

3.1.2.2.3 Origine de *Listeria monocytogenes* présente dans les aliments pour animaux

Il est probable que les environnements des élevages, entendus au sens large, soient continuellement contaminés par *Listeria monocytogenes*, au moins à bas niveau, selon un schéma cyclique (Santorum *et al.* 2012). Cette contamination due aux déjections des animaux peut être directe dans les bâtiments d'élevage ou au champ, ou indirecte lorsqu'elle est liée à l'épandage d'effluents d'élevage (fumier, lisier) utilisés comme amendement ou engrais sur les pâtures des animaux ou sur les cultures dont seront issus leurs aliments. En effet, les parcelles cultivées en fourrages destinés à l'ensilage sont souvent le lieu d'épandage de lisiers eux même contaminés, puisqu'issus des fèces d'animaux excréant *Listeria monocytogenes* (Ho *et al.* 2007). Lorsque ces MAFOR ne sont pas traitées avant épandage, le risque de contamination par des bactéries pathogènes comme *Listeria monocytogenes* est élevé. Le niveau de contamination initial (avant fermentation) de l'ensilage est d'ailleurs plus important si de la terre est accidentellement ensilée avec le fourrage, par exemple si celui-ci est fauché trop près du sol (Brugère-Picoux 2008). D'autres auteurs rapportent que *Listeria monocytogenes* est toutefois rarement détectable dans l'herbe en croissance ou dans d'autres végétaux avant leur ensilage (Fenlon, Wilson et Donachie 1996). Pourtant, les *Listeria* présentes à bas niveau dans les végétaux récoltés et ensilés sont probablement celles qui prolifèrent lorsque l'ensilage est mal conduit. L'enrichissement en *Listeria monocytogenes* dans les ensilages défectueux peut alors provoquer des listérioses chez les animaux qui les consomment, ou augmenter le niveau d'excrétion de ces bactéries et ainsi renforcer le cycle de contamination local. Quelques études identifient également les oiseaux sauvages (mouettes, corbeaux, pigeons, moineaux) comme des voies d'introduction possibles de *Listeria monocytogenes* dans les aliments pour animaux, sur les pâtures, sur les végétaux destinés à l'ensilage ou même directement sur des aliments stockés (Fenlon 1985, Garcia *et al.* 1996). Bien qu'aucune étude ne le démontre, les rongeurs pourraient être également des vecteurs d'introduction de *Listeria monocytogenes* en élevage. En effet, une étude menée en Chine met en évidence la présence de diverses espèces de *Listeria*, dont *L. monocytogenes*, dans environ 10 % des échantillons fécaux de rongeurs sauvages (Wang *et al.* 2015).

3.1.2.3 Détection et mesures de maîtrise

Compte-tenu du caractère ubiquiste de *Listeria monocytogenes*, sa présence à bas niveau dans les environnements des élevages est probablement inévitable, puisqu'entretenu par l'excrétion des animaux. La survie de *Listeria monocytogenes* dans l'environnement et le caractère asymptomatique des infections chez la plupart des animaux aboutit à des contaminations à long terme des environnements d'élevage. Il semble dès lors plus réaliste d'éviter les conditions permettant l'enrichissement de ces bactéries jusqu'à des niveaux qui présentent un danger direct pour les animaux et augmentent le risque de contamination des productions destinées à l'être humain.

L'ensilage et les fourrages enrubannés défectueux étant clairement les matrices d'enrichissement les plus favorables à *Listeria monocytogenes*, un levier d'action serait de sensibiliser les éleveurs à l'importance des bonnes pratiques de leur fabrication, et de les inciter à la vigilance concernant ces aliments à risque (Afssa 2004). La présence de zones moisies dans les ensilages classiques ou les fourrages enrubannés est le signe d'une dégradation aérobie, et doit donc alerter quant à une prolifération possible de *Listeria monocytogenes* (Nucera *et al.* 2016).

Afin de limiter les cycles de contamination au sein des élevages, certains auteurs proposent de traiter les lisiers avant leur épandage sur des parcelles destinées à produire de l'ensilage (Santorum *et al.* 2012). Par ailleurs, la protection des stocks d'aliments (ensilages ou autres) vis-à-vis d'éventuels vecteurs d'introduction exogènes comme les rongeurs ou les oiseaux doit faire l'objet de vigilance. Concernant la santé des animaux, cette vigilance est particulièrement importante chez les ovins, qui sont plus sensibles aux listérioses que les bovins. Une étude rapporte par exemple le cas d'un ensilage défectueux contaminé par *Listeria monocytogenes* à hauteur de 10^5 ufc/g, responsable d'une épidémie de listériose chez des moutons, mais pas chez des vaches (Wagner *et al.* 2005).

La recherche systématique de *Listeria monocytogenes* en élevage semble peu pertinente, mais sa recherche ponctuelle peut présenter un intérêt, par exemple lors d'investigations épidémiologiques visant à identifier la source d'une contamination alimentaire humaine. Les ensilages et fourrages enrubannés semblent alors être les matrices présentant le plus grand intérêt. Toutefois, dans une étude réalisée dans des fermes de production laitière en Irlande, les auteurs montrent que les ensilages ne sont pas toujours positifs à *Listeria monocytogenes*, y compris dans des fermes où d'autres types de prélèvements environnementaux (fèces, ruissellements de surface, parcours, poussières, etc.) sont en revanche contaminés (Fox *et al.* 2009). D'autres auteurs constatent que dans certains élevages laitiers où l'hygiène n'est pas optimale, *Listeria monocytogenes* est détectée dans quasiment tous les types de prélèvements, dont le lait, alors que dans les fermes classées « propres », sa présence est généralement circonscrite à l'aliment des animaux (Husu *et al.* 1990). Ces deux études soulignent l'importance des pratiques générales d'hygiène à la ferme pour réduire le risque d'introduction de *Listeria monocytogenes* dans la chaîne alimentaire.

Une autre étude montre que la recherche de *Listeria monocytogenes* dans les fèces des ruminants doit être menée avec discernement (Ho *et al.* 2007). En effet, lors d'un suivi longitudinal dans un élevage laitier, ces auteurs notent une grande variabilité à court-terme (d'un jour sur l'autre) de l'excrétion fécale de *Listeria monocytogenes* par les animaux. L'ensilage semble donc être une matrice plus pertinente pour la recherche de *Listeria monocytogenes* car moins variable dans le temps que les fèces des animaux.

Listeria monocytogenes est un danger pour l'être humain et pour les ruminants ; d'autres espèces de *Listeria*, comme *L. ivanovii* sont des dangers pour les ruminants. Le danger représenté par *Listeria spp.* pour la faune sauvage est peu documenté, mais les lagomorphes, dont la sensibilité est connue, pourraient être impactés.

Listeria monocytogenes est une bactérie ubiquiste fréquemment présente dans l'environnement des fermes du fait de l'excrétion des animaux, qui représente probablement la source principale d'introduction de cette bactérie dans les aliments. Les fourrages ensilés ou enrubannés sont les aliments des animaux les plus souvent contaminés. Ces matrices alimentaires peuvent être très favorables au développement de *Listeria monocytogenes*, en particulier dans les cas de fabrication défectueuse. L'enrubannage est une pratique récente qui se développe et peu de données sont

disponibles dans la bibliographie mais par ses caractéristiques physico-chimiques, l'enrubannage semble être une technique à surveiller. Outre l'importance de respecter les bonnes pratiques de fabrication de ces aliments, des défauts apparents, comme la présence de moisissures, doivent alerter quant à une contamination possible par *Listeria monocytogenes* et éventuellement motiver la recherche de cette bactérie.

Les matières premières non traitées, comme certains aliments concentrés, peuvent être aussi des voies d'introduction de *Listeria monocytogenes* dans les élevages de ruminants. Les soupes données aux porcs, où peut croître *Listeria monocytogenes* parfois apportée par des matières premières non traitées, sont également des aliments devant faire l'objet de vigilance.

3.1.3 *Salmonella* spp.

3.1.3.1 Généralités sur *Salmonella* spp

Les salmonelles sont des bacilles à coloration de Gram négative, généralement mobiles. Le genre *Salmonella* appartient à la famille des *Enterobacteriaceae* et comporte deux espèces (*S. enterica* et *S. bongori*), la première étant elle-même divisée en six sous-espèces (*enterica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae* et *indica*) sur la base de critères phénotypiques. Le sérotypage, basé sur la caractérisation des antigènes somatiques (O) et flagellaires (H), permet le classement des sous-espèces en sérotypes (ou sérovars). L'ensemble des sérotypes connus (plus de 2 600) est répertorié au sein du schéma Kauffmann-White-Le Minor. Selon certains auteurs, près de 60 % de ces sérotypes appartiennent à l'espèce *S. enterica* subsp. *enterica* causant 99 % des infections salmonelliques chez l'être humain et les animaux à sang chaud (Brenner *et al.* 2000). Les autres sous-espèces et *S. bongori* se retrouvent principalement chez les animaux à sang froid et dans l'environnement. **Dans ce rapport, tous les sérotypes, sauf exception, seront dénommés indifféremment sous l'appellation *Salmonella* spp.**

De plus, certains sérotypes (*S. Typhi* et *S. Paratyphi* A, B et C) sont à l'origine des fièvres typhoïdes dont l'être humain est, aujourd'hui, l'unique réservoir connu. La transmission se réalise essentiellement de personne à personne ou lors de la consommation d'eau ou d'aliments contaminés par des selles de personnes infectées. **En conséquence, ceux-ci ne seront pas pris en considération dans ce rapport.**

Les sérotypes non typhiques sont responsables, dans certaines conditions, d'une maladie infectieuse engendrant des syndromes gastroentériques. L'importance relative de la transmission, par voie alimentaire, de l'infection à *Salmonella* spp. est très élevée (91 % à 96 %), résultant principalement de la consommation d'aliments contaminés d'origine animale, crus ou insuffisamment cuits, ainsi que de la consommation de fruits frais et de légumes crus (Van Cauteren 2016). La transmission des salmonelles non-typhiques à l'être humain peut être également directe, interhumaine ou par contact avec des animaux infectés. Le réservoir principal de ces salmonelles non typhiques est le tractus gastro-intestinal des animaux à sang chaud : les mammifères (porcs, bovins, rongeurs, animaux de compagnie), les oiseaux sauvages et domestiques. Certaines souches peuvent également être isolées à partir d'autres sources, telles que les animaux à sang froid (reptiles, tortues, mollusques et poissons). Le réservoir animal constitue donc la principale source du danger, les animaux, sauvages ou domestiques, étant les plus fréquemment porteurs sains de ces bactéries. En conséquence, les salmonelles présentes dans les matières fécales de ces animaux, dans les effluents d'élevage et dans les eaux usées, peuvent contaminer les

pâturages, les sols et l'eau et y survivre pendant plusieurs mois. L'environnement peut ainsi devenir une source de danger et alimenter les réservoirs principaux.

Les données établies par le Centre National de Référence (CNR *E. coli*, *Shigella*, *Salmonella*), pour la période 2000-2016, (Annexe 8) soulignent non seulement la prépondérance d'isolement de certains sérotypes tels que *S. Typhimurium*, son variant monophasique et *S. Enteritidis*, mais également la grande diversité des sérotypes à l'origine des cas de salmonelloses humaines.

Bien que les salmonelloses animales se manifestent, dans la plupart des cas, sous la forme d'un portage asymptomatique, quelques épisodes cliniques peuvent apparaître, le plus souvent liés à certains sérotypes plus fréquemment retrouvés chez certaines espèces animales. Des différences peuvent également être notées en termes de symptomatologie et de sévérité selon les sérotypes, voire selon les souches.

Concernant les filières avicoles, l'infection à *Salmonella* spp. est essentiellement digestive, la plupart des sérotypes se limitant à coloniser le tractus intestinal, généralement sans symptômes apparents. Cependant, les biovars Gallinarum et Pullorum, du sérotype *S. Gallinarum*, sont responsables de la typhose et de la pullorose chez les volailles. Les symptômes observés sont caractéristiques d'une atteinte septicémique chez les jeunes et chez les oiseaux plus âgés. Chez les volailles reproductrices, la maladie peut être bénigne, voire inapparente, avec souvent une simple diminution des taux de ponte et d'éclosabilité (Dia *et al.* 2012). Ces deux maladies spécifiques aux espèces avicoles, sont inscrites en tant que dangers sanitaires de deuxième catégorie, mais n'ont pas d'incidence significative en santé publique.

Dans la filière bovine, les études bibliographiques soulignent l'importance de *S. Typhimurium* et de *S. Dublin* dans les cas de salmonelloses digestives et abortives. Ainsi, une étude menée par le Réseau d'épidémiologie-surveillance des salmonelloses bovines a montré qu'en 2006, l'incidence des salmonelloses cliniques digestives dans des cheptels bovins était estimée à 0,1 %, le sérotype *S. Typhimurium* étant majoritairement identifié (Chazel *et al.* 2007).

Enfin, chez le porc, les sérotypes *S. Typhimurium* et *S. Derby* sont souvent décrits comme pouvant être responsables de manifestations cliniques telles des diarrhées associées à de l'hyperthermie, pendant la période de postsevrage et d'engraissement (Denis *et al.* 2009, Kerouanton *et al.* 2007). Pour *S. Derby*, il convient de noter que ce sérotype figure régulièrement parmi les 10 retrouvés dans les cas de salmonelloses humaines, atteignant même la 5^{ème} position en 2015, avec 215 cas recensés (Annexe 8).

3.1.3.2 Présence de *Salmonella* spp dans l'alimentation animale et transfert aux animaux

3.1.3.2.1 *Matières premières et aliments composés*

Cette partie a été élaborée à partir du rapport Anses SALAN⁵¹ dont l'une des questions posées dans le cadre de la saisine 2016-SA-0029, portait sur l'évaluation, au regard de la situation épidémiologique actuelle dans les élevages français, du rôle de l'alimentation animale comme source d'introduction de *Salmonella* spp. dans les élevages et par voie de conséquence comme

⁵¹ Rapport d'expertise collective CES « Alimentation animale » GT « *Salmonella* spp. en alimentation animale », avril 2018, 152p.

source de contamination des denrées alimentaires pour les différentes filières animales (volailles, ruminants, porcins) (Anses 2018a).

Les éléments de réponse à cette question provenaient principalement des bilans des actions françaises de surveillance, menées entre 2009 et 2015 (Laboratoire National de Référence et Réseau *Salmonella* de l'Anses, données Oqualim⁵² et PS/PC de la DGAL et de la DGCCRF), ainsi que de la littérature scientifique dont les résultats concernaient majoritairement des situations épidémiologiques observées au-delà de l'Europe.

Dans ce contexte, les données d'Oqualim et des PS/PC de la DGAL et de la DGCCRF montrent de faibles taux de contamination par *Salmonella* spp. dans les matières premières d'origine végétale (entre 1 % et 2 %), le tourteau de soja étant la matrice la plus fréquemment contaminée avec un taux de 3,4 % (données DGCCRF). Ces observations sont en cohérence avec celles de l'EFSA pour l'année 2015, qui indiquent que les matières premières du type « dérivés de soja » présentaient le taux de contamination le plus élevé en salmonelles (3,7 %, n = 3 404 prélèvements) (EFSA 2016). Cependant, en Suède, les taux de contamination des tourteaux de soja (14,6 %) et de colza (10 %) semblent plus élevés, avec des variations importantes en relation avec les sites d'approvisionnement (Wierup et Häggblom 2010). De plus, entre 2009 et 2012 en Pologne, les résultats du suivi de la qualité microbienne des matières premières pour aliments des animaux (dont les graines oléagineuses, les céréales et les farines de viande), prélevées à la ferme, dans des usines d'aliments pour animaux et dans des lots importés, montrent que *Salmonella* spp. a été plus souvent détectée dans les graines oléagineuses (3,8 % dans le soja; 2,45 % dans les graines de colza; 0,29 % dans les graines de tournesol) que dans les céréales (0,47 % dans le blé et 1,33 % dans l'orge) et dans les farines animales (2,59 % dans les farines de sang; 0,89 % dans les farines de poisson; 0,74 % dans les farines de viande et d'os; 0,53 % dans les farines de volailles) (Kukier *et al.* 2013).

Concernant les aliments composés issus des usines de fabrication, les données d'Oqualim et des PS/PC de la DGAL et de la DGCCRF montrent également de faibles taux de contamination, respectivement de 0,6 %, 1,4 % et 0,5 % pour les aliments destinés aux filières volailles, porcines et ruminants. Ces observations concordent avec celles de l'EFSA qui montrent que la contamination par *Salmonella* spp. des aliments composés demeurait très faible, en 2015, pour les trois principales filières animales : 0,51 %, 0,67 % et 1,20 %, pour les aliments destinés respectivement aux volailles, aux porcs et aux bovins. De même, une étude réalisée en Irlande, à partir de 340 prélèvements de matières premières et de 313 d'aliments composés destinés aux porcs, révèle de faibles taux de contamination (0,6 et 0,9 % respectivement), avec la présence du même sérotype (variant monophasique de *S. Typhimurium*) (Burns *et al.* 2015). L'analyse génotypique des souches isolées identifie deux profils MLVA (*Multiple Loci VNTR Analysis*) différents, ceux-ci étant retrouvés tant dans les matières premières que dans les aliments finis. Ainsi, des souches d'un même profil MLVA ont été détectées dans la farine de blé, les granulés et l'aliment pour truies, et celles d'un autre profil dans les tourteaux de soja et l'aliment « finition ».

Par ailleurs, les données collectées par le Réseau *Salmonella* et le LNR, entre 2009 et 2015, démontrent que le sérotype *S. Senftenberg* a été détecté principalement dans les aliments destinés

⁵² Coop de France Nutrition Animale et le SNIA (Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale), en partenariat avec QUALIMAT (Association pour le contrôle de la Qualité des Matières premières), ont créé OQUALIM.

aux filières avicoles et plus particulièrement dans les élevages de poulets de chair, de poules pondeuses et de dindes. *S. Infantis* et *S. Rissen*, deux principaux sérotypes isolés d'aliments destinés aux porcs, ont également été détectés dans les élevages porcins, sur les carcasses et dans les viandes. Enfin, dans la filière bovine, *S. Mbandaka* est détectée dans les aliments composés ainsi qu'en élevages, sur les carcasses et dans les prélèvements de viandes bovines. Dans la filière aquacole, les résultats du suivi, entre 1998 et 2000, de la présence de *Salmonella* spp. dans les aliments composés pour poissons, prélevés dans les usines de production norvégiennes, ont montré que les sérotypes les plus couramment observés étaient *S. Agona*, *S. Montevideo*, *S. Senftenberg* et *S. Kentucky* (Nesse *et al.* 2003). Parmi les matières premières contaminées, certaines avaient une origine végétale (gluten de maïs, drêches d'amidonnerie). Les analyses des profils génomiques (PFGE) ont permis de démontrer qu'un lot de gluten de maïs était la source probable de la contamination, par *S. Senftenberg*, d'une usine de fabrication. Une autre étude norvégienne (Lunestad *et al.* 2007) mentionne qu'entre 2000 et 2004, la prévalence de *Salmonella* spp. dans des échantillons d'aliments pour poissons a été établie à 0,33 % (29 positifs / 8 778 analyses). Dans cette même étude, 0,14 % (29 positifs / 20 486 analyses) des échantillons provenaient d'ingrédients d'origine végétale. Aucune relation entre cette présence de *Salmonella* spp. dans les aliments pour poissons et les cas de salmonelloses humaines n'a été établie, permettant aux auteurs de conclure que cette présence représente un risque négligeable.

De plus, dans la littérature, certaines études établissent les possibilités de transfert de *Salmonella* spp. à l'animal, à partir de l'aliment contaminé en amont de son arrivée en élevage (Davies *et al.* 2001, Osterberg *et al.* 2006, Shirota *et al.* 2012).

Le rapport de l'EFSA mentionne également un lien entre la contamination d'aliments pour animaux et l'infection de poulets, de dindes, de porcs ou de bovins. *A contrario*, certaines études révèlent l'existence d'une contamination des aliments composés et l'absence de détection de ces mêmes sérotypes chez les animaux consommateurs. Un effet protecteur de la microflore endémique de la ferme, des conditions de stockage des aliments propices à la réduction de la contamination de l'aliment et d'autres facteurs, entreraient probablement en jeu (EFSA 2008).

Cette contamination des animaux et des produits qui en sont issus, peut, parfois, être associée à une infection humaine ultérieure (Allerberger 2012, Eriksson *et al.* 2005). A titre d'exemple, une étude danoise, réalisée à partir des données de surveillance collectées entre 1999 et 2003, a estimé que 14,4 % des cas de salmonelloses humaines seraient causés par des sérotypes également isolés soit à partir des aliments à base de soja pour porcs ou bovins, soit pendant leur processus de fabrication. Le modèle d'analyse de risque développé dans cette étude a permis d'estimer que jusqu'à 2,1 % des cas de salmonelloses humaines d'origine alimentaire, contractés sur le territoire national, au cours de cette période, pouvaient être attribués à la contamination initiale d'aliments destinés aux porcs ou aux bovins (Hald *et al.* 2006).

Ces constats sont à mettre en relation avec les spécificités du secteur de l'alimentation animale, à savoir l'hétérogénéité de la répartition de *Salmonella* spp. dans les lots d'aliments produits parfois en grande quantité (Schelin *et al.*, 2014), l'effet masquant pour la recherche de ce microorganisme apporté par certains traitements des aliments (acidification, extrusion, chauffage) ainsi que l'impact de la faible activité de l'eau (a_w) de certaines matrices sur la perte de cultivabilité des cellules bactériennes, et le passage des bactéries à un état viable mais non cultivable (Koyuncu *et al.* 2013, Maciorowski *et al.* 2006). Toutes ces considérations soulignent l'importance de la variabilité (due au caractère hétérogène de la contamination) et des incertitudes liées à l'estimation des taux de contamination de ces matrices.

Dans les usines de fabrication des aliments, les produits finis, présents sous différentes formes (farines, miettes, granulés), ont subi, ou non, différents traitements technologiques au cours du procédé. Certains d'entre eux (granulation, thermisation) permettent de réduire le niveau de contamination microbienne et donc des salmonelles. La thermisation est actuellement le moyen de maîtrise proposé dans le cadre de l'arrêté du 23 avril 2007 sur l'agrément « Salmonelles » pour les établissements délivrant des aliments composés aux troupeaux reproducteurs *Gallus gallus* et *Meleagris gallopavo* de plus de 250 volailles. L'application d'un critère d'hygiène des procédés, basé sur le dénombrement des Entérobactéries, permet de vérifier l'efficacité d'un tel traitement assainissant (Anses 2018a). Par contre, l'efficacité de la granulation, procédé combinant une injection de vapeur et une compression de la farine, ne peut être garantie du fait de la variabilité de certains paramètres (matrice, humidité, teneur en lipides...). En conséquence, la mise au point d'un barème de granulation visant un objectif de décontamination, suppose une validation du procédé, au niveau de chaque outil industriel, en fonction des formules d'aliments concernés (Anses 2018a). Enfin, certains aliments, notamment des farines, peuvent être distribués aux animaux, sans avoir subi de traitements assainissants au cours de leur fabrication.

Par ailleurs, toutes les matières premières, notamment importées, ne sont pas destinées aux usines de fabrication. En effet, certaines d'entre elles (tourteau de soja notamment) peuvent être transportées dans les élevages pour y être distribuées aux animaux, soit, en l'état, en mélange avec du fourrage pour les ruminants, soit après une étape de fabrication notamment pour l'alimentation des porcs. Dans ces conditions, le risque de transmission des salmonelles est plus important, du fait de l'absence de traitement assainissant. Ainsi, une étude met en évidence des facteurs de risques associés à la présence de *Salmonella* spp. dans les matières fécales de bovins, de différentes origines, regroupés pour l'étape d'engraissement dans des élevages communs (Green *et al.* 2010). Parmi ces facteurs, certains étaient liés à l'alimentation et en particulier à l'utilisation de matières premières végétales (enveloppes de graines de coton, gluten de maïs, drèches de brasserie et foin). Par contre, outre l'adjonction d'un mélange d'antibiotiques dans l'eau d'abreuvement ou dans l'aliment, l'incorporation d'urée ou l'utilisation de luzerne (alfalfa), de trèfle (clover) ou d'ensilage de sorgho avaient un effet réducteur vis à vis de la présence de *Salmonella* spp. dans les matières fécales.

De même, en Suède, une étude rétrospective suite à la présence de *Salmonella* spp. dans une usine de fabrication d'aliments a été menée, en 2015, dans 80 fermes céréalieres. *Salmonella* spp. a été mise en évidence sur trois sites, démontrant que des céréales produites sur le territoire pouvaient également être une source potentielle d'introduction dans la chaîne de production des aliments pour animaux (Elving et Thelander 2018).

3.1.3.2.2 Ensilage

Les salmonelles, comme les autres bactéries de la famille des *Enterobacteriaceae*, peuvent être retrouvées dans les ensilages. Dans la littérature, peu de travaux y sont consacrés. Cependant, un épisode épidémique relié à la contamination des ensilages par *S. Typhimurium*, a été récemment décrit en Finlande dans une ferme laitière (Ruoho 2018).

La contamination initiale des ensilages résulte de la présence de matières fécales contaminées provenant d'animaux sauvages ou domestiques, lors du ramassage des matières premières et de la constitution de l'ensilage. Cependant, les conditions physico-chimiques (pH acide, anaérobiose) obtenues lors de la conservation des produits ensilés, ne semblent pas être favorables à la survie

des salmonelles. En particulier, la présence d'acide lactique, dans un ensilage bien constitué, a un réel effet sur la contamination par *Salmonella* spp. (De Keersmaecker *et al.* 2006).

La survie de *Salmonella* spp. a été étudiée dans un ensilage expérimental composé de fractions solides (80 %) issues de la décantation d'effluents de 10 élevages porcins mexicains contaminés par *Salmonella* spp., de sorgho (12 %) et de mélasse (8 %) (Ramírez *et al.* 2005). Au bout de 11 jours de conservation, aucune salmonelle n'a été mise en évidence dans les échantillons prélevés qui étaient cependant de faible poids (cinq grammes).

Il semblerait que l'alimentation à base de fourrages ensilés ait une efficacité sur la contamination des animaux par *Salmonella* spp. Ainsi, une étude épidémiologique hollandaise cas/témoins, menée dans 126 troupeaux laitiers (29 cas reconnus infectés par *S. Dublin* et 97 témoins), indique que, pendant la période estivale, l'alimentation à base d'herbe (pâturage) devait être considérée comme un facteur de risque en comparaison d'une alimentation à base d'herbe supplémentée par du maïs ou de l'ensilage. Cette différence s'expliquerait par la contamination de l'herbe par l'épandage de lisiers contaminés. Par contre, en hiver, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre une alimentation à base d'ensilage et celle supplémentée en maïs et luzerne (Vaessen *et al.* 1998). Cet effet a été confirmé dans une étude réalisée aux Etats-Unis, dans des élevages bovins regroupés, dans laquelle l'utilisation d'aliments ensilés diminuait la probabilité de détecter *Salmonella* spp. dans les matières fécales (Green *et al.* 2010). Par contre, lors d'une étude expérimentale réalisée sur des poulettes futures pondeuses d'œufs de consommation, des auteurs mentionnent qu'un apport supplémentaire de maïs ensilé (50 g/poulette/jour) à un aliment de démarrage entraîne une excrétion supérieure de *S. Enteritidis*, particulièrement lors d'une co-infection avec un parasite (*Ascaridia galli*) (Idi *et al.* 2005).

3.1.3.2.3 Pâturages

En 2007, une étude australienne a décrit une épidémie sévère consécutive à la contamination d'un élevage de vaches laitières par *S. Typhimurium*. L'enquête épidémiologique a conclu à l'introduction de cette bactérie, dans ce nouveau troupeau, au travers de l'épandage de lisiers provenant d'un élevage plus ancien (Vanselow *et al.* 2007).

L'épandage des lisiers contaminés, ainsi que la contamination du substrat par les matières fécales ou les cadavres des animaux sauvages, sont les principales voies de contamination décrites. Par exemple, dans le Tyrol autrichien, une épidémie à *S. Dublin* a été recensée dans des troupeaux de bovins laitiers. L'enquête épidémiologique a permis de retrouver le même sérotype, non seulement dans les tissus hépatiques et les contenus intestinaux de renards rouges (*Vulpes vulpes*) chassés, mais également dans les matières fécales de ces animaux prélevés sur les pâturages de montagne. L'hypothèse retenue proposait une contamination de ces renards lors de l'ingestion soit de matières contaminées délaissées lors d'avortements des bovins, soit de carcasses de chamois contaminées (Glawischnig *et al.* 2017). Cependant, il convient de noter que, suite à l'épandage d'effluents d'élevage sur des pâturages, les salmonelles ont une faible capacité de survie et ce mode d'alimentation a peu ou pas d'effet sur la contamination des animaux ingérant ces produits (Hadjicostis, Ondrasovicova et Cabadaj 2004, Miron *et al.* 2011). Ainsi, la survie de *S. Typhimurium* et de *S. Derby* dans les effluents d'élevage de porcs serait respectivement de 34 et 23 jours, et dépendrait de la quantité initiale de microorganismes présents (Mannion *et al.* 2007). En conséquence, ces auteurs recommandent un délai de deux mois de stockage des effluents avant leur épandage (Vaessen *et al.* 1998).

3.1.3.2.4 Fabrication des aliments à la ferme

Peu d'études sont disponibles sur la relation entre ces modes de fabrication et la contamination des aliments par des *Salmonelles*.

Cependant, en filière porcine, une étude réalisée dans 50 élevages français répartis dans sept régions, à partir de 238 échantillons de matières premières et d'aliments finis (100 grammes), a permis de mettre en évidence la présence de *Salmonella* spp. dans quatre d'entre eux : trois échantillons correspondaient à des matières premières (tourteaux de soja et de colza et un pain, co-produit sec issu d'une industrie alimentaire), et le dernier à un aliment fini destiné à des truies gestantes (Royer *et al.* 2014). Ces résultats confirment donc le risque modéré de ce mode de fabrication vis à vis de l'introduction des *Salmonelles* dans la chaîne alimentaire, à condition que les règles d'hygiène soient parfaitement établies et suivies, notamment au travers d'un guide de bonnes pratiques d'hygiène (GBPH).

3.1.3.2.5 Alimentation liquide des porcs (soupe)

Dans les élevages porcins, la fabrication d'aliments à la ferme est parfois associée à la distribution d'un aliment sous une forme liquide, appelée communément soupe. En France, ce mode de distribution concerne la majorité des porcs en engraissement ainsi que les truies et permet l'utilisation de produits humides comme le maïs humide et de co-produits liquides comme du lactosérum. Or, le mode de présentation de l'aliment pour animaux (sec vs. humide) est connu pour avoir un effet sur le portage des salmonelles par les animaux. Ainsi, ceux nourris avec un aliment sec, sont plus fréquemment contaminés que ceux recevant une alimentation liquide (Beloeil *et al.* 2004, Dahl 1997, FAO et WHO 2017). Une explication pourrait être que, pour ce mode de distribution, une flore microbienne, généralement à dominante lactique, s'installerait dans le système d'alimentation inhibant ainsi le développement des salmonelles (Corrégé et Minvielle 2013).

Deux articles ont également montré une différence entre les niveaux de contamination par *Salmonella* spp., en fonction du type d'aliments distribués aux porcs. Dans le premier, le taux d'infection des élevages porcins était plus élevé dans les élevages utilisant des aliments présentés sous forme de granulés que dans ceux utilisant des aliments liquides ou en miettes (Garcia-Feliz *et al.* 2009). De même, dans le second article, le nombre d'échantillons de contenus cœcaux contaminés et de jus de viande positifs vis à vis de *Salmonella* spp., était plus faible pour les porcs nourris avec des aliments grossièrement moulus que pour ceux recevant des aliments finement moulus (Visscher *et al.* 2009). Cette mesure n'avait cependant pas d'effet sur le nombre d'échantillons fécaux contaminés.

La contamination par *Salmonella* spp. des matières premières végétales et des aliments composés, demeure un événement rare (taux de contamination de l'ordre de 1 à 2 %). Cette contamination peut entraîner celle des animaux et de leur environnement et, par voie de conséquence, la présence de ces bactéries dans les aliments destinés à l'être humain.

Certaines matières premières et certains aliments composés sont distribués aux animaux sans subir de traitements assainissants. En conséquence, ils doivent être considérés comme présentant un risque d'introduction de *Salmonella* spp. dans la chaîne alimentaire.

Les pâturages et les ensilages peuvent être contaminés par les *Salmonelles* du fait principalement de l'épandage de matières fécales contaminées ou de la présence de ces bactéries dans

l'environnement (matières fécales et cadavres d'animaux sauvages par exemple). Toutefois, dans ces milieux, le pouvoir de survie des *Salmonelles* est relativement limité. En conséquence, la mise en place de bonnes pratiques d'ensilage, notamment au niveau de l'acidification, et le respect de temps d'attente entre l'épandage et la mise au pâturage des animaux, sont des mesures permettant de limiter ce risque de contamination.

Les données actuellement disponibles ne permettent pas de quantifier précisément la transmission de *Salmonella* spp. entre les différents maillons de la chaîne alimentaire. En effet, les études ont été réalisées, dans la majorité des cas seulement sur la base du sérotypage des souches isolées. Bien qu'intéressantes, et du fait de l'ubiquité des *Salmonelles*, ces études ne sont pas toujours suffisantes pour affirmer l'existence d'un véritable lien épidémiologique entre les souches isolées aux différentes étapes de la chaîne alimentaire. L'utilisation de méthodes plus sophistiquées, basées notamment sur le génotypage des souches isolées, permettrait de mieux évaluer et formaliser ce lien.

3.1.4 Les bactéries du genre *Clostridium*

Les bactéries du genre *Clostridium* sont des bacilles à coloration de Gram positive, anaérobies stricts, sporulées dont certaines souches produisent des toxines à l'origine de troubles de santé chez les animaux (domestiques ou sauvages) et l'être humain.

Ce sont des bactéries ubiquistes, dont l'habitat est l'environnement. Elles sont fréquemment présentes dans le sol, les cadavres d'animaux morts. En cas de conditions favorables, les spores peuvent germer et produire des cellules végétatives toxigènes.

3.1.4.1 Généralités sur *Clostridium botulinum*

Le botulisme est une affection nerveuse, le plus souvent d'origine alimentaire, provoquée par l'action de neurotoxines bactériennes (toxine botulique) produites par des bactéries du genre *Clostridium*, et qui se manifeste par des paralysies flasques. Le botulisme concerne l'être humain et les animaux (mammifères, oiseaux) domestiques et sauvages.

Clostridium botulinum est divisé en quatre groupes sur la base de propriétés physiologiques, biochimiques et génétiques : groupe I (toxines A, B et E), groupe II (toxines B, E et F), groupe III (toxines C et D) et groupe IV (toxine G). Le botulisme humain est associé aux types A, B (type le plus fréquent) et E, exceptionnellement aux types C et F. Les cas chez les oiseaux sont majoritairement de type C, moins fréquemment de type D, et plus récemment de rares cas de type E ont été décrits.

Le risque d'apparition de botulisme humain est essentiellement lié à la consommation de viandes et abats issus de volailles malades (ou de gibier malade), de carcasses contaminées ou de produits non appertisés qui en sont issus. Du fait de la faible sensibilité de l'être humain aux types C et surtout D, le risque est surtout lié au botulisme aviaire de type E. Les neurotoxines botuliques sont des exotoxines protéiques produites par plusieurs espèces du genre *Clostridium* (Anses 2011b).

La présence de toxine botulique dans un organisme humain ou animal peut résulter de deux mécanismes :

- l'intoxication : la neurotoxine botulique préformée dans un aliment est ingérée ;
- la toxi-infection : la neurotoxine est synthétisée dans la lumière intestinale suite à l'ingestion de formes végétatives ou de spores de *Clostridium*.

Les neurotoxines botuliques sont associées à d'autres protéines non toxiques pour former des complexes de grande taille qui pourraient protéger les neurotoxines de l'acidité gastrique et des protéases digestives. Elles traversent la barrière intestinale, diffusent dans l'organisme, se fixent sur les extrémités des motoneurons et inhibent la fusion des vésicules pré-synaptiques et donc la libération des neuromédiateurs. Elles sont thermolabiles (dénaturées 20 minutes à 50°C) et sensibles aux agents chimiques tels que l'hypochlorite de sodium.

Chez les ruminants, le botulisme résulte principalement d'une intoxication. Chez les volailles, il s'agit d'une toxi-infection et la quantité de toxine à ingérer pour déclencher la maladie est importante (lors de cas cliniques, la toxine n'a jamais été mise en évidence dans l'environnement des volailles et l'apparition de cas est favorisé par des déséquilibres digestifs).

Les sources de *C botulinum* et/ou de toxines sont

- les animaux malades ou porteurs sains ;
- les cadavres (oiseaux ou rongeurs) qui constituent un milieu de culture favorable pour *C. botulinum* du fait des conditions d'anaérobiose ;
- les déjections animales et l'environnement : *C. botulinum* a été mis en évidence dans le fumier suite à une contamination par des déjections ou des cadavres non ramassés dans le poulailler ;
- les sols (pâturages, abords des élevages), les spores de *C botulinum* étant très résistantes dans le milieu extérieur ;
- l'eau et les aliments contaminés.

3.1.4.2 Rôle des aliments dans la transmission de *C. botulinum* aux animaux d'élevage

En général, les bovins présentent un risque de botulisme quand ils sont nourris avec de l'ensilage stocké en conditions anaérobies avec un pH > 5,5 ou si l'ensilage est contaminé par des cadavres d'animaux morts (Myllykoski *et al.* 2009). Les bactéries du genre *Clostridium* se multiplient lorsque le pH est supérieur à 4,5, le taux d'humidité supérieur à 70 % et que l'activité de l'eau est suffisante (a_w 0,952 à 0,971). Elles sont donc inhibées si l'acidification de l'ensilage est rapide et conduit à un pH de 4 en trois jours. L'effet de l'acidification du milieu sur l'inhibition des bactéries du genre *Clostridium* dépend du taux d'humidité de l'aliment. Les conditions de récolte et leur effet sur ce taux d'humidité ainsi que sur un éventuel retard à l'acidification de l'ensilage influencent donc la capacité de multiplication de ces bactéries dans l'ensilage (Driehuis *et al.* 2018). Par ailleurs, des spores de *C. botulinum* ont été mises en évidence dans les matières fécales de bovins nourris avec un ensilage de produits de brasserie ainsi que dans du lisier utilisé pour fertiliser des pâtures. Au cours des deux années suivant l'épandage, des spores ont été détectées dans cinq ensilages d'herbe produits à partir des pâtures sur lesquelles le lisier avait été épandu et la toxine botulique a également été détectée dans quatre échantillons provenant de deux de ces ensilages. Ces résultats démontrent la persistance de *C. botulinum* dans la ferme. Cependant, au cours de cette période, aucun cas de botulisme n'a été enregistré dans l'élevage. La présence de spores et de toxine était liée à un pH insuffisamment acide (5,3 et 6,4) indicateur d'une mauvaise conservation de l'ensilage. Toutefois,

la corrélation entre présence de spores et de toxine était faible (Notermans, Dufrenne et Oosterom 1981). Cela peut s'expliquer par le fait que les formes végétatives (qui produisent la toxine) ne sont pas dénombrées quand on recherche les spores.

Plusieurs cas de botulisme bovin établissent un lien épidémiologique avec des élevages avicoles et l'épandage de fumier de volailles sur les pâturages et/ou les champs à partir desquels de l'ensilage/enrubannage est produit (Relun *et al.* 2017, Souillard *et al.* 2017). Si la présence de cadavres de rongeurs ou de volailles dans l'ensilage ou dans le fumier n'a pas toujours pu être mise en évidence, elle ne peut pas être néanmoins exclue (Relun *et al.* 2017).

De plus, une infection expérimentale a démontré que du trèfle cultivé dans un sol contaminé par des spores de *C. botulinum* pouvait être infecté au niveau des parties aériennes de la plante par la bactérie (Zeiller *et al.* 2015).

Si les matières premières d'origine végétale contaminées par *Clostridium botulinum* peuvent être à l'origine de cas de botulisme chez les bovins, ces derniers sont liés à de mauvaises pratiques de réalisation et/ou de conservation de l'ensilage ou à la présence de cadavres dans les fumiers épandus pour la fertilisation des pâtures ou des cultures.

3.1.5 *Campylobacter* sp.

3.1.5.1 Généralités sur *Campylobacter* sp.

Bactéries à coloration de Gram négative, de forme spiralée ou incurvée, pouvant évoluer vers une forme coccoïde, la croissance des espèces de *Campylobacter* est favorisée dans une atmosphère appauvrie en oxygène et enrichie en gaz carbonique. Certaines espèces ou sous-espèces sont regroupées sous l'appellation de *Campylobacter* thermotolérants car capables de se développer, de manière optimale, à 41,5 °C (Anses 2017e).

Les oiseaux, sauvages et domestiques, sont considérés comme les principaux réservoirs de *Campylobacter jejuni* et, dans une moindre mesure, de *C. coli*. Cependant, d'autres réservoirs primaires ont été décrits : les bovins, les porcs et les petits ruminants, ainsi que les animaux de compagnie (chats et chiens). Ces bactéries ont un tropisme particulier pour le tube digestif des animaux et, de ce fait, les déjections peuvent contaminer les sols et les rivières. Bien que la survie dans cet environnement hydro-tellurique soit relativement faible, l'eau des rivières, des étangs ou des lacs peut être un réservoir secondaire de ces bactéries.

Même si certaines espèces de *Campylobacter* sont parfois impliquées dans des cas d'infertilité ou d'avortements, il faut retenir que *Campylobacter jejuni* et *C. coli* sont considérés comme peu ou pas pathogènes pour les animaux.

Par contre, *Campylobacter jejuni* et *C. coli* sont à l'origine de la très grande majorité des cas de campylobactérioses humaines d'origine alimentaire, se traduisant par une entérite aiguë. Dans certains cas (moins de 1 %), cette infection se complique par une bactériémie, des localisations

secondaires de la bactérie et un syndrome post-infectieux (syndrome de Guillain-Barré). La voie principale de transmission de *Campylobacter sp.* à l'être humain est indirecte par l'ingestion d'aliments contaminés, y compris les eaux de boisson. La plupart des cas de campylobactériose décrits sont sporadiques. Pour ce qui concerne les toxi-infections alimentaires collectives liées à *Campylobacter*, la consommation d'eau, de lait cru ou de viandes de volailles insuffisamment cuites est souvent mise en avant. De même, les transferts de contamination lors de la manipulation de volailles fraîches apparaissent comme des facteurs de risque. La transmission directe, de personne à personne ou entre un animal infecté ou des carcasses contaminées et l'être humain, plus rare, a été également décrite et pourrait se produire plus fréquemment pour certaines populations exposées (éleveurs, vétérinaires, ouvriers d'abattoir, égoutiers, etc.).

Ces bactéries survivent bien aux températures de réfrigération (0 à 10° C), mais sont très sensibles à la chaleur. Ainsi, on peut considérer que des traitements thermiques supérieurs à 65 °C permettent leur destruction quel que soit le support (liquide ou solide). Notons, que ces bactéries ne présentent pas de caractère particulier de résistance au sel ou aux acides (Anses 2017e).

3.1.5.2 Présence de *Campylobacter sp.* dans l'alimentation animale et transfert aux animaux

3.1.5.2.1 *Aliments composés*

Peu d'articles ont été identifiés lors de la recherche bibliographique. Une étude citée par Mills et Phillips (2003) rapporte que l'alimentation animale ne doit pas être considérée comme un réservoir pour *Campylobacter sp.* (Jacobs-Reitsma *et al.* 1995) car l'environnement de l'aliment, en particulier composé, est trop sec pour ces bactéries sensibles à la dessiccation. Dans ce contexte, ces auteurs ont mené deux études sur la survie de *Campylobacter sp.* Celles-ci démontrent non seulement la diminution du nombre de ces bactéries lors du stockage des aliments composés, mais également la possibilité de revivification, phénomène mis en évidence en utilisant des méthodes d'enrichissement pendant 24 et 48 heures, soulignant ainsi la présence potentielle de formes viables mais non cultivables (VNC) consécutives à la dessiccation. Par la suite, ces formes survivantes mais difficilement cultivables, pourraient coloniser l'intestin des volailles et ainsi contaminer ces animaux.

3.1.5.2.2 *Ensilage*

En 2004, une enquête épidémiologique a été menée dans des élevages laitiers, soulignant la forte prévalence de *Campylobacter sp.* dans les matières fécales des vaches (54 %), ainsi que sur les oiseaux (moineaux) prélevés autour du bâtiment d'élevage (Adhikari *et al.* 2004). Lors de cette enquête, *Campylobacter sp.* a été mis en évidence à partir d'échantillons d'aliments ensilés. Cette présence serait la conséquence d'une contamination, lors du stockage de l'aliment, par les matières fécales des oiseaux infectés.

3.1.5.2.3 Pâturages

Une étude montre que la durée de survie de différentes espèces de *Campylobacter sp.* (*C. jejuni*, *C. coli* et *C. lari*), présents naturellement dans les matières fécales de vaches déposées sur un pâturage, est relativement courte (inférieure à une semaine) (Gilpin *et al.* 2009). Cette survie est encore plus faible en été (Sinton *et al.* 2007). De plus, à partir d'essais de survie de *Campylobacter sp.* sur des pâturages ovins, il a été démontré que ces bactéries ne se multiplient pas dans les matières fécales et sont rapidement inactivées (Moriarty *et al.* 2011).

Une étude menée en Grande-Bretagne sur des troupeaux de vaches laitières (15 fermes) et de moutons (quatre fermes) démontre une plus forte prévalence de *Campylobacter sp.* en été, pour les troupeaux de vaches (Grove-White *et al.* 2010). Ceci pourrait s'expliquer par une différence dans la conduite du mode d'alimentation soit au pâturage (présence d'animaux sauvages contaminés, abreuvement dans des sources naturelles) en été, soit à l'auge en hiver.

Une autre étude, réalisée dans des élevages bovins (races à viande et laitière), indique un portage de *Campylobacter sp.* dans le tractus gastro-intestinal et les matières fécales de ces animaux (Krueger *et al.* 2008). En revanche, aucune différence de prévalence n'est notée, quelque soit le type de production et d'alimentation (pâturage ou aliments concentrés composés principalement de maïs et de mil broyés, ainsi que de coques et tourteaux de coton). D'autres travaux, cités par ces auteurs, démontrent cependant que les animaux élevés au pâturage seraient moins souvent porteurs de *Campylobacter sp.* que ceux élevés dans des bâtiments de regroupement. Cette différence pourrait s'expliquer par l'intervention d'autres facteurs que le mode d'alimentation, en particulier la saisonnalité. Enfin, une autre étude tend à montrer que la prévalence de cette bactérie, chez les ovins, dépend de la qualité des pâturages, l'élevage dans les marais salants semblant le plus propice à l'excrétion de *Campylobacter sp.* (Jones 1999).

Enfin, une étude américaine (Hanning *et al.* 2010) a été menée dans deux élevages, un abattoir et sur un lieu de vente de carcasses de poulets de chair élevés sur des parcours herbeux. Au niveau des deux élevages, 178 prélèvements ont été réalisés en différents points de l'élevage (surfaces, point d'eau, pièges à insectes) ainsi que dans les aliments. Les résultats obtenus indiquent un niveau de contamination moyen de 30 %, tout échantillon confondu, avec une prédominance de *C. coli* (51 %) et de *C. jejuni* (32 %). Malheureusement, aucune précision n'est donnée sur la contamination des différents prélèvements (aliments, eau, écouvillonnages des surfaces, pièges à insectes). Par ailleurs, les auteurs soulignent une augmentation significative de la contamination après l'élevage : 100 % des carcasses testées étaient contaminées à l'abattoir et 75 % sur le lieu de vente. De plus, l'espèce *C. jejuni* devient prépondérante (respectivement 94 et 92 %) par rapport à *C. coli*.

Les *Campylobacters*, et en particulier ceux thermotolérants, sont présents dans différentes espèces animales, notamment avicoles et bovines. Cette présence se manifeste rarement par des épisodes pathologiques, mais le portage asymptomatique est une des voies d'entrée de ces bactéries dans la chaîne alimentaire.

La présence de *Campylobacter sp.* dans les aliments composés ou dans les matières premières est peu documentée, mais ne peut être exclue, notamment sous une forme viable mais non cultivable, en particulier dans les produits n'ayant pas subi de traitements assainissants. Cependant, l'absence de données épidémiologiques nationales ou européennes sur le taux de contamination des matières premières (tourteaux), ne permet pas d'évaluer la pertinence de ce danger.

Malgré le faible taux de survie de *Campylobacter sp.* dans les pâturages, la contamination des troupeaux, particulièrement bovins et ovins, par la voie alimentaire, a été décrite. En conséquence, les risques de survie de *Campylobacter sp.* et de contamination des troupeaux ne peuvent être écartés, mais la probabilité de transfert aux animaux est limitée si l'on respecte un temps d'attente après l'épandage sur les pâtures.

Ainsi, dans l'état actuel des connaissances, l'alimentation des animaux ne peut pas être véritablement considérée comme une source de contamination. Cependant, les risques de contamination des volailles, notamment des poulets de chair, par des aliments non traités et par l'accès à des parcours herbeux, ainsi que des bovins, en particulier des vaches laitières, par l'accès à des pâturages contaminés, ne peuvent être écartés.

3.1.6 *Brucella sp.*

3.1.6.1 Généralités sur *Brucella sp.*

Les bactéries du genre *Brucella* sont de petits coccobacilles à coloration de Gram négative, aérobies stricts mais pouvant être favorisées en culture par un enrichissement en CO₂, immobiles, asporulées et acapsulées. Elles sont connues depuis plus d'un siècle, la première à être isolée fut *B. melitensis* en 1887 par Bruce, à partir de la rate de soldats morts de fièvre méditerranéenne sur l'île de Malte. Les trois espèces classiques, zoonotiques, sont *B. melitensis*, *B. abortus* et *B. suis*. Mais le genre comprend d'autres espèces, comme *B. ovis*, *B. canis*, *B. neotomae*. Plus récemment, la liste a été complétée par plusieurs espèces isolées chez des mammifères marins, comme *B. ceti* et *B. pinnipedialis*. Au-delà des mammifères, de nouvelles espèces sont en cours de description et de caractérisation, provenant notamment d'amphibiens.

La brucellose est une zoonose majeure, de répartition mondiale, classée comme danger sanitaire de première catégorie⁵³. A partir des années 1970, et jusqu'à la prise en charge du danger relatif à l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) en 2000, elle a représenté le premier budget sanitaire du Ministère de l'Agriculture en France. Cependant, la situation épidémiologique de la brucellose des bovins et des petits ruminants est actuellement devenue très favorable en France. Ainsi, la France bénéficie du statut « officiellement indemne » de brucellose bovine depuis 2005 (Bronner *et al.* 2015). Cependant, pour la brucellose ovine et caprine, la Commission européenne⁵⁴ a accordé le statut « officiellement indemne » à tous les départements métropolitains, hormis les Pyrénées Atlantiques en raison d'un programme de vaccination contre l'Épididymite Contagieuse du Bélier (*B. ovis*). Toutefois, la survenue récente de contamination de bovins par *B. abortus* (frontière belge, 2012) et *B. melitensis* (Bargy - Haute Savoie, 2012), en raison respectivement de transactions

⁵³ Arrêté du 29 juillet 2013 relatif à la définition des dangers sanitaires de première et deuxième catégorie pour les espèces animales.

⁵⁴ Décision d'exécution du 9 décembre 2014 modifiant l'annexe II de la décision 93/52/CEE, qui a ajouté 31 départements français aux 64 départements déjà reconnus comme officiellement indemnes de brucellose ovine et caprine <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=OJ:L:2014:354:FULL&from=EN> (consulté le 08/08/19).

commerciales et d'un foyer sauvage non diagnostiqué préalablement, souligne la pression sanitaire qui s'exerce sur ce statut officiellement indemne (Anses 2013, 2015c, 2017a, Anses-ONCFS 2016).

3.1.6.2 Présence de *Brucella sp.* dans les aliments pour animaux

La requête bibliographique effectuée dans le cadre de cette saisine n'a pas identifié d'articles établissant le rôle de l'alimentation animale dans l'épidémiologie de la brucellose. Toutefois le rapport de la Commission Européenne (2001) soulignait la fréquence de la transmission indirecte par ingestion ou contact avec des matières virulentes comme les produits d'avortement ou les sécrétions génitales, ou encore en partageant les pâturages d'individus contaminés (Commission Européenne 2001). Cela suggère d'examiner si l'exposition aux matières premières souillées par des *Brucella sp.*, prolongée par le pouvoir de persistance de la bactérie ou des produits infectieux, peut se traduire par des contaminations.

Le réservoir est essentiellement animal. La source majeure de contamination est représentée par les sécrétions du tractus génital femelle, en particulier le placenta, les fluides fœtaux et les écoulements vaginaux suite à un avortement ou une mise-bas à terme. La décharge bactérienne est massive chez la chèvre et peut se prolonger jusqu'à deux-trois mois, tandis qu'elle est plus courte chez la brebis (trois semaines). Elle est également massive chez les bovins. Cette excrétion reprend lors des mises-bas suivantes, même en l'absence de signes cliniques. La voie majeure de transmission est alors directe, par aérosols, mais aussi et secondairement indirecte, par persistance de la bactérie dans le milieu extérieur.

La transmission des *Brucella sp.* peut également emprunter d'autres voies. Le fœtus peut être contaminé *in utero* par la mère brucellique et survivre (transmission verticale). L'infection persistante de la glande mammaire et des ganglions lymphatiques rétro-mammaires se traduit par une excrétion intermittente de *Brucella sp.* dans le lait lors des lactations successives, expliquant ainsi la voie pseudo-verticale, ainsi que le risque de contamination de l'être humain lors de la consommation de lait et de produits laitiers contaminés. La transmission de *Brucella sp.* est également possible par le sperme, expliquant la voie vénérienne. Enfin, la localisation et la longue persistance de *Brucella sp.* dans les ganglions lymphatiques, notamment ceux de la tête et de la sphère génitale, ainsi que dans les lésions d'arthrite, conduisent à la persistance enzootique de la brucellose chez les animaux infectés latent.

Le rapport de la Commission Européenne détaille la capacité de survie de *Brucella sp.* dans l'environnement, sous des conditions variées (Tableau 3) (Commission Européenne 2001). En conditions optimales, c'est-à-dire pour un pH > 4, en présence d'humidité élevée, à basse température et à l'abri de l'exposition solaire directe, ces bactéries conservent leur pouvoir infectant pendant plusieurs mois, dans des matrices comme l'eau, la masse organique représentée par les avortons ou les annexes fœtales, les fèces, la paille. Elles sont capables de résister à la dessiccation notamment si elles sont protégées au sein de matières organiques, et restent ainsi viables dans le sol et les poussières.

Tableau 3 : Temps de survie de *Brucella sp.* dans l'environnement et dans différentes matrices (d'après (Nicoletti 1980, FAO/WHO 1986, Alton 1985))

Environnement/matrices	Conditions	Temps de survie
Lumière directe du soleil	< 31°C	4h30
Poussière		3 – 44 jours
Eau (glace)	-4°C	4 mois
Eau de laboratoire ⁵⁵	20°C	2,5 mois
Eau de lac	37°C pH = 7,2 8°C pH = 6,5	< 24 h > 2 mois
Sol	Séché en laboratoire Séché à 18°C Humide Humidité atmosphérique 90% d'humidité	< 4 j 69 – 72 j < 7 j 2 mois 48 – 73 j
Mur/cloison en bois ou sol d'un enclos		4 mois
Paturage	Ensoleillé Ombragé	< 5 j > 6 j
Fumier	Été 25°C Hiver 8°C -3°C	24 h 1 mois 2 mois 1 an 3 mois
Lisier	Été Hiver Bassin Bassin (12°C)	3 mois 6 mois 1,5 mois > 8 mois
Urine	37°C pH = 8,5 8°C pH = 6,5	16 h 6 j
Lait cru	25 - 37°C 8°C -40°C	24 h 48 h 2,5 ans
Lactosérum	17 - 24°C 5°C	< 5 j > 6 j

Plusieurs auteurs mentionnent des durées importantes de survie de *Brucella sp.* dans des fœtus bovins: de l'ordre de 135 jours en hiver s'ils sont protégés par des feuilles ou de plus de deux mois dans un environnement froid (Cotton 1919). En complément, d'autres auteurs montrent au cours d'une expérimentation avec la souche RB51 de *B. abortus*, que la viabilité de cette bactérie dans un fœtus déposé en milieu naturel est de 60,5 jours en moyenne en février, puis décroît jusqu'à 4,7

⁵⁵ Il n'est pas précisé si l'eau est distillée, déminéralisée ou désionisée.

jours en moyenne en juin (Cook 1999). Ainsi l'apport de *Brucella* infectantes sur la matière première végétale représente un risque réel, fortement modulé par les conditions environnementales.

Une étude témoigne d'une expérimentation conséquente dans le territoire de Yellowstone (Etats-Unis) où la brucellose est enzootique dans la faune sauvage, dans le but d'évaluer le délai de persistance de l'infectiosité de *Brucella sp.* dans les produits fœtaux, le sol et la végétation (Aune *et al.* 2012). Les auteurs souhaitaient en effet obtenir des données objectives pour gérer la mise au pâturage des cheptels domestiques après le passage de bisons atteints de brucellose. Pour cela, ils ont imprégné et inoculé 96 fœtus bovins et 280 fœtus de bison avec la souche RB51 de *B. abortus* et les ont disposés en milieu naturel, sous diverses conditions environnementales. Le mois d'inoculation ressort comme un facteur déterminant, les autres facteurs influents étant la température et l'exposition aux rayonnements ultraviolets solaires. Une population bactérienne viable est retrouvée jusqu'à 81 jours dans les différents substrats testés (produits fœtaux, sol et végétation) pour des fœtus contaminés placés en février, contre 21 jours maximum sur ceux placés en mai, aucune survie n'est constatée après le 10 juin. La modélisation donne une probabilité de 0,05 % de survie bactérienne au-delà de 26 jours [IC : 18 – 30 jours], dans le cas d'une contamination survenant au mois de mai.

De même, dans le cas du foyer de brucellose du massif du Bargy en France où la prévalence sérologique chez le bouquetin était d'environ 40 %, la question de la transmission indirecte par persistance de la bactérie dans les pâturages a été fortement discutée, notamment en vue de préconisations de mesures de biosécurité (Hars *et al.* 2013). Ce point a fait l'objet d'estimations quantitatives en établissant les fréquences de succession des animaux domestiques et sauvages sur les mêmes localisations comme indicateur du risque de transmission indirecte. Il a été relevé pour quelques alpages un niveau non négligeable de successions potentiellement contaminantes entre bouquetins et cheptels domestiques ainsi qu'entre bouquetins et chamois, mais paradoxalement une quasi-absence de transmission réelle (en 15 ans, un seul bovin, dans des circonstances non élucidées, et aucun ovin ni caprin) (Gauthier *et al.* 2014). Cela semblerait montrer que la contamination par voie indirecte constitue une modalité mineure voire négligeable dans l'épidémiologie de la maladie, par rapport aux autres voies.

Ainsi, si l'apport de *Brucella sp.* dans la matière première végétale, et notamment le fourrage frais est théoriquement possible et persistant sur une durée allant jusqu'à quelques mois pour des bactéries hébergées au sein de masses organiques importantes (avortons)⁵⁶, cette modalité de transmission n'est pas retenue dans la littérature au regard des autres possibilités de transmission beaucoup plus efficaces, liées aux mouvements d'animaux. En outre, les circonstances de persistance d'une quantité infectante élevée de bactéries ne sont pas rencontrées avec le fourrage conservé (foin récolté au printemps ou en été et séché au soleil ; ensilage avec un pH acide).

L'analyse de la littérature scientifique ne faisant pas apparaître de points de fragilité lié à l'alimentation d'origine végétale des animaux, et, dans la situation épidémiologique actuelle de la France vis-à-vis de la brucellose, le risque de transmission lié à l'alimentation animale est inexistant. Si un foyer venait à apparaître, les moyens de lutte ciblant l'animal, ses produits et ses mouvements, resteraient prépondérants comme cela a été le cas pendant les précédentes décennies.

⁵⁶ A l'inverse, *Brucella sp.* survit très peu de temps dans des fluides génitaux ou urinaires.

3.1.7 *Bacillus anthracis*

3.1.7.1 Généralités sur le bacille du charbon (*Bacillus anthracis*)

Bacillus anthracis est une bactérie à coloration de Gram positive, sporulante, aérobie-anaérobie facultative, et immobile. Son cycle biologique est formé de la succession de deux formes : une forme végétative, le bacille, et une forme de résistance, la spore. Dans les tissus, le bacille est retrouvé seul, en amas ou en chaînes courtes, tandis qu'en culture, il présente des traits caractéristiques, sous forme de longues chaînes de bacilles à bouts carrés d'aspect particulier, « en tige de bambou ». Cette forme végétative possède des facteurs de virulence portés par deux plasmides pX01 et pX02, et exprimés sous la forme de toxines très virulentes. Lorsqu'elle est soumise à des conditions de stress (carence nutritive et présence d'oxygène libre) et à une température comprise entre 18 et 42°C en atmosphère humide, la forme végétative va sporuler ; sinon, en l'absence d'oxygène et en présence d'une flore de putréfaction, elle est éliminée en 48 à 72 heures. Ses spores sont hautement résistantes, et peuvent survivre des dizaines d'années dans le sol, en attendant de remonter en surface et d'infecter un nouvel hôte, à l'occasion de travaux de terrassement ou de drainage, ou sous l'influence de facteurs météorologiques particuliers (sécheresse suivie de violentes pluies d'orages). Leur destruction est très difficile car elles résistent à la sécheresse, à la chaleur et à de nombreuses substances désinfectantes.

La maladie du charbon, ou fièvre charbonneuse, ou encore anthrax, est une anthroponose. Elle est classée comme danger sanitaire de première catégorie (Arrêté du 29 juillet 2013 modifié). Du fait de son utilisation dans le bioterrorisme, *B. anthracis* est visé par l'arrêté du 30 juin 2010 fixant la liste des microorganismes et toxines (MOT)⁵⁷ prévue à l'article L. 5139-1 du code de la santé publique et fait partie de l'annexe II de l'Arrêté du 30 juin 2010 fixant la liste des microorganismes et toxines concernés. Alors que la fièvre charbonneuse constituait encore un des fléaux majeurs de l'élevage de ruminants à la fin du XIX^{ème} et début du XX^{ème} siècle, le nombre de cas chez les animaux et par conséquent chez l'être humain, a diminué de manière impressionnante dans bon nombre de pays notamment après le succès du vaccin vétérinaire de Max Sterne à partir des années 1930, renforcé par la généralisation, plus contemporaine, de l'équarrissage. Malgré cette tendance, la maladie persiste naturellement dans plusieurs pays et continue de causer des pertes importantes dans les populations animales domestiques et sauvages, avec des implications pour la santé humaine (El Idrissi 2011). Ainsi, elle reste endémique en Afrique sub-saharienne, en Amérique latine, au Proche-Orient, dans certaines régions d'Asie, dans la Fédération de Russie, en Europe de l'Ouest et dans la plupart des républiques d'Asie centrale. En Europe, les principales zones d'enzootie sont la Grèce, l'Espagne, la Turquie, l'Albanie, la France et l'Italie du sud, où elle a tendance à ré-émerger du fait de la perte d'expérience des jeunes générations d'éleveurs et de vétérinaires et de la négligence de la vaccination (Fasanella 2012). En outre, le réchauffement climatique fait réapparaître des foyers de charbon oubliés depuis des décennies (mortalité massive de plus de 2 500 rennes au Nord de la Sibérie durant l'été 2016 du fait du dégel du permafrost libérant des cadavres).

⁵⁷ Arrêté du 30 juin 2010 fixant la liste des microorganismes et toxines prévue à l'article L. 5139-1 du code de la santé publique <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2010/6/30/SASP1017109A/jo/texte> (consulté le 08/08/19).

Tous les mammifères sont potentiellement sensibles à la maladie, mais les herbivores (bovins, ovins, caprins, équidés, cervidés, chameaux) le sont plus particulièrement. Les carnivores et les porcs sont modérément résistants, mais y succombent malgré tout. Les oiseaux sont réputés résistants hormis les autruches qui ont été victimes de plusieurs foyers tant en milieu sauvage qu'en élevage : la raison avancée pour leur sensibilité serait leur température corporelle inférieure à celle des autres oiseaux.

La contamination des animaux semble se faire surtout par l'alimentation ; elle aboutit dans la plupart des cas à une bactériémie aigüe voire fulgurante, rapidement mortelle.

3.1.7.2 Présence de *Bacillus anthracis* dans les aliments pour animaux

Les sols représentent le réservoir de l'agent infectieux, qui y persiste sous forme de spores extrêmement résistantes. Ainsi les endroits qui ont été contaminés par un cadavre charbonneux ouvert, laissé sur le terrain ou enterré, resteront durablement une source de danger (signalée par les anciens sous le vocable de « prés maudits »). Les herbivores contractent généralement la maladie du charbon par ingestion de spores en broutant la végétation souillée par les poussières ou la terre. La modalité la plus fréquente est le séjour sur un pâturage où les spores ont été remobilisées ; occasionnellement cela intervient *via* le fourrage récolté sur une parcelle contaminée.

Si la gravité de la fièvre charbonneuse est spectaculaire et contribue à la notoriété négative de cette maladie, son incidence reste toutefois très minime : en France, 5,85 foyers / an en moyenne sur la période 1999-2018, dont les 2/3 sont relatifs à seulement trois épisodes ; dans le Doubs en 2008, en Savoie en 2009 et dans les Hautes-Alpes en 2018 (Anses 2017b, Madani *et al.* 2010). Parmi les victimes recensées, la plupart se sont contaminées en pâturant sur d'anciens « champs maudits », et très peu ont été contaminées par le fourrage distribué.

L'épidémiologie de la maladie suggère que d'autres voies de contamination ou de dissémination peuvent être mises en jeu. Les épidémiologistes de la WHO-OIE-FAO ainsi que d'autres auteurs citent le rôle des mouches et des taons, du commerce des produits animaux (notamment de la laine et des peaux), la culture de végétaux sur du sol fertilisé avec de la poudre d'os (Acha et Szyfres 2005, Fasanella 2012, WHO, OIE et FAO 2008).

Pour évaluer la vraisemblance de ces voies alternatives, les experts ont interrogé les vétérinaires des Laboratoires Vétérinaires Départementaux ayant pris en charge les plus importants foyers français de fièvre charbonneuse de ces deux dernières décennies (Gauthier D, communication personnelle). Dans chaque situation, outre les bovins, les ovins et les chevaux contaminés au pâturage, il a été identifié un ou plusieurs cas de contamination d'un bovin en bâtiment ou stabulation, expliqué par la consommation de fourrage en vert ou de foin. Pour un cas inexplicable d'un veau de lait de quelques semaines élevé hors sol et mort de charbon en Savoie en 2000, deux hypothèses avaient été proposées : contamination par la litière (paille) ou par des tourteaux importés d'Amérique du Sud, incorporés au lait (Vaissaire J, communication personnelle).

La question de l'utilisation du foin provenant de parcelles susceptibles d'être contaminées a été traitée par l'ANSES en groupe d'expertise collective en urgence (GECU) (Anses 2017b). Les experts de ce GECU ont illustré leur propos par un cas vraisemblable de contamination par du foin récolté l'année d'avant (12 bovins morts, Haute Marne, mars 2017).

Enfin, les épidémiologistes de la WHO-OIE-FAO (2008) citent également le fourrage comme source de fièvre charbonneuse, en relatant le terme ancien consacré de « barn anthrax » (charbon de grange) relié à ces cas (WHO, OIE et FAO 2008). Ils relatent par ailleurs des cas de dissémination

à longue distance de charbon par le commerce des céréales comme l'avoine et le soja en grains ou en tourteaux, surtout dans la première moitié du XX^{ème} siècle. Mais la technologie de fabrication des tourteaux (trituration, extraction, tannage) rendant peu vraisemblable la persistance de l'agent pathogène, ces auteurs incriminent la contamination croisée avec des poudres d'os ou autres produits d'origine animale qui pouvait se produire *via* les containers lors des transports par bateau ; ils indiquent que les restrictions apportées par la gestion de la crise de l'ESB rendent improbable un tel évènement aujourd'hui.

Le risque de contamination des herbivores de production par *B. anthracis*, lié à l'alimentation animale, est documenté pour le fourrage vert distribué immédiatement après coupe ainsi que pour le foin dans lequel les spores charbonneuses peuvent persister. Les autres voies possibles sont hypothétiques ou maîtrisées. Le rapport de l'Afssa de 2000, qui indiquait qu'il n'y avait pas de données scientifiques montrant un danger afférent à *B. anthracis* ou à ses toxines dans les aliments pour animaux fabriqués dans l'Union Européenne, reste d'actualité (Afssa 2000).

Ainsi, selon la WHO-OIE-FAO, les coûts du dépistage ou de l'assainissement seraient disproportionnés par rapport aux bénéfiques, et la maîtrise sanitaire à long terme repose essentiellement sur la prévention au niveau des cheptels (WHO, OIE et FAO 2008). A ce titre il convient de se référer aux recommandations de l'Anses: recensement le plus précis et exhaustif possible des parcelles contaminées / « champs maudits » ; vaccination des animaux exposés ; gestion rigoureuse des cadavres (protection contre les nécrophages, équarrissage) (Anses 2010). Concernant le foin issu d'une parcelle contaminée, il est recommandé de ne pas le distribuer à des animaux appartenant à une espèce sensible au charbon et non vaccinée. Cette mesure devrait prendre effet sans limite dans le temps (Anses 2017b).

3.1.8 *Mycobacterium bovis*

Mycobacterium bovis est la bactérie responsable de la tuberculose bovine. Les bovins constituent le réservoir principal de *M. bovis*, mais de nombreux autres mammifères peuvent être infectés, y compris l'être humain. En France, une recrudescence depuis 2004 des cheptels bovins infectés dans certains départements menace le statut « officiellement indemne » de tuberculose bovine du pays. La transmission directe du bacille par voie respiratoire est probablement la voie majeure au sein d'une même espèce. Cependant, des contaminations ou des recontaminations inexplicables de cheptels avec des souches identiques à celles retrouvées dans la faune sauvage infectée, détectée à proximité d'élevages, suggèrent fortement une transmission indirecte *via* l'environnement. Cette question de la transmission indirecte de *M. bovis* a fait l'objet d'une thèse récente, où la présence de cette bactérie dans les aliments des animaux est également abordée (Barbier 2016).

Les études décrivant la détection de *M. bovis* dans des matrices naturellement contaminées sont très rares. La croissance de *M. bovis* étant très lente, les bactéries à croissance rapide également présentes dans les échantillons contaminent rapidement les milieux de culture, rendant le plus souvent inopérantes les méthodes culturales. Des méthodes moléculaires basées sur la PCR ont permis, dans une certaine mesure, de contourner ce problème. Des copies de gènes de *M. bovis* ont ainsi été détectées dans divers échantillons environnementaux, comme dans des pâturages d'élevages bovins infectés ou des terriers de blaireaux. Cependant, les méthodes moléculaires peuvent présenter des défauts de spécificité (séquences d'ADN identiques à celles d'autres

mycobactéries) et une sensibilité insuffisante pour le screening d'échantillons environnementaux. Par ailleurs, elles ne donnent aucune information sur la viabilité et la virulence des bactéries.

La croissance de *M. bovis* dans l'environnement n'a jamais été démontrée, mais divers travaux expérimentaux, remontant aux années 1930, indiquent que ses capacités de survie y sont importantes (Maddock 1933, Maddock 1936, Williams et Hoy 1930). Ainsi, *M. bovis* peut survivre jusqu'à deux ans dans les bouses de bovins en conditions de laboratoire, et 14 jours à six mois lorsque les fèces sont exposées sur les pâturages (Genov 1965, Morris, Pfeiffer et Jackson 1994, Tanner et Michel 1999). Dans du lisier stérilisé et conservé à température ambiante et à l'obscurité, *M. bovis* peut survivre 171 jours (Scanlon et Quinn 2000). D'après une étude menée en conditions environnementales, *M. bovis* aurait une survie minimale dans le sol, de 12 jours pendant la période printemps/été et de 34 jours en automne/hiver (Fine *et al.* 2011). Dans la même étude, il est montré que *M. bovis* survit sur du maïs ou du foin également plus longtemps en automne/hiver (environ 40 jours) qu'à la période printemps/été (moins de trois jours).

Les mécanismes permettant la survie de *M. bovis* dans l'environnement sont peu connus. La dormance est une réponse adaptative connue des mycobactéries pour survivre dans les environnements défavorables. Le sol constitue un environnement souvent hostile, où facteurs biotiques et abiotiques pourraient induire une dormance des bacilles, mais aucune étude n'est disponible à ce sujet concernant *M. bovis*. La capacité de certaines mycobactéries à sporuler est très controversée, et aucune sporulation n'a jamais été observée chez les espèces du « complexe *Mycobacterium tuberculosis* » (MTBC) dont *M. bovis* fait partie. Les biofilms ne semblent pas non plus participer à la survie de *M. bovis*. En revanche, la faune microscopique (amibes) et macroscopique (vers de terre) du sol pourrait favoriser la survie de *M. bovis* en l'hébergeant et en la protégeant ainsi des conditions environnementales hostiles. Un portage digestif et fécal de *M. bovis* par des mouches communes a également été observé (Kazda *et al.* 2009).

Aucune étude basée sur des méthodes culturales ou moléculaires ne décrit d'essais de détection de *M. bovis* dans des aliments ou matières premières destinés aux animaux. Toutefois, la persistance possible de la bactérie sur les végétaux pose la question d'une contamination possible des pâturages, des fourrages verts et des ensilages. Compte-tenu de l'excrétion fécale fréquente des bacilles de *M. bovis*, l'épandage sur les pâturages d'effluents d'élevages bovins (fumiers, lisiers, eaux usées) pourrait constituer une source de contamination. Certaines études préconisent un stockage des fumiers pendant plusieurs mois ou leur traitement chimique avant épandage, voire l'interdiction d'épandage de fumiers issus de cheptels infectés (Phillips *et al.* 2003, Scanlon et Quinn 2000). Concernant l'ensilage, si l'anaérobiose partielle liée au processus réduit probablement la survie de *M. bovis*, le pH (autour de 4) et les températures atteintes (20-30°C) sont compatibles avec cette survie. Une étude rapporte un risque accru de tuberculose bovine lié à l'utilisation d'ensilages (Reilly et Courtenay 2007). Bien que l'origine de la contamination soit inconnue (végétaux contaminés, contamination par des animaux sauvages, etc.), cette étude suggère que la survie de *M. bovis* dans l'ensilage devrait faire l'objet de recherches.

Certaines espèces sauvages sensibles, comme les sangliers, les blaireaux ou les cerfs, sont probablement impliqués dans l'épidémiologie de *M. bovis* et sa transmission indirecte aux bovins par le biais de la contamination des pâturages ou du partage des zones d'abreuvement et de nourrissage au sol. Plusieurs études décrivent la fréquentation par des blaireaux de réserves de grain, d'ensilages ou de foin, dans lesquelles ils peuvent uriner et déféquer (Tolhurst *et al.* 2009, Ward, Judge et Delahay 2010).

La transmission directe de la tuberculose bovine par voie respiratoire est très majoritaire. Toutefois, une transmission indirecte *via* l'environnement et l'alimentation semble possible. Le risque principal de transmission de *M. bovis* au bétail *via* l'alimentation est lié aux pâturages, habitats que les animaux d'élevage partagent fréquemment avec des espèces sauvages potentiellement infectées. Ce risque pourrait donc être réduit par une meilleure gestion des sites de pâturages. Les points à surveiller sont la présence d'animaux sauvages potentiellement porteurs de *M. bovis*, l'épandage d'effluents d'élevage trop « frais », ainsi que le surpâturage, qui peut amener les bovins à brouter au voisinage des latrines des blaireaux, ou à ingérer des quantités plus importantes de sol potentiellement contaminé.

3.1.9 *Mycobacterium avium* subsp *paratuberculosis*

M. avium subsp. *paratuberculosis* (MAP) est l'agent étiologique de la paratuberculose des ruminants, également appelée maladie de Johne. La paratuberculose est une maladie entérique, chronique et incurable qui touche particulièrement les troupeaux laitiers et est responsable de pertes économiques importantes. En Europe, la prévalence de MAP dans les cheptels est très variable selon les études, de 7 % à 65 %. Chez l'être humain, une association a été décrite entre la maladie de Crohn et la présence de MAP, mais le lien de causalité est encore très controversé (McNees *et al.* 2015).

MAP ne se multiplie pas dans l'environnement, mais uniquement à l'intérieur des cellules animales. En revanche, elle semble être une des mycobactéries les plus résistantes aux facteurs physiques (température, ultraviolets) et chimiques (antibiotiques, désinfectants) (Afssa 2009). Sa survie dans l'eau courante ou l'eau de mare a été estimée à entre six et 18 mois. Dans le milieu extérieur, la survie pourrait atteindre 250 jours, selon les conditions climatiques. Ses capacités de persistance expliquent sa présence sur les pâturages, dans les eaux de surface et sur les végétaux.

La paratuberculose affecte principalement les ruminants domestiques, qui représentent le réservoir principal de MAP. Les fèces des animaux malades ou infectés asymptomatiques excréteurs intermittents constituent la principale source d'infection. MAP est en effet présent à de fortes concentrations dans les fèces des animaux en phase clinique. Ces animaux contaminent ainsi abondamment leur environnement, qui devient alors lui-même source de contamination. Outre les sols et les murs des stabulations, les sources contaminées peuvent être les aliments distribués, l'eau, les mamelles des mères, ou encore les pâturages. Aucune étude ne rapporte en revanche de contamination d'aliments commerciaux ou de matières premières.

La principale voie de transmission des MAP est la voie oro-fécale entre adultes et jeunes. La plupart des infections ont lieu durant la période néonatale. Les veaux se contaminent lors de la prise de colostrum ou de lait, du fait d'une contamination fécale de la mamelle ou des trayons. La transmission peut également être liée à l'ingestion de colostrum ou de lait contaminé produits par une mère en phase clinique ou terminale de paratuberculose. La contamination est également possible à partir de l'environnement d'élevage, lui-même contaminé par les animaux excréteurs. Elle peut être due par exemple à des boxes de vêlage mal désinfectés. L'EFSA a évoqué des modalités possibles de transmission *via* les épandages de fumier ou de lisier sur les pâturages, mais a estimé leur rôle épidémiologique très limité, voire nul (EFSA 2004). Plusieurs études relativisent toutefois cet avis et suggèrent que les amibes du sol pourraient héberger, voire permettre la multiplication

intracellulaire des MAP, et jouer un rôle de « cheval de Troie » dans l'infection des ruminants broutant sur les pâturages (Salgado *et al.* 2015, Salgado *et al.* 2011).

Aucune étude n'indique que des aliments composés ou des matières premières pourraient être des sources possibles de contamination par MAP. En revanche, les aliments pour animaux peuvent se contaminer dans l'environnement d'élevage, en lien avec l'excrétion abondante des MAP et à leur persistance. La réduction du risque de transmission des MAP *via* l'alimentation des animaux relève donc de la prévention sanitaire au sein des élevages.

3.1.10 Autres bactéries

3.1.10.1 Bacillus cereus

3.1.10.1.1 Généralités sur *Bacillus cereus*

Bacillus cereus est un grand bacille à coloration de Gram positive, mobile, sporulant et aéro-anaérobie facultatif, très proche de *Bacillus anthracis*, hormis sa pathogénicité. Ses spores sont très résistantes à la chaleur (jusqu'à environ 120°C). Pour des raisons pratiques, les microbiologistes ont regroupé plusieurs espèces bactériennes apparentées (répondant aux mêmes caractères culturels et biologiques) sous la même dénomination de « *Bacillus cereus sensu lato* », ou « *Bacillus cereus* group » : il s'agit de *Bacillus cereus sensu stricto* (hémolytique), *Bacillus thuringiensis* (pathogène pour les insectes), *Bacillus anthracis*, *Bacillus weihenstephanensis*, *Bacillus mycoides* et *Bacillus pseudomycoides*. Ce regroupement apporte parfois des imprécisions dans la bibliographie.

Les infections provoquées par *Bacillus cereus* sont peu fréquentes et généralement sans gravité. Elles représentent néanmoins la deuxième source d'infections alimentaires chez l'être humain en France et la troisième en Europe (Glasset *et al.* 2018). Elles se manifestent sous forme de toxi-infections caractérisées par des symptômes diarrhéiques, et d'intoxinations se traduisant par des symptômes émétiques. Les maladies à symptômes diarrhéiques seraient causées par l'ingestion de cellules et/ou de spores de *B. cereus*, suivie d'une production d'entérotoxines dans l'intestin, celles à symptômes émétiques sont causées par l'ingestion d'une toxine, le céréulide, produite dans l'aliment au cours de la croissance de *B. cereus*. Les symptômes peuvent se manifester deux heures après la contamination par la toxine émétisante (vomissements) et de huit à 16 heures après contamination par la toxine diarrhéigène (diarrhées et douleurs abdominales violentes). Ces infections guérissent souvent spontanément en 12 à 24 heures. Les spores de *B. cereus* sont présentes dans quasiment toutes les catégories d'aliment, mais préférentiellement dans les végétaux. Les produits secs ou déshydratés, tels que les épices, les herbes aromatiques, certains légumes, les céréales et les farines, sont fréquemment contaminés, à des niveaux variables, par *B. cereus* (Anses 2011d).

Des spores de *B. cereus* sont fréquemment isolées dans le tube digestif et les fèces d'animaux à sang chaud. *B. cereus sensu stricto* est suspecté d'être lié, bien que rarement, à des mammites chez les bovins et des avortements chez les bovins et ovins, sans que leur contribution comme agent pathogène essentiel ou seulement contaminant, soit éclairé dans ces cas (Anses 2011d).

3.1.10.1.2 Présence dans les aliments pour animaux

Les publications n'abordent pas *B. cereus* sous l'angle d'un contaminant alimentaire responsable de pathologies animales, mais plutôt sous celui d'un indicateur intéressant par sa capacité à former de spores thermorésistantes et ses propriétés de psychrotrophie. La cinétique de cet indicateur est ainsi étudiée dans la filière « lait » au regard de la problématique liée à la commercialisation du lait cru d'une part et des altérations technologiques qui surviennent dans le temps avec le stockage du lait, qu'il soit pasteurisé ou même soumis à la technologie UHT (ultra haute température) d'autre part (Hanuš *et al.* 2004).

Plusieurs auteurs hiérarchisent la charge respective en *Bacillus cereus* du sol, de l'herbe, des ensilages et, secondairement, des matières fécales et de la litière ; ils relèvent que le niveau de contamination est bien plus élevé dans toutes ces matrices que dans les mamelles et le lait (Slaghuis *et al.* 1997, Tegiffel *et al.* 1995, Vissers *et al.* 2007). Pour certains auteurs, ces lieux de contamination sont liés, la corrélation la plus importante étant retrouvée entre la nourriture (ensilage notamment) et le lait de traite, le lien étant assuré par la contamination des matières fécales et de la litière, puis les souillures de la mamelle (Vissers *et al.* 2007). D'autres constatent que le lait des bovins menés au pâturage est significativement plus chargé en bactérie que celui de ceux élevés « hors sol » (Slaghuis *et al.* 1997).

Plus récemment, d'autres auteurs ont essayé de caractériser et comparer les réservoirs et voies de contamination de plusieurs agents pathogènes, dont *Bacillus cereus sensus lato*, dans le lait cru et les produits laitiers, en investiguant les différents compartiments de l'environnement de la production laitière de sept exploitations australiennes (sol, prairie, point d'eau, alimentation, aussi bien que les matières fécales, le lait et les filtres de traite) (McAuley *et al.* 2014). Les bactéries du groupe *B. cereus* sont les plus retrouvées (41 % des échantillons positifs) et leur omniprésence est confirmée dans les prélèvements de sol (prévalence 93 %), contre une présence ponctuelle dans l'aliment (14 %, essentiellement dans le grain).

S'il n'y a pas véritablement d'utilité de rechercher *B. cereus* pour son rôle d'agent pathogène pour les animaux, nous pouvons le considérer comme un traceur d'hygiène représentatif des microorganismes formant des spores thermorésistantes, et dont l'habitat est le sol. Son rôle serait ainsi essentiellement d'assurer un critère d'hygiène des procédés, facilement utilisable dans la mesure où sa détection et son dénombrement sont encadrés par une méthodologie standardisée.

3.1.10.2 Staphylococcus aureus

Le rapport AFSSA du groupe de travail « Alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments » établissait en 2000 qu'il n'y avait pas, au sujet des aliments pour animaux fabriqués dans l'Union Européenne, de données scientifiques montrant un danger afférent à la bactérie *Staphylococcus aureus* (Afssa 2000).

Un avis plus récent de l'Anses concernant un guide de Bonnes Pratiques d'Hygiène (GBPH) « Production de matières premières végétales destinées à l'alimentation animale », valide que *Staphylococcus aureus* ne soit pas retenu comme un danger à considérer dans ce contexte. Il faut

toutefois noter que ce guide ne prend pas en compte la fabrication d'aliments à la ferme et le pâturage (Anses 2012a).

Une « Fiche Sanitaire Coproduits » produite en mai 2012 par le Comité National des Coproduits animé par l'Institut de l'Élevage, analyse le risque de contamination des co-produits d'origine végétale par des staphylocoques (Comité National des Coproduits 2012). D'après cette fiche, s'il peut exister un risque faible ou modéré de contamination, celle-ci n'est pas liée aux matières premières, mais survient plutôt lors de la fabrication, du transport, du stockage à la ferme ou de la distribution aux animaux. La même fiche indique que l'exposition des animaux aux Staphylocoques n'est pas liée à l'alimentation, mais se fait par contact direct des animaux sains avec des animaux porteurs d'abcès ouverts ou par l'intermédiaire d'objets contaminés.

Dans la littérature scientifique, les études rapportant des contaminations d'aliments pour animaux d'origine végétale par des Staphylocoques sont très rares, anciennes et peu précises. Certains auteurs décrivent des céréales contaminées par *S. aureus* dans une ferme laitière (Roberson *et al.* 1994). Toutefois, la source de contamination n'est pas identifiée et les auteurs mentionnent que les bovins colonisés de façon persistante par *S. aureus* représentent probablement le réservoir primaire de cette bactérie. Ceci est corroboré par une étude plus récente menée dans des fermes laitières australiennes : bien que 33 % des échantillons de lait cru et 44 % des filtres à lait soient positifs à *S. aureus*, aucun des autres types d'échantillons testés (dont des aliments et des pâturages) ne l'est (McAuley *et al.* 2014). On peut également noter une étude rapportant la présence de *Staphylococcus saprophyticus*, bactérie responsable d'infections urinaires humaines, dans de l'herbe de pâturages et dans des fourrages prélevés dans des mangeoires de porcs et de bovins (Hedman *et al.* 1993).

S'il est clair que la santé des animaux et des consommateurs de denrées animales peut être impactée par des Staphylocoques, les données disponibles n'indiquent pas que l'alimentation d'origine végétale des animaux d'élevage puisse être une voie significative de contamination par ces bactéries.

3.1.10.3 *Streptococcus suis*

Streptococcus suis est une bactérie communément présente dans les cavités orale et nasale des porcs, sans qu'aucun signe clinique ne soit observé. Ce portage asymptomatique peut néanmoins évoluer en forme infectieuse. En effet, certaines souches virulentes sont capables de franchir les barrières épithéliales et de provoquer des méningites, des endocardites ou des septicémies, notamment chez les porcelets. Les infections à *S. suis* concernent surtout les élevages de porcs à forte densité d'animaux, où l'infection se déclare généralement suite à un stress, à un changement brusque de température, à une ventilation défectueuse, ou à un regroupement d'animaux de différents élevages (Gottschalk, Kobisch et Berthelot-Hérault 2001). *S. suis* est également une bactérie zoonotique responsable de méningites et septicémies humaines, en particulier en Asie. La contamination se fait par contact direct avec des porcs ou des produits porcins, ou par consommation de viande insuffisamment cuite.

La présence de *S. suis* dans des matières premières végétales ou des aliments composés n'est rapportée dans aucun article. Les voies principales de contamination des porcs sont la contamination du jeune juste après la naissance et le contact direct groin à groin. Il est aussi probable que la contamination des aliments après leur distribution collective, par les porcs dont les cavités orales et nasales sont colonisées, participe à la transmission de la bactérie (Warneboldt et al. 2016).

Les données disponibles n'indiquent pas que l'alimentation d'origine végétale des animaux d'élevage puisse être une voie significative de contamination par *S. suis*.

3.1.10.4 *Brachyspira sp.*

Les bactéries du genre *Brachyspira* sont des spirochètes anaérobies à coloration de Gram négative, non sporulées et extrêmement mobiles. Certaines espèces sont des agents pathogènes intestinaux pour l'être humain et l'animal, principalement le porc et la volaille. *Brachyspira intermedia* et *B. pilosicoli* sont pathogènes chez le porc et la volaille, et *B. hyodysenteriae* et *B. hampsonii* sont pathogènes chez le porc. *B. pilosicoli* et *B. aalborgi* sont les principales espèces isolées de pathologies humaines (Hampson 2018). Les signes cliniques sont des diarrhées, souvent légères chez la volaille mais qui peuvent être hémorragiques et sévères chez le porc (dysenterie porcine). L'infection conduit à une baisse de production chez ces deux espèces animales. La présence de *Brachyspira sp.* est importante dans les troupeaux de poules pondeuses et de poulets de chair en Europe, Amériques du Nord et du Sud, Malaisie et Australie (Hampson 2018). En Australie, 70 % des troupeaux de poules pondeuses ont des animaux porteurs de *Brachyspira sp.*, avec une prévalence de 10 à 95 % au sein des troupeaux. Chez le porc, l'incidence semble variable selon les fermes. Des prévalences de l'ordre 10 à 20 % au sein de troupeaux de porcs en engraissement ont été retrouvées en Australie et au Danemark (Oxberry et Hampson 2003, Stege et al. 2000).

Des inoculations expérimentales de porcs avec *B. hyodysenteriae* et/ou *B. hampsonii* ont montré que la nature de l'alimentation des animaux peut influencer la prévalence et la sévérité de l'infection (Jacobson et al. 2004, Wilberts et al. 2014). Cependant, l'aliment n'est pas considéré comme une source de contamination des animaux. La transmission inter-animale est supposée oro-fécale, et une transmission zoonotique est probable, même si elle n'a pas été clairement démontrée (Hampson 2018). Des nuisibles (oiseaux, rongeurs) peuvent également être des sources et / ou des vecteurs de contamination à la ferme. Par ailleurs, la survie de *Brachyspira sp.* dans l'environnement peut être importante, en particulier dans les systèmes aquatiques stagnants. *B. pilosicoli* peut survivre 66 jours dans des eaux de lac à 4°C, 119 jours dans un sol et 210 jours dans des fèces de porc à 10°C (Boye et al. 2001, Hampson 2018). Sa survie est plus faible dans les fientes de volailles (trois jours à 4°C), mais suffisante pour permettre des recontaminations.

Brachyspira sp. est sensible à différents agents antimicrobiens, mais des résistances sont apparues dans les élevages. Le respect des pratiques de nettoyage et désinfection est important pour prévenir la transmission verticale dans les élevages, et le contrôle des nuisibles ainsi qu'un haut niveau d'hygiène sont nécessaires pour prévenir la propagation de la maladie (Mappley, La Ragione et Woodward 2014).

Les infections à *Brachyspira sp.* semblent fréquentes dans les élevages de volailles et de porcs. L'aliment n'a jamais été incriminé comme source de cet agent pathogène.

3.1.10.5 Cronobacter sp.

D'origine tellurique, ces bactéries sont présentes dans de nombreux habitats dont l'eau, le sol et les végétaux. Elles présentent une résistance relative à la dessiccation favorisant leur persistance dans certaines denrées alimentaires pulvérulentes (poudres de lait), mais ne survivent pas à la pasteurisation. Ces bactéries sont cependant responsables d'infections humaines affectant principalement les nourrissons et les très jeunes enfants alimentés par des préparations lactées en poudre.

Certains auteurs s'intéressant à la prévalence et à la caractérisation de sept agents pathogènes, dans l'environnement d'élevages laitiers bovins, ovins et caprins, mentionnent la présence de *Cronobacter sp.* dans quatre des sept étables. Ces bactéries ont été détectées principalement dans les aliments (38 % des échantillons de céréales et d'herbe), ainsi que dans un échantillon prélevé au niveau du filtre à lait, mais pas dans les laits crus (McAuley *et al.* 2014). Au total, huit échantillons sur les 70 prélevés (11 %) ont révélé la présence de *Cronobacter sp.*, soit, pour cette étude, un pourcentage équivalent à celui retrouvé pour *Salmonella* spp. (11 positifs sur 101 analysés) et bien supérieur à celui de *Campylobacter sp.* (2 %, 1 positif sur 54) ou de STEC (4 %, 4 positifs sur 101). De plus, *Cronobacter sp.* a été mis en évidence dans quatre des sept établissements étudiés, alors que *Salmonella* spp. et *Campylobacter sp.* n'étaient présents que dans un seul et *Listeria monocytogenes* dans trois d'entre eux. Ces résultats confirment ceux obtenus par d'autres auteurs qui indiquent que 67 % des prélèvements d'aliments destinés à un troupeau de vaches laitières étaient contaminés par *Cronobacter sp.* (Molloy *et al.* 2009). Cependant, dans cette étude, ces bactéries n'étaient pas mises en évidence dans le lait cru issu de ce troupeau.

Cronobacter sp. peut être retrouvé dans les aliments destinés à des bovins, ovins et caprins de race laitière. Cependant la relation entre ces contaminations et la présence de ces bactéries dans les denrées alimentaires n'a pas été, jusqu'à présent, établie. Des investigations épidémiologiques plus poussées, faisant appel à la caractérisation moléculaire des souches isolées tout au long de la chaîne alimentaire, devraient permettre de mieux connaître l'origine de ces contaminations.

3.1.10.6 Yersinia enterocolitica

D'autres entérobactéries, potentiellement pathogènes pour l'être humain, sont également citées dans la littérature consultée. Ainsi, *Yersinia enterocolitica* est une espèce retrouvée principalement chez les porcs qui en sont porteurs asymptomatiques ; cette bactérie est alors détectée au niveau des amygdales et parfois dans les matières fécales. Les yersiniose humaines sont fréquemment associées à la consommation de viandes porcines (langues et viandes hachées contenant des muscles crâniens et des muqueuses pharyngées).

Une étude (McAuley *et al.* 2014) s'intéressant à la prévalence et à la caractérisation de sept agents pathogènes, dans l'environnement d'élevages laitiers bovins, ovins et caprins, n'a pas permis de mettre en évidence *Yersinia enterocolitica* dans l'environnement et les aliments distribués dans les sept élevages laitiers. Par contre, une autre étude épidémiologique menée en Belgique, dans une centaine de porcheries, a tenté d'associer certains paramètres d'élevage évalués à l'aide d'un questionnaire, à la contamination des porcs issus de ces élevages, prélevés après l'abattage

(Vanantwerpen *et al.* 2015). Le mode d'alimentation des animaux était inclus dans ce questionnaire (alimentation à base de céréales, sous forme de farine ou de « bouillie », achat d'aliments). Aucun de ces paramètres liés à l'alimentation n'apparaît comme un facteur de risque ou de protection vis à vis de la contamination des porcs par *Yersinia enterocolitica*. Cependant, selon ces auteurs citant d'autres études, l'alimentation manuelle et l'achat d'aliments composés en provenance d'une usine particulière apparaissaient comme des facteurs de protection (Skjerve *et al.* 1998, Virtanen *et al.* 2011, Wesley, Bhaduri et Bush 2008). *A contrario*, l'utilisation d'aliments du commerce, la présence de farines de viandes et d'os dans l'aliment « finition », l'incorporation de déchets des industries alimentaires dans la ration et l'achat d'aliments composés en provenance d'une autre usine, étaient associés à un taux d'infection plus élevé en *Yersinia enterocolitica*.

Les animaux, et en particulier les porcs, sont des porteurs asymptomatiques de *Yersinia enterocolitica*. Certains modes d'approvisionnement ou d'alimentation des porcs sont associés en tant que facteurs de risques (ou de protection) de contamination des carcasses par *Yersinia enterocolitica*. Cependant la relation entre ces contaminations et la présence de ces bactéries dans les denrées alimentaires n'a pas été, jusqu'à présent, établie. Des investigations épidémiologiques plus poussées, faisant appel à la caractérisation moléculaire des souches isolées tout au long de la chaîne alimentaire, devraient permettre de mieux connaître l'origine de ces contaminations.

3.2 Les parasites

Le tableau présenté en Annexe 7 répertorie les articles issus de la recherche bibliographique, telle que définie dans la partie 1.4.2.2, en fonction des agents pathogènes et des matrices étudiés. Il est à noter que le corpus bibliographique disponible pour les parasites est moins important que celui concernant les bactéries.

3.2.1 Parasites *Cryptosporidium* spp, *Neospora caninum*, *Toxoplasma gondii*, les coccidies et *Giardia duodenalis*

3.2.1.1 Généralités

3.2.1.1.1 Généralités sur les parasites de l'ordre des Eucoccidies, phylum des Apicomplexa

➤ ***Cryptosporidium* spp.**

Selon la fiche de description de danger microbien transmissible par les aliments de l'Anses, "*Cryptosporidium* spp. est l'agent de la cryptosporidiose. C'est un parasite unicellulaire appartenant à l'ordre des Eucoccidies, phylum des Apicomplexa. Le cycle de multiplication comprend des stades asexués et sexués dans l'épithélium de l'intestin, parfois celui des voies biliaires ou, très exceptionnellement, celui des voies respiratoires. La multiplication asexuée du parasite conduit à la contamination de proche en proche des cellules de l'épithélium digestif et à son altération. La multiplication sexuée conduit à la formation d'oocystes qui sont éliminés dans les selles et sont directement infectants.

Cinq espèces de *Cryptosporidium* sont considérées comme pathogènes, *C. parvum*, *C. hominis*, *C. felis*, *C. meleagridis* et *Cryptosporidium* « génotype lapin ». La grande majorité des cas de cryptosporidiose humaine (> 90 %) sont dus à *C. parvum* (principal réservoir animal : les ruminants) ou à *C. hominis*. Les autres espèces sont principalement retrouvées chez les sujets immunodéprimés. *C. parvum* infecte principalement les ruminants nouveau-nés, chez qui il peut provoquer des diarrhées néonatales graves. L'excrétion est maximale entre cinq et 25 jours et cette classe d'âge représente une importante source de danger. Les animaux adultes peuvent également être réservoirs mais les niveaux d'excrétion sont beaucoup plus faibles (portage asymptomatique possible).

Les oocystes de *Cryptosporidium* restent viables et infectieux dans l'eau et dans les fèces jusqu'à six mois à des températures comprises entre 0 et 30°C et jusqu'à un an dans de l'eau de mer. Ils ne peuvent pas se multiplier dans l'environnement mais y survivent plusieurs mois en conditions fraîches et humides" (Anses 2011c).

➤ ***Neospora caninum***

Neospora caninum est l'agent de la néosporose. C'est un parasite appartenant à l'ordre des Eucoccidies, phylum Apicomplexa. Le cycle de *N. caninum* nécessite l'infection d'un hôte intermédiaire (bovins principalement) assurant la multiplication asexuée du parasite et d'un hôte définitif (chiens et canidés sauvages) hébergeant la multiplication sexuée. Le parasite infecte les

chiens et les bovins, et presque tous les animaux domestiques. Les canidés sont infectés le plus souvent en ingérant des matières contaminées (délivrances, avortons, cadavres divers) issues d'hôtes intermédiaires infectés ne présentant pas forcément de symptômes. Ils excrètent ensuite les parasites (sous forme d'ookystes) dans le milieu extérieur *via* leurs déjections (Dubey 2003, Dubey, Schares et Ortega-Mora 2007). Ces parasites ainsi rejetés sont très résistants dans le milieu extérieur lorsque la température est élevée (Dijkstra *et al.* 2001, Gondim, Gao et McAllister 2002).

Les bovins peuvent se contaminer en consommant de l'herbe, de l'ensilage ou de la paille souillés par des ookystes excrétés par les hôtes définitifs du parasite. Chez le bovin laitier, notamment en cas d'infection dans la seconde moitié de la gestation, il y a risque de transmission au fœtus. Dans ce cas, il n'y a en général pas d'avortement mais le fœtus devient porteur à vie du parasite avec possibilité de réactivation de l'infection. Chez le bétail, c'est une maladie à fort impact économique, puisque 5 % environ des vaches en France sont séropositives et que la maladie serait responsable d'environ 15 à 20 % des avortements chez les bovins. Dans les élevages bovins touchés, 2 à 50 % du cheptel peuvent être infestés (Arsia 2008, Malherbe 2013).

➤ *Toxoplasma gondii*

Selon la fiche de description de danger microbien transmissible par les aliments de l'Anses, *"Toxoplasma gondii est l'agent de la toxoplasmose, parasitose cosmopolite. C'est un parasite intracellulaire obligatoire appartenant à l'ordre des Eucoccidies, phylum Apicomplexa. Le cycle parasitaire comporte une phase de multiplication asexuée qui s'effectue dans différents tissus chez les mammifères homéothermes et les oiseaux (hôtes intermédiaires) et une phase de multiplication sexuée qui s'effectue dans l'épithélium digestif des chats et autres félidés (hôtes définitifs). Le chat excrète dans ses fèces des oocystes qui ne sont pas directement infectants lors de leur émission. Ils le deviennent après sporulation (un à cinq jours) et sont alors source potentielle de contamination pour les autres hôtes par ingestion. L'excrétion fécale des oocystes dure sept à 15 jours après la contamination, le temps que l'immunité active soit mise en place. Chez l'hôte intermédiaire, les oocystes sont lysés et libèrent des formes (tachyzoïtes) qui se disséminent rapidement dans la circulation sanguine. Après une parasitémie brève de quelques jours, les parasites s'enkystent dans tous les tissus, en particulier les muscles striés et le cerveau. Ces kystes peuvent alors être source de contamination de l'hôte définitif ou d'un nouvel hôte intermédiaire, par ingestion (carnivorisme). Trois principaux génotypes de Toxoplasma gondii sont identifiés ; tous peuvent infecter l'Homme. Si une large prédominance du génotype est observée en France métropolitaine, certains génotypes très virulents circulent en Amérique du Sud et en Guyane.*

Le réservoir parasitaire est à la fois animal (chat et autres félidés en tant qu'hôtes définitifs, animaux homéothermes en tant qu'hôtes intermédiaires), tellurique et hydrique, en raison de la dispersion et de la résistance des oocystes dans l'environnement. On estime qu'environ 1 % des chats sont excréteurs d'oocystes à un moment donné de leur vie ; les niveaux de séroprévalence de la toxoplasmose chez les chats sont très variables en relation avec leur mode de vie et d'alimentation (les chats citadins ne chassant pas et n'ayant pas la possibilité de s'infecter). La prévalence de l'infection à Toxoplasma gondii est très variable selon les espèces animales et suit un gradient décroissant selon les espèces animales suivantes : mouton, chèvre, le porc élevé en plein air, bovins, volailles et chevaux.

L'élevage hors sol contribue à la diminution de la prévalence de la toxoplasmose, notamment chez le porc. La toxoplasmose des petits ruminants (en particulier les ovins) est une des causes principales d'avortement dans les troupeaux. Une attention particulière doit être portée pour limiter

l'accès des chats aux élevages et aux zones de stockage des aliments pour animaux » (Anses 2011c).

➤ Les coccidies

Les coccidies (parmi lesquelles celles du genre *Eimeria*) sont des protozoaires, parasites intestinaux ou hépatiques chez de nombreux animaux d'élevage (ruminants, porcs, volailles, lapins). Parmi les espèces de coccidies connues, les plus pathogènes sont *E. Zuernii* et *E. Bovis* chez les bovins, *E. ninakohlyakimovae* chez les caprins, *E. scabra* et *E. deblickei* chez les porcs, *E. tenella* *E. necatrix* et *E. brunetti* chez le poulet de chair, *E. meleagrimitis* et *E. adenoides* chez la dinde, *E. intestinalis* et *E. flavescens* chez le lapin. Les animaux s'infestent par voie orale à partir d'ookystes sporulés contenus dans des aliments et de l'eau souillés par les fèces de congénères et/ou d'oiseaux sauvages, d'insectes et de rongeurs. Une fois ingérés par l'hôte, les oocystes sont libérés dans la lumière intestinale des hôtes au cours de la phase finale de leur cycle de vie puis sont éliminés dans les fèces. Ils peuvent donc ainsi se concentrer sur les pâturages mais aussi sur les surfaces cultivées via les effluents d'élevage au moment de l'épandage. En dehors de l'hôte, les oocystes deviennent infectieux une fois sporulés. Leurs conditions optimales de croissance sont une température de 25°C et une humidité de 31 à 62 % mais ils sont très résistants dans le milieu extérieur. Ainsi, des températures supérieures à 56°C ou inférieures à 0°C ne provoquent pas toujours leur destruction complète (Lassen et Seppä-Lassila 2014, McDougald 2003). Dans les élevages de ruminants, la persistance des coccidies dans l'environnement proche de l'animal (fèces, paille stockée à proximité, végétation proche des bâtiments d'élevage, paille accumulée sous les animaux puis utilisée comme fumier, aires bétonnées) a été estimée entre un à deux ans (Vallet 1994). Dans un avis de l'Anses, de 2012, la coccidiose n'a pas été identifiée comme faisant partie des maladies des ruminants, des porcs, des volailles ou des lapins ayant un impact sur la santé humaine, en raison de l'absence en France de cas humains avérés d'infection (Anses 2012b).

3.2.1.1.2 Généralités sur les parasites de l'ordre des Diplomonadida, phylum des Sarcocystophora : *Giardia duodenalis*

Selon la fiche de description de danger microbien transmissible par les aliments de l'Anses, "*Giardia duodenalis* (synonyme *Giardia intestinalis*, anciennement *Giardia lamblia*) est l'agent de la giardiose. C'est un protozoaire appartenant à l'ordre des Diplomonadida, phylum des Sarcocystophora. Il comporte plusieurs génotypes dont certains peuvent parasiter l'Homme. Le cycle de *Giardia duodenalis* comporte un trophozoïte très mobile qui meurt rapidement en dehors de l'hôte et un kyste immobile de forme ovoïde (8 à 16 µm) très résistant dans le milieu extérieur. Les kystes sont libérés de façon discontinue dans les selles. Ils sont directement infectants et responsables de la transmission du parasite. Après ingestion, la pepsine en milieu acide permet de libérer au niveau du duodénum des trophozoïtes en fin de division qui adhèrent aux entérocytes puis se multiplient par division binaire. Des kystes se forment sous l'effet de la trypsine et des sels biliaires. Dans leur majorité, les cas de giardiose humaine sont dus à des parasites d'origine humaine. Les génotypes de *Giardia duodenalis* retrouvés chez l'Homme (génotypes A et B) sont également retrouvés chez différents animaux sauvages (castors) ou domestiques (bovins, chiens, etc.). La chronicité de l'infestation chez les animaux porteurs peut entraîner des durées d'excrétion prolongées. Chez les animaux de rente ou de compagnie, la grande majorité des infections est due

à des génotypes spécifiques non retrouvés chez l'Homme et le rôle de ces animaux dans la transmission de l'infection à l'Homme n'est à ce jour pas éclairci.

La survie des kystes dans l'environnement est importante : 15 à 30 jours (maximum 74 jours) dans les matières fécales humaines ou bovines, de 28 à 56 jours dans les eaux de surface suivant les conditions de température (3,5 % à 18 % des eaux de surface contiennent des kystes viables), plusieurs semaines dans les eaux usées et sur les produits de l'agriculture arrosés par ces dernières. Les kystes peuvent rester viables à 4°C pendant 90 jours et 66 jours entre 12 et 22°C. Dans l'eau du robinet, les kystes peuvent survivre 77 jours à 8°C et 4 jours à 37°C" (Anses 2011c).

3.2.1.2 Taux de prévalence et lien avec l'alimentation des animaux d'élevage

Les taux de prévalence de *Cryptosporidium* spp., *Neospora caninum*, *Toxoplasma gondii*, *Eimeria* spp. et *Giardia duodenalis* déterminés chez certains animaux d'élevage sont présentés dans le Tableau 4. Quel que soit le parasite, les taux de prévalence sont plus élevés chez les ruminants que chez les monogastriques, notamment chez le porc. La différence de conduite d'élevage entre polygastriques et monogastriques peut, en partie, expliquer des niveaux différents de risque parasitaire. En effet, comparativement aux monogastriques dont l'élevage est majoritairement hors sol, les ruminants ont plus souvent accès au plein air que ce soit par le libre parcours ou le pâturage. Cependant, une étude a montré que la séroprévalence de *Toxoplasma gondii* chez des porcs ayant accès à des parcours plein-air était plus élevée que celle enregistrée chez des porcs en élevage conventionnel (8,2 vs 1,2%) (Wallander *et al.* 2016). Ainsi, quel que soit le type de production, le mode d'élevage plein air semble augmenter la probabilité d'exposition des animaux aux différents parasites, aux vecteurs et hôtes intermédiaires ou agents infectieux persistants dans le sol.

Parmi les ruminants sensibles à *Neospora caninum*, les bovins sont beaucoup plus réceptifs que les ovins et caprins, indiquant que la néosporose n'est pas fréquente chez les petits ruminants (Buxton 1998, Di Giovanni *et al.* 2006, Ryan *et al.* 2005). Selon Putfarken *et al.*, les moutons pâturent principalement sur des prairies sèches et pauvres où la biomasse est peu abondante, alors que les bovins préfèrent les sites humides où la biomasse, de moins bonne qualité, est abondante (Putfarken *et al.* 2008). Dans ces sites humides, la survie des oocystes serait favorisée, expliquant la prévalence plus élevée de *Neospora caninum* chez les bovins. La sélection des sites de pâturage par les ruminants pourrait donc expliquer les différences d'infection vis à vis de *Neospora caninum*.

Au contraire, le taux de prévalence de *Toxoplasma gondii* est plus élevé chez les ovins et caprins que chez les bovins. Les résultats d'une étude (Panadero *et al.* 2010) montrent que les ovins sont plus infectés par *Toxoplasma gondii* que les chevreuils et les bovins, corroborant ainsi les résultats d'une autre étude qui avaient montré que la probabilité d'être séropositif chez les moutons était 90 fois plus élevée que chez les bovins (Walker 1994). Selon cet auteur, les moutons, capables de brouter plus près du sol que les bovins, auraient plus de possibilités d'ingérer des oocystes de *Toxoplasma gondii* contaminant le sol (Walker 1994). Chez les ovins, la séroconversion est détectée principalement à l'échantillonnage automnal, ce qui indique que, dans la plupart des cas, l'infection est contractée au pâturage (Lunden, Nasholm et Ugglå 1994, Vesco *et al.* 2007). A partir d'enquêtes sur des troupeaux atteints de toxoplasmose, les pâturages et les zones de stockage des aliments comme les céréales et l'ensilage, contaminés par des fèces de chats, ont été trouvés comme étant des sources probables d'infection (Tzanidakis *et al.* 2012). L'ensilage peut être considéré comme un risque en cas de stockage prolongé (Lúcio *et al.* 2017).

Enfin, les taux de prévalence de *Neospora caninum* et de *Toxoplasma gondii* sont plus élevés chez les ovins que chez les caprins (Diakou *et al.* 2013, Liu, Li et Pan 2015, Nasir *et al.* 2012).

Tableau 4. Prévalence de *Cryptosporidium* spp., *Neospora caninum*, *Toxoplasma gondii*, *Eiimeria* et *Giardia duodenalis* chez différents animaux d'élevage

Parasite	Espèce/catégorie animale	Prévalence (%)	Référence
<i>Cryptosporidium</i> spp.	Bovin	1 - 100	(Canada 2012)
	Veau de boucherie	19 - 85	(Rieux, Chartier, Pors et Paraud 2013)
	Veau laitier	11 - 94	(Rieux, Chartier, Pors, Delafosse, <i>et al.</i> 2013)
	Chevreau	0 - 20 5 - 72	(Castro-Hermida <i>et al.</i> 2005, Rieux, Paraud, <i>et al.</i> 2013)
	Porc	1 - 10	(Canada 2012)
<i>Neospora caninum</i>	Bovin viande	1,5 - 79	(Dubey, Schares et Ortega-Mora 2007, Quintanilla-Gozaño <i>et al.</i> 1999, Payot 2002)
	Cheval	0 - 77,7	(Dubey 2003, Dubey, Schares et Ortega-Mora 2007)
	Buffle	1,5 - 70,9	(Dubey 2003, Dubey, Schares et Ortega-Mora 2007)
	Vache laitière	1,3 - 64,5	(Dubey, Schares et Ortega-Mora 2007, Panadero <i>et al.</i> 2010, Quintanilla-Gozaño <i>et al.</i> 1999, Payot 2002)
	Ovin	2 - 10,3	(Dubey, Schares et Ortega-Mora 2007, Liu, Li et Pan 2015, Panadero <i>et al.</i> 2010)
	Caprin	0 - 7,2	(Dubey, Schares et Ortega-Mora 2007, Liu, Li et Pan 2015, Santos <i>et al.</i> 2013)
	Porc	0 - 33	(Dubey, Schares et Ortega-Mora 2007)
<i>Toxoplasma gondii</i>	Ovin	18 - 57	(Liu, Li et Pan 2015, Luciano <i>et al.</i> 2011, Lúcio <i>et al.</i> 2017, Lunden, Nasholm et Uggla 1994, Panadero <i>et al.</i> 2010, Vesco <i>et al.</i> 2007)
	Brebis	31 - 72	(Lopes <i>et al.</i> 2010)
	Bélier	50 - 69	(Lopes <i>et al.</i> 2010)
	Caprin	26 - 34	(Liu, Li et Pan 2015, Luciano <i>et al.</i> 2011)
	Bovin	7,3	(Panadero <i>et al.</i> 2010)
	Porc	1 - 8	(Wallander <i>et al.</i> 2016)
<i>Eiimeria</i> spp.	Ovin adulte	61 - 93	(Mohamaden, Sallam et Abouelhassan 2018, Wang <i>et al.</i> 2010)
	Agneau	55 - 93	
	Caprin adulte	73 - 87	
	Chevreau	45 - 90	
	Veau	51	(Cardim <i>et al.</i> 2018)
	Lapin	5 - 70	(Abdel-Baki et Al-Quraishy 2013)
	Volaille (poulet)	31 - 91	(Awais <i>et al.</i> 2012, Györke, Pop et Cozma 2013, Lan <i>et al.</i> 2017)
	Porc	14 - 72	(Dauguschies <i>et al.</i> 2004)
<i>Giardia duodenalis</i>	Bovin	10 - 100	(Canada 2012)
	Porc	1 - 20	(Canada 2012)
	Chevreau	10 - 80	(Castro-Hermida <i>et al.</i> 2005)

Les oocystes de parasites tels *Cryptosporidium* spp, *Neospora caninum*, *Toxoplasma gondii*, *Eimeria* et *Giardia duodenalis* constituent un risque sanitaire pour les animaux élevés en plein air, de par la contamination des pâturages. Les animaux infectés peuvent entretenir le phénomène et contribuer à une contamination de l'environnement, notamment des eaux de surface. L'ensilage peut être considéré comme un facteur de risque en cas de stockage prolongé. Les zones de stockage (foin, paille, ensilage, céréales) et les locaux de l'élevage sont des sites à surveiller en raison de l'éventuelle contamination par les fèces d'hôtes définitifs (chiens et chats). Toutefois, il reste difficile d'évaluer précisément les risques compte tenu du manque de données relatives à la quantification de ces parasites dans les aliments pour animaux.

3.2.2 Cestodes et Nématodes

3.2.2.1 Généralités sur la Classe des Cestodes (Embranchement des Plathelminthes) et l'Embranchement des Nématodes

Nous regroupons dans ce chapitre l'immense ensemble de parasites dont le cycle biologique est construit sur un schéma épidémiologique identique. Le point commun majeur est constitué par la source d'infestation pour l'animal et pour l'être humain, qui est la matière fécale renfermant des œufs de ces parasites contaminants le sol (géohelminthiases), les plantes comestibles et l'eau de boisson. La transmission aux animaux et à l'être humain est alors directe (par voie buccale), ou indirecte par les substrats où vont se fixer les œufs (végétaux, poussière, sol, etc.).

Cela concerne:

- d'une part les parasites à cycle monoxène (à un seul hôte), où l'infestation d'un nouvel hôte se produit par l'ingestion des œufs, ou des larves issues de l'éclosion de ces œufs. C'est notamment ce schéma qui prévaut dans le cas des Nématodes gastro-intestinaux, l'infestation se faisant chez le bétail élevé sur des pâturages naturels en broutant les larves de stade L3 mobiles, présentes sur les herbes ;
- d'autre part, les parasites à cycle hétéroxène, dont les larves après éclosion vont passer par un ou des hôte(s) intermédiaire(s) (HI), avant de reboucler sur leur hôte définitif (HD) au stade adulte. On peut y rattacher le cas des Cestodes échinocoques (cysticercose, hydatidose, coenurose, échinococcose alvéolaire) où l'infestation se fait par ingestion des œufs de parasites lors de la consommation de végétaux souillés par les déjections de canidés. En outre, l'infestation de l'animal et de l'être humain peut se produire de façon alternative par consommation de l'HI présent dans ou sur l'aliment. C'est notamment ce schéma qui prévaut pour les protostrongles pulmonaires au travers de l'ingestion par les herbivores des petits escargots terrestres HI rampant sur les brins d'herbe, ou pour les *Moniezia* au travers de l'ingestion des oribates HI présents dans le sol et consommés avec les végétaux.

L'importance du parasitisme en économie de l'élevage et en santé publique est considérable. Le coût des pertes directes (mortalités, saisies à l'abattoir) et indirectes (baisse des performances de production, chiffres d'affaire des médicaments) représente annuellement des milliards d'euros. En santé humaine, la seule ascaridiase touche entre 650 millions et un milliard de personnes par an (Acha et Szyfres 2005).

Trichinella spp. (dont *Trichinella spiralis*, *T. pseudospiralis*, *T. nativa*, *T. nelsoni*, et *T. britovi*) est un parasite microscopique de nombreux mammifères monogastriques qui s'enkyste dans les cellules musculaires striées squelettiques de l'hôte qu'il parasite. Son cycle évolutif est entretenu chez des animaux qui ingèrent involontairement (porcs, chevaux) ou volontairement (ours, renards, sangliers) d'autres animaux (rongeurs) ayant des muscles striés contenant des larves enkystées infectieuses. Il est à l'origine de la trichinellose, maladie d'origine animale transmissible à l'être humain qui se contamine en consommant de la viande issue d'animaux contaminés, crue ou insuffisamment cuite. Le réservoir en France est principalement le renard, carnivore strict qui consomme beaucoup de viande et qui se réinfeste ainsi régulièrement *via* la consommation de viande d'autres mammifères infestés. Un des vecteurs principaux pour l'être humain est le sanglier, omnivore, consommant occasionnellement de la viande comme les carcasses de renard. D'après le laboratoire conventionné avec l'Institut National de Veille Sanitaire pour la surveillance des cas humains de trichinellose⁵⁸, peu de cas autochtones (moins d'une dizaine de cas par an entre 2006 et 2011) de toxico-infection alimentaire collective (TIAC) ont été déclarés au CNR.

3.2.2.2 Présence des Cestodes et Nématodes dans les aliments pour animaux

Le compartiment alimentaire concerné par la problématique du parasitisme est essentiellement l'élevage en pâturage, où les animaux stationnent sur des lieux qui ont été souillés par des déjections, ou amendés par des effluents animaux ou encore par des boues de station d'épuration (Cabaret *et al.* 2002, Moussavou-Boussougou, Dorny et Cabaret 2005, Moussavou-Boussougou *et al.* 2005). Par extension, cela concerne aussi la consommation de végétaux en vert issus de tels pâturages, pour les animaux en bâtiment ou stabulation.

Pour ce qui concerne les végétaux conservés, les larves L3 de Nématodes disparaissent rapidement dans le foin séché et dans les process anaérobies d'ensilage tandis que les procédés de fabrication d'aliments à la ferme ou industriels excluent leur survie.

Les œufs de Cestodes quant à eux sont réputés plus résistants, mais autant la littérature qui les incrimine dans l'infestation d'herbivores au pâturage est abondante, notamment dans le cadre d'amendements organiques par des effluents animaux ou humains, autant aucun article n'a été trouvé pour les fourrages conservés et les aliments fabriqués.

Par ailleurs, il n'existe pas de méthodes normalisées d'évaluation de la charge parasitaire en Nématodes et Cestodes dans les aliments. Des modalités indirectes d'appréciation peuvent toutefois être mises en œuvre, comme la norme AFNOR FD X33-040, utilisée pour le dénombrement et la viabilité des œufs d'Helminthes parasites dans les boues d'épuration destinées à l'épandage sur les pâtures. Il existe aussi des méthodes de quantification du pouvoir infestant des prairies, mesurées par la charge en larves L3 par Kg de MS herbacée.

⁵⁸ <https://cnrdestrichinella.monsite-orange.fr/> (consulté le 30/08/19).

Le risque lié au parasitisme à Nématodes et Cestodes, qui constitue un handicap sanitaire et économique majeur, est essentiellement porté par la gestion des animaux dans l'espace (bâtiments, rotation des pâturages) et la gestion des effluents. La part imputable à l'alimentation animale, hors pâturage et fourrage vert, est probablement négligeable.

3.3 Les virus

Le tableau présenté en Annexe 7 répertorie les articles issus de la recherche bibliographique telle que définie dans la partie 1.4.2.2 en fonction des agents pathogènes et des matrices étudiés. Le corpus bibliographique est encore moins important que celui concernant les bactéries voire les parasites.

3.3.1 Les virus porcins

3.3.1.1 Etude générale

Un article récent étudie la survie de 11 virus porcins lors de transports maritimes (Dee *et al.* 2018). Cette étude s'inscrit dans le contexte de l'introduction du virus de la diarrhée épidémique porcine (DEP) aux Etats-Unis en 2013. Même si la cause initiale de l'introduction n'a pas été déterminée, l'aliment et/ou les matières premières entrant dans la composition de l'aliment sont fortement suspectées d'avoir été à l'origine de l'introduction puisque la transmission du coronavirus de la DEP *via* l'aliment est documentée. Sur ce virus, un modèle de transport trans-pacifique avait préalablement été utilisé (Dee *et al.* 2016). En contaminant des matières premières communément importées de Chine et en les soumettant à des conditions correspondant à un voyage de 37 jours de Beijing à Des Moines, les auteurs ont démontré que le virus survivait dans cinq ingrédients majeurs : tourteau de soja (bio et conventionnel), vitamine D, lysine, choline. L'étude de 2018 de Dee complète donc ces premiers travaux en évaluant un plus grand nombre de virus porcins sur différentes matrices ; l'hypothèse étant que certaines interactions virus/matrices seraient particulièrement favorables à la survie des virus, constituant donc des combinaisons à haut risque. Pour la sélection des virus à tester, les auteurs se sont fondés sur la hiérarchisation des virus pathogènes pour le porc, effectuée par le Swine Health Information Center. Les virus testés ont été : Fièvre Aphteuse, Peste Porcine Classique, maladie d'Aujeszky, exanthème vésiculaire, Nipah, maladie vésiculeuse, stomatite vésiculeuse, Syndrome Dysgénésique Respiratoire Porcin (SDRP), circovirus porcine de type 2 (PCV2), Peste Porcine Africaine (PPA), Influenza.

Dans ce même article, pour les maladies non présentes aux Etats-Unis, des virus de substitution ont été utilisés (propriétés génétiques et physico chimiques similaires) ; ceux-ci étant couramment utilisés pour tester la résistance dans l'environnement et l'activité des désinfectants. Pour les virus endémiques (SDRP, influenza, PCV2, stomatite vésiculaire) et pour la PPA (seul membre de sa famille), le vrai virus a été utilisé. Deux modèles ont été utilisés, simulant les conditions d'un transport trans-Atlantique (virus de la PPA) ou trans-Pacifique (10 virus endémiques en Chine). Le choix des matières premières à tester a été déterminé en tenant compte des volumes d'importations aux Etats-Unis. Les échantillons ont été traités par rayonnements ionisants puis contaminés à différents temps pour simuler la contamination à différentes étapes du transport. La dose infectante (10^5 TCID₅₀) a été déterminée sur la base de données de terrain décrivant les niveaux de contamination de l'aliment par le virus de la DEP.

La mise en évidence des virus après transport dans les échantillons de matières premières a été réalisée par PCR. La viabilité a été évaluée par isolement viral sur culture cellulaire et par infection expérimentale de porcs si la PCR était positive et l'isolement viral négatif (ce dernier test n'a donc été réalisé que pour les agents pathogènes du porc).

Parmi les 11 virus testés, huit étaient encore infectieux après le transport dans deux ou plus des matières premières testées. Le virus le plus stable était le virus de la Fièvre Aphteuse (encore présent sous forme viable dans 10 des 11 matières premières testées), suivi par les virus de la PPA et de la maladie vésiculeuse des suidés (le sapulovirus porcin dans cette étude) mis en évidence dans neuf matières premières.

Les matières premières les plus favorables à la survie des virus étaient le tourteau de soja (positif pour sept virus), l'hydrochlorure de lysine et l'aliment complet (cinq virus), la vitamine D, le chlorure de choline et les enveloppes de saucisse (quatre virus).

Les virus enveloppés testés n'ont pas été retrouvés viables à l'issue du test à l'exception du virus du SDRP dans le tourteau de soja et les solubles de distillerie. A l'exception du virus de la PPA, les autres n'ont pas été retrouvés en l'absence de matière organique.

3.3.1.2 Les coronavirus

Suite à son introduction sur le continent nord américain en 2013, la preuve de concept de l'infection de porcelets suite à la consommation d'aliment contaminé a été apportée pour le coronavirus de la DEP, par une infection expérimentale (Dee *et al.* 2014). Une étude épidémiologique portant sur 27 cas au Canada a permis de documenter l'importance du lien avec la présence de plasma de porc déshydraté dans l'aliment (Aubry *et al.* 2017). Une autre étude a évalué la persistance dans l'aliment et certaines matières premières de trois coronavirus porcins responsables de troubles digestifs: le virus de la gastroentérite transmissible (GET), le virus de la DEP et le Delta Coronavirus porcin (PDCoV) (Trudeau *et al.* 2017). Les échantillons testés étaient de l'aliment complet (100 % végétal) et, comme matières premières, le plasma, la farine de viande, la farine de viande et d'os, la poudre de sang, le maïs, le tourteau de soja, le DDGS⁵⁹. Les résultats confirment une meilleure survie dans le tourteau de soja pour le virus de la DEP.

Concernant le lien entre la composition chimique des aliments et la survie des virus, une corrélation positive modérée a été trouvée avec l'humidité pour le virus de la GET et le PDCoV, suggérant qu'un taux d'humidité supérieur est associé à une meilleure survie. Cette corrélation n'a pas été observée pour le virus de la DEP. Cependant, le taux d'humidité avait déjà été identifié comme un facteur influençant la survie du virus de la DEP : 28 jours dans de l'aliment complet humide vs sept jours dans de l'aliment sec (Goyal 2014). Enfin, pour le virus de la GET seulement, le taux de l'extrait à l'éther était corrélé à une moins bonne survie. Les auteurs n'ont pas observé d'influence du pH sur la survie alors qu'elle avait été observée dans des études antérieures mais sur des aliments humides (Schumacher *et al.* 2016).

Une étude décrit la dissémination du virus de la DEP dans une unité de fabrication d'aliment pour porcs (Schumacher *et al.* 2017). La contamination s'est avérée très étendue : les prélèvements par chiffonnettes réalisés sur toutes les surfaces en contact de l'aliment contaminé expérimentalement étaient positifs par PCR y compris après plusieurs fabrications de lots. En revanche les infections expérimentales n'ont pas permis de mettre en évidence du virus infectieux. La persistance de

⁵⁹ Distillers dried grains with solubles

l'infection était supérieure sur les surfaces plastiques en comparaison avec les surfaces métalliques. L'utilisation de la chaleur et de décontaminants chimiques n'a pas permis d'éliminer le virus. D'autres études ont démontré que l'élimination du virus était difficile dans les fabriques d'aliment d'où l'importance des protocoles de prévention de la contamination des sites (Huss *et al.* 2017).

3.3.2 Le virus de la maladie hémorragique du lapin (Calicivirus)

Une étude explore la résistance du virus de la maladie hémorragique du lapin (RHDV) dans l'environnement (Henning *et al.* 2005). Aucune étude de ce type n'avait préalablement été conduite mais des études épidémiologiques suggéraient que ce virus persiste dans l'environnement, expliquant l'épidémiologie de la maladie.

Deux supports différents ont été contaminés expérimentalement par du virus (bande de coton et foie de bovin) et déposés sur des pâturages. Des échantillons ont été collectés à 1, 10, 44 et 91 jours après inoculation. La viabilité du virus a été évaluée par infection expérimentale de lapins. Après 44 jours, les auteurs ne mettent plus en évidence de virus infectieux sur le coton (probablement en raison de la deshydratation du support) alors que le foie reste infectieux jusqu'à 91 jours. Les auteurs concluent que le virus survit peu dans l'environnement mais que les cadavres d'animaux infectés peuvent constituer des réservoirs environnementaux de virus pendant au moins trois mois. La persistance dans l'environnement entre épisodes épidémiques est donc peu probable.

3.3.3 Les virus de la diarrhée virale bovine et de la Border Disease (Pestivirus)

Une étude explore le rôle de pâturages collectifs en alpage dans la transmission du virus de la diarrhée virale bovine (Braun *et al.* 1998). Les auteurs mettent en évidence une transmission du virus entre animaux au cours de la saison de pâturage, et ce notamment si des animaux IPI (infectés permanents immunotolérants) étaient présents dans les lots mais la transmission a lieu par contact direct entre animaux. Le rôle du pâturage lui-même comme voie de transmission indirecte du virus entre animaux n'a pas été investigué.

La transmission du virus de la Border Disease entre ovins et bovins a également été mise en évidence dans les mêmes conditions de partage de pâturages (Braun *et al.* 2013). Dans une revue sur la diarrhée virale bovine, l'auteur n'envisage pas l'aliment comme modalité de transmission du virus entre animaux (Houe 1999).

Certains virus peuvent survivre dans les matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale. Néanmoins, la contamination des animaux par les matières premières d'origine végétale est considérée comme négligeable.

3.4 Synthèse de l'analyse bibliographique

Afin de répondre à la question 3 de la saisine « préciser si possible les couples matrice/danger les plus pertinents » en alimentation animale, les experts ont établi une liste de couples matrice/danger à évaluer sur la base des conclusions de l'analyse bibliographique. Au regard des éléments de la bibliographie, le GT a choisi d'évaluer la pertinence des couples « matrice/danger » par filière, en développant une méthode de « hiérarchisation » des triades « matrice/danger/filière » identifiées suite à l'analyse bibliographique.

Les triades qui seront évaluées sont indiquées dans le Tableau 5 ci-dessous. Dans ce tableau, les dangers microbiens ne sont pas classés par ordre d'importance mais par ordre alphabétique.

Tableau 5 : Liste des 30 triades matrice / danger microbien / filière retenues pour la hiérarchisation

Type de matrice	Danger microbien	Filière(s) atteinte(s)
Paturage et affouragement en vert	<i>Bacillus anthracis</i>	Ruminants
	<i>Campylobacter sp.</i>	Ruminants, Volailles
	<i>Clostridium botulinum</i> gpe III	Ruminants
	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants
	<i>Mycobacterium avium</i> subspecies <i>paratuberculosis</i> (MAP)	Ruminants
	<i>Mycobacterium bovis</i>	Ruminants
	Parasites zoonotiques (<i>Toxoplasma gondii</i> , <i>Cryptosporidium</i> spp, <i>Taenia</i>)	Ruminants
	Parasites non zoonotiques (<i>Neospora caninum</i> , coccidies)	Ruminants
Ensilage bien conduit ⁶⁰	<i>Clostridium botulinum</i> gpe III	Ruminants
	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants
Ensilage mal conduit	<i>Clostridium botulinum</i> gpe III	Ruminants
	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants
Enrubannage bien conduit	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants
Enrubannage mal conduit	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants
Matières premières non traitées	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants, Porcs
	<i>Salmonella</i> spp.	Ruminants, Volailles, Porcs
Aliments composés non traités (farine)	<i>Campylobacter sp.</i>	Volailles
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Porcs
	<i>Salmonella</i> spp.	Volailles, Porcs

⁶⁰ Suite à l'analyse de la bibliographie, les experts ont distingué les processus bien et mal conduits pour les notations des deux matrices ensilage et enrubannage.

Type de matrice	Danger microbien	Filière(s) atteinte(s)
Aliments composés traités thermiquement	<i>Salmonella</i> spp.	Volailles
Aliments composés granulés	<i>Salmonella</i> spp.	Ruminants, Volailles, Porcs

En ce qui concerne les dangers émergents⁶¹, l'analyse de la bibliographie n'a pas mis en évidence de danger microbien possiblement émergent. Cependant, les experts du GT soulignent que les dangers microbiens recensés à partir de la littérature scientifique l'ont été suite à une recherche allant jusqu'en octobre 2019 et donc ne constituent pas une liste figée. Certaines évolutions des pratiques en élevage, des habitudes alimentaires humaines, le changement climatique et l'adoption de pratiques à visée écologique pourraient favoriser l'émergence de dangers microbiens susceptibles d'affecter les animaux d'élevage, les êtres humains et l'environnement. Ces évolutions pourraient également renforcer les risques liés à des dangers microbiens déjà identifiés.

En effet, l'évolution des pratiques d'élevage, et en particulier l'évolution des cahiers des charges et le développement de l'élevage plein-air et/ou biologique, pourraient générer dans toutes les filières concernées de nouvelles problématiques de gestion des risques sanitaires, parmi lesquelles certaines liées à l'alimentation des animaux. A titre d'exemple, en élevage de porcs sous cahier des charges « Agriculture Biologique », des aliments (matières premières céréalières) et de la paille (à la place des caillebotis) moins traités qu'en élevage conventionnel sont utilisés. Ils sont donc plus susceptibles d'être contaminés par des dangers microbiens (dont des champignons producteurs de mycotoxines) et leur utilisation pourrait avoir un impact négatif sur la santé des animaux (Anses 2015a).

Par ailleurs, l'importance croissante des enjeux écologiques, qui se traduit par des incitations à éviter le gaspillage de denrées alimentaires, ou, plus simplement, des enjeux de rentabilité industrielle, pourraient également faire évoluer le risque microbien en alimentation animale. Les industries agro-alimentaires produisent de grandes quantités de déchets ou de sous-produits de fabrication dont certains peuvent trouver, dans l'alimentation animale, une filière de valorisation. Ils acquièrent alors le statut de coproduits et peuvent devenir une matière première pour l'alimentation animale⁶² (ADEME 2016). Parmi ces co-produits très variés figurent par exemple les pulpes de betterave, le lactosérum ou les déchets de brasserie. Certaines issues de culture comme les retraits et écarts de tri de fruits et légumes peuvent également être valorisées en alimentation animale. Ces co-produits et issues de culture peuvent toutefois présenter un risque biologique, les principaux contaminants identifiés étant des bactéries (principalement les *Campylobacter*, entérobactéries, salmonelles et staphylocoques) (Chapoutot *et al.* 2018). Dans le cas des co-produits de fruits et légumes, les points de vigilance se situent dans le nettoyage et la qualité de transformation au niveau industriel, tandis que pour les co-produits liquides issus de la filière laitière, ce sont plutôt le transport et la conservation à la ferme qui peuvent poser problème.

⁶¹ Les experts ont considéré les dangers émergents au sens de la définition de « maladie émergente » que l'on peut lire dans le glossaire du *Code sanitaire pour les animaux terrestres* de l'OIE : « désigne une nouvelle apparition, chez un animal, d'une maladie, d'une infection ou d'une infestation ayant des répercussions significatives sur la santé animale ou humaine et résultant : a) de la modification d'un agent pathogène connu ou de sa propagation à une nouvelle aire géographique ou à une nouvelle espèce, ou b) d'un agent pathogène non identifié antérieurement ou d'une maladie diagnostiquée pour la première fois ».

⁶² <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-technique-alimentation-animale-201608.pdf> (consulté le 08/08/19).

4 Les triades « matrice/danger/filière » les plus pertinentes en alimentation animale

4.1 Méthodologie mise en place pour déterminer les triades « matrice/danger/filière » les plus pertinentes en alimentation animale

Afin d'évaluer la pertinence des triades identifiées sur la base de l'analyse bibliographique, comme demandé dans la question 3 de la saisine, les experts ont développé une méthode de hiérarchisation.

Pour établir la grille de notation, le GT s'est attaché à mettre au point une méthode simple de notation des triades « matrice/danger/filière » en s'inspirant des travaux précédents de l'Agence sur la hiérarchisation des maladies animales exotiques et présentes en France (Anses 2015b). La grille de notation proposée comprend 11 critères répartis en trois domaines (Tableau 6): six critères s'intéressant aux dangers microbiens (DM), deux critères concernant les matrices et trois critères « autres ». Pour les critères C1 à C6, la notation a été faite sur la base du danger microbien considéré sans tenir compte de la matrice. Pour les critères C7 et C8, la notation a été faite indépendamment du danger microbien considéré et uniquement sur la matrice. Pour le critère C11, la notation a été établie en tenant compte des outils de gestion actuellement connus portant à la fois sur les matières premières / aliments composés et sur les sites de production / utilisation d'aliments (Figure 8).

Afin d'assurer une homogénéité dans la notation, l'amplitude des notes a été établie sur une échelle de 0 à 5 pour neuf critères. Pour les deux autres (nombre de filières atteintes et voies d'introduction du DM), les notes vont de 1 à 5. Les critères et leurs modalités de notation sont détaillés dans le Tableau 6.

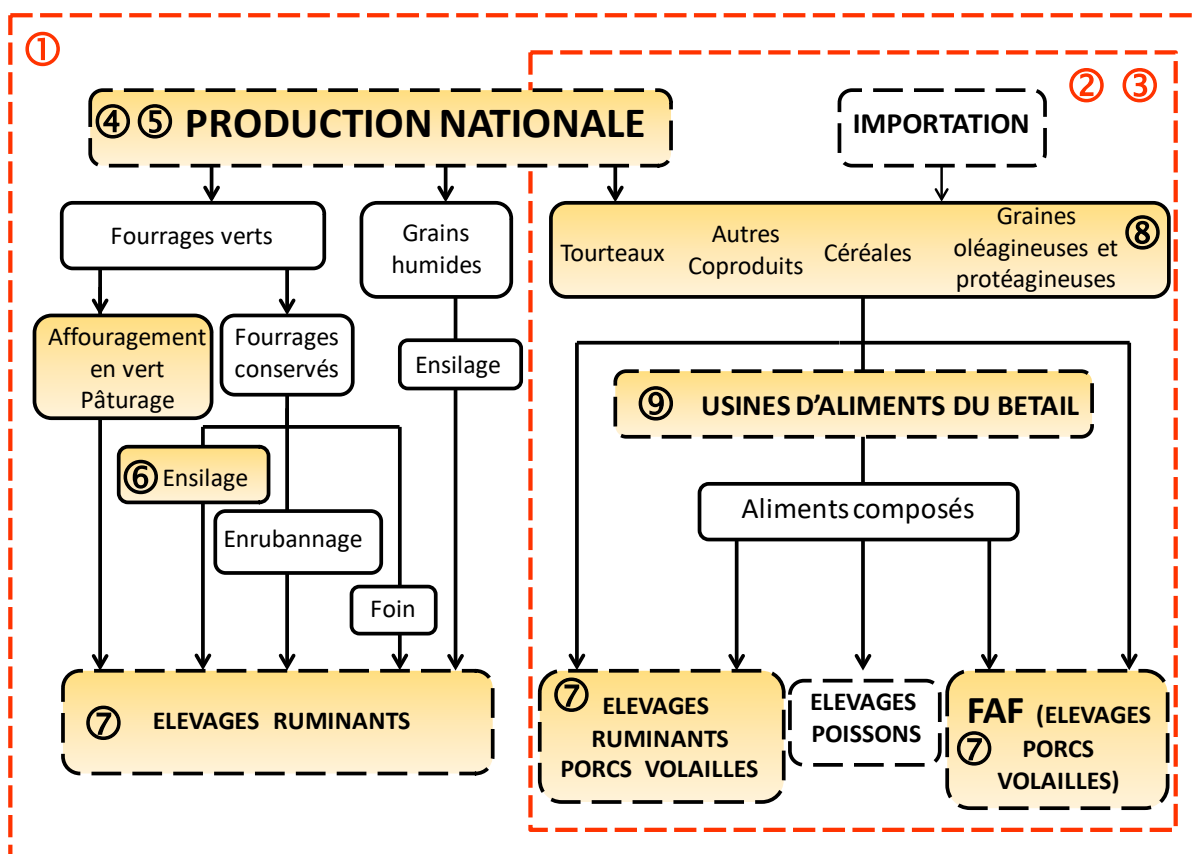
Les notes des triades, pour les différents critères, ont été attribuées en GT de manière consensuelle après discussion, sur la base des données de la bibliographie et/ou des opinions des experts du GT. Ainsi, le GT a attribué une note dite « la plus probable » (note pp) qui représente la valeur la plus consensuelle pour le critère considéré. La variabilité de chaque critère a été prise en compte par l'attribution d'une note minimale et d'une note maximale. Quelle que soit la filière, cette variabilité est essentiellement liée à la variabilité des situations. Pour les ruminants, par exemple, la variabilité est ainsi liée au fait que cette filière regroupe différentes catégories d'animaux (bovins, ovins et caprins laitiers, bovins et ovins allaitants, veaux).

Tableau 6: Liste des critères pris en compte pour la hiérarchisation et grille de notation

Critères	Exemples d'éléments d'évaluation	Qualificatifs	Notes correspondantes
C1 : danger pour l'être humain	<i>Degré d'exposition (mode de contamination, contagiosité, etc.), fréquence de la maladie, gravité médicale habituelle, tableau clinique le plus fréquent, proportion de cas graves et transmissibilité interhumaine, coût de la zoonose.</i>	Nul Très faible Faible Moyen Elevé Très élevé	0 1 2 3 4 5
C2 : nombre de filières atteintes par le danger microbien	<i>Plus le nombre de filières atteintes est élevé (ruminants, porcins, volailles, lapin, poissons, etc.) plus la note se rapproche de 5.</i>	1 filière 2 filières 3 filières 4 filières 5 filières	1 2 3 4 5
C3 : capacité des espèces atteintes à disséminer le danger microbien	<i>Taux de prévalence du danger dans les espèces considérées, charge fécale, etc.</i>	Pas d'information Nulle Très faible Faible Moyenne Elevée Très élevée	NA 0 1 2 3 4 5
C4 : impact du danger microbien sur la santé et le bien-être animal	<i>Sévérité des signes cliniques, morbidité et proportion de cas mortels, fréquence de l'infection, atteintes au bien-être animal (durée de la maladie, souffrances de l'animal, etc.).</i>	Nul Très faible Faible Moyen Elevé Très élevé	0 1 2 3 4 5
C5 : impact du danger microbien sur la/les filière(s) atteinte(s)	<i>Pertes de production, coûts thérapeutiques, coûts de la prophylaxie, coût de la surveillance (sur les animaux ou les denrées alimentaires), effets déstructurant sur la/les filière(s) atteinte(s) (par exemple, les rappels de lots), etc.</i>	Pas d'information Nul Très faible Faible Moyen Elevé Très élevé	NA 0 1 2 3 4 5

Critères	Exemples d'éléments d'évaluation	Qualificatifs	Notes correspondantes
C6 : impact du danger microbien sur l'environnement	<i>Atteinte de la flore et/ou de la faune sauvage (indiquer les espèces sensibles) en considérant que le DM étudié se propage à partir des espèces domestiques atteintes, impact sur la santé et la dynamique de population et ou la survie des espèces sensibles, etc.</i>	Nul Très faible Faible Moyen Elevé Très élevé	0 1 2 3 4 5
C7 : utilisation de la matrice	<i>Tonnage utilisé, utilisation sur la totalité ou sur une partie de la filière (par exemple uniquement les poules pondeuses dans la filière volailles), etc.</i>	Nulle Très faible Faible Moyenne Elevée Très élevée	0 1 2 3 4 5
C8 : faisabilité/facilité de l'échantillonnage et sensibilité de la méthode	<i>Faisabilité et /facilité des procédures d'échantillonnage de la matrice considérée, sensibilité de la méthode dans le cas où le couple est jugé pertinent et entrerait dans des plans de surveillance et de contrôle. Plus cet échantillonnage est facile et faisable, plus la note est faible.</i>	Impossible au moment de la rédaction du rapport Très difficile Difficile Moyennement difficile Facile Très facile	5 4 3 2 1 0
C9 : comportement du danger microbien dans la matrice	<i>Capacité du DM à survivre dans la matrice considérée, sa croissance, ses capacités d'amplification, etc.</i>	Pas de survie Survie à court terme (\leq 1 mois) Survie à long terme Survie et croissance modérée Survie et croissance élevée Survie et croissance très élevée	0 1 2 3 4 5
C10 : voies d'introduction du danger microbien dans la matrice	<i>Fonction des voies d'introductions du DM dans la matrice considérée et de leur nombre. Voies possibles d'introduction : les matières premières, les vecteurs animaux (animaux de l'élevage, animaux de compagnie, faune sauvage (commensale et/ou libre)), l'épandage, l'usine/unité de fabrication de l'aliment, l'environnement (terre, etc.), les locaux de l'élevage ou de stockage, l'eau d'irrigation, etc.</i>	Très faible nombre de voies d'introduction possibles (\leq 2) Faible nombre de voies d'introduction (3-4) Nombre moyen de voies d'introduction possibles (5) Nombreuses voies d'introduction possibles (6-8) Très nombreuses voies d'introduction possibles (\geq 8)	1 2 3 4 5

Critères	Exemples d'éléments d'évaluation	Qualificatifs	Notes correspondantes
C11 : existence d'outils de gestion efficaces concernant le danger microbien et/ou la matrice	<p><i>Existence d'outils de gestion qui pourraient permettre de limiter l'impact du DM sur la ou les filière(s) considérée(s) : influence de la biosécurité et des bonnes pratiques d'élevage, délai d'attente et hygiénisation des épandages, bonnes pratiques de préparation de la matrice (ensilage, FAF, etc.), existence de guide, etc.</i></p> <p><i>Plus les outils de gestion disponibles ont été évalués efficaces, plus la note attribuée à ce critère est faible. Les experts ont raisonné en s'appuyant sur la Figure 8 ci-dessous.</i></p>	<p>Aucun outil de gestion</p> <p>Très faible nombre d'outils de gestion</p> <p>Faible nombre d'outils de gestion</p> <p>Nombre moyen d'outils de gestion</p> <p>Nombreux outils de gestion</p> <p>Très nombreux outils de gestion</p>	<p>5</p> <p>4</p> <p>3</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>0</p>



① Règlement (CE) n°183/2005 du Parlement européen et du Conseil du 12 janvier 2005 établissant des exigences en matière d'hygiène des aliments pour animaux.

② Règlement (CE) n°2160/2003 du Parlement européen et du Conseil du 17 novembre 2003 sur le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques spécifiques présents dans la chaîne alimentaire.

③ Règlement (CE) n° 882/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004, relatif aux contrôles officiels effectués pour s'assurer de la conformité avec la législation sur les aliments pour animaux et les denrées alimentaires et avec les dispositions relatives à la santé animale et au bien-être des animaux.

④ BPH Production à la ferme de matières premières destinées à l'alimentation animale.

⑤ Code rural et de la pêche maritime. Version consolidée au 8 juillet 2019. www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?cidTexte=LEGITEXT000006071367

⑥ AFSSA. Bonnes pratiques de fabrication de l'ensilage pour une meilleure maîtrise des risques sanitaires. Janvier 2004.

⑦ Guide de bonnes pratiques d'hygiène « Elevage de gros bovins, veaux de boucherie, ovins et caprins ». Journaux Officiels, N°5952, décembre 2011; Guide de bonnes pratiques d'hygiène « Elevage de porcs ». Journaux Officiels, N°5955, novembre 2009.

⑧ Guide de bonnes pratiques d'hygiène « Collecte, stockage, commercialisation et transport de céréales, oléagineux et protéagineux ». Journaux Officiels, N°5931, août 2011.

⑨ Guide de bonnes pratiques d'hygiène « Fabrication d'aliments composés pour animaux ». Journaux Officiels, N°5935, 2008.

Figure 8 : Les outils de gestion disponibles sur les matières premières / aliments composés et les sites de production /utilisation d'aliments

La méthode d'appréciation qualitative de l'incertitude retenue repose sur « l'insuffisance de connaissances ». Cette « insuffisance de connaissances » qui conditionne l'attribution de la note a été définie comme « l'appréciation de la quantité et de la qualité des informations utilisées pour bâtir une opinion sur un sujet donné »⁶³.

Un indice d'incertitude « *ii* » a été attribué pour chacune des notes des critères, selon les modalités figurant dans le Tableau 7. Ces indices d'incertitude sont échelonnés de 1 à 4. Ils expriment le niveau d'incertitude qui s'attache à la notation du critère, l'indice « 1 » étant attribué lorsque le niveau de connaissances est jugé satisfaisant et l'indice « 4 » en absence totale de données et d'avis d'expert. L'indice est donc proportionnel à l'« insuffisance des connaissances », c'est-à-dire d'autant plus élevé que le manque de données, donc l'incertitude sur la note attribuée, est importante.

L'indice d'incertitude associé à la note finale pour chaque triade correspond à la note modale⁶⁴ des indices d'incertitude de l'ensemble des critères. Cette note est obtenue sans tenir compte d'une éventuelle pondération appliquée aux critères. En effet, les indices d'incertitude attribués n'ayant aucune valeur quantitative, le GT « Méthode de hiérarchisation des maladies animales exotiques et présentes en France » qui avait proposé cette méthode considérait que l'« insuffisance de connaissances » qui conditionne le choix de l'indice d'incertitude pour un critère est la même quelle que soit la pondération éventuellement appliquée à ce critère pour le calcul de la note finale (Anses 2015b).

En cas de distribution bimodale des indices d'incertitude, c'est-à-dire lorsque le mode donne deux valeurs d'indice d'incertitude *ex æquo* (par exemple, pour un DM présent : 3x« *ii* » de 1 ; 3x« *ii* » de 3 et 1x« *ii* » de 2), l'indice d'incertitude modal le plus élevé a été conservé, afin de tenir compte de l'incertitude relativement élevée accompagnant ces travaux. La distribution bimodale sera indiquée en note de bas de figure pour les triades concernées.

Tableau 7 : Modalités d'expression, de qualification et d'attribution des « indices d'incertitude » de la notation

Expression de l'incertitude		Critères d'attribution des indices d'incertitude
Indice (<i>ii</i>)	Qualification	
1	Faible	La note attribuée est fondée sur des résultats convergents d'études scientifiques ou sur un système de collecte de données de fiabilité reconnue.
2	Moyen	La note attribuée est fondée sur un nombre limité d'études scientifiques ou sur un système de collecte de données de fiabilité limitée ET la présence de convergence entre auteurs et/ou experts.

⁶³ Il s'agit plus d'une évaluation du poids des preuves selon la nomenclature du GT MER.

⁶⁴ Le mode correspond à l'effectif le plus élevé dans une distribution de variables (ici des « *ii* »). Ainsi, si, pour un DM, les « *ii* » sont d'une valeur de 1 pour deux critères, d'une valeur de 3 pour trois critères et d'une valeur de 2 pour quatre critères, la note modale des « *ii* » sera de 2.

Expression de l'incertitude		Critères d'attribution des indices d'incertitude
Indice (i)	Qualification	
3	Elevé	La note attribuée est fondée sur : - un nombre limité d'études scientifiques ou sur un système de collecte de données de fiabilité limitée ET l'absence de consensus entre auteurs et/ou experts ; - ou sur un avis individuel d'expert en l'absence d'études scientifiques ou de système de collecte de données.
4	Absence de données	Aucune note n'est attribuée du fait de l'absence totale de données et d'avis d'expert.

Obtention de la note finale :

Différents types d'agrégation des notes des critères ont été proposés pour l'obtention de la note finale, sans pondération ou avec pondération. Le GT a souhaité établir une pondération afin de mieux discriminer les triades « matrice/danger/filière » les plus pertinentes en se basant sur les critères qu'il considérait comme les plus importants. Toutefois, les valeurs de la pondération peuvent être fixées différemment selon les objectifs recherchés et donc être une aide pour le gestionnaire qui peut ainsi choisir de privilégier tel ou tel critère en fonction de ses questions, de ses attentes, de ses intérêts. Ainsi, le GT a proposé trois pondérations thématiques, afin de mieux prendre en compte la santé publique, la santé et le bien-être animal, l'environnement. Ces pondérations donnent davantage de poids aux critères estimés les plus importants pour la thématique considérée. Ces pondérations ont été établies en utilisant la méthode dite « Las Vegas ». Les experts disposaient chacun d'un total de 110 points (10 points multipliés par 11 critères) à répartir en fonction du poids respectif attribué à chacun des critères. Cet exercice a été fait indépendamment par chaque expert, puis les résultats ont été discutés collégialement pour obtenir une pondération consensuelle.

Les différentes pondérations sont présentées dans le Tableau 8.

Tableau 8: Pondérations des critères définies par le GT

Pondération « santé publique »

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Pondération « santé publique » proposée par les experts	32	4	6	8	21	5	8	3	8	3	12

Pondération « santé et bien-être animal »

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Pondération « santé animale » proposée par les experts	10	10	6	26	21	5	7	3	7	3	12

Pondération « environnement »

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Pondération « environnement » proposée par les experts	11	10	15	9	10	24	9	3	9	4	6

Les experts du GT soulignent que les trois pondérations retenues correspondent au propre choix des experts. Ces trois pondérations ne doivent pas être considérées comme définitivement fixées et le gestionnaire peut choisir de les utiliser ou d'établir sa propre pondération.

Le calcul des notes finales pour une triade « matrice/danger/filière » donnée est le suivant (la note maximale est de 55):

- avec agrégation sans pondération (critères équipés) :

$$\text{Note finale} = C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8 + C9 + C10 + C11$$

- avec agrégation utilisant par exemple la pondération « santé publique » :

$$\text{Note finale} = [(C1*32) + (C2*4) + (C3*6) + (C4*8) + (C5*21) + (C6*5) + (C7*8) + (C8*3) + (C9*8) + (C10*3) + (C11*12)] / 10$$

Enfin, le GT a réalisé une analyse de sensibilité pour évaluer l'importance de chaque critère dans la note finale de la triade et sa place relative dans le classement final.

A ce titre, le rapport Anses 2016 du groupe de travail « Méthodologie d'évaluation des risques », intitulé « Prise en compte de l'incertitude en évaluation des risques : revue de la littérature et recommandations pour l'Anses » (Anses 2016) stipule que « lorsqu'il s'agit de traiter de l'incertitude des variables d'entrée des modèles, il est d'usage de s'appuyer sur l'analyse de sensibilité. Ce type d'analyse mesure quantitativement la contribution des variables d'entrée d'un modèle aux variations de ses sorties (Bruchou et al. 2013, Saltelli et al. 2008, Saltelli et al. 2004). Ainsi, l'analyse de sensibilité permet de distinguer les variables d'entrée qui ont une forte influence sur les sorties du modèle de celles qui ont une moindre influence, et donc de classer les variables d'entrée en fonction de leur contribution à l'incertitude globale. »

Le détail de la démarche et le résultat de cette analyse de sensibilité sont développés dans l'Annexe 15.

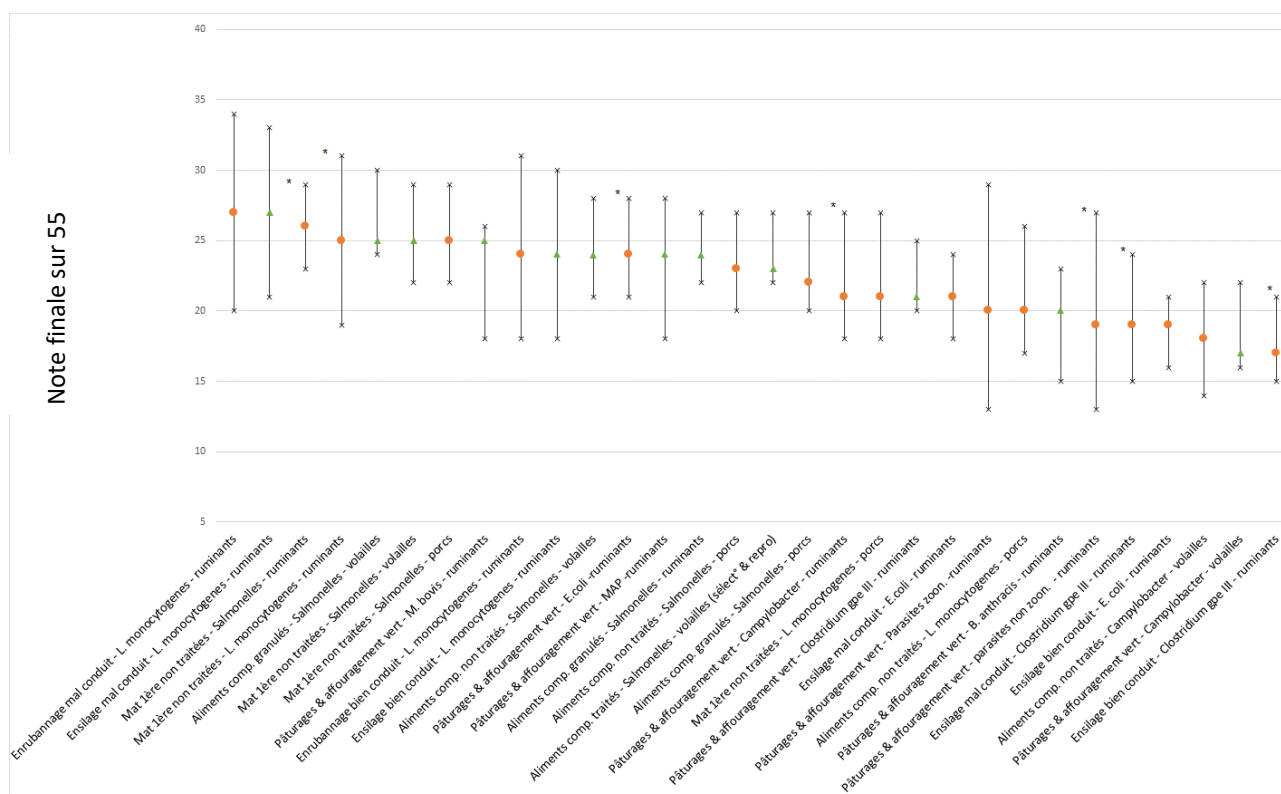
4.2 Classement des triades « matrice / danger / filière » retenues

Trentes triades « matrice/danger/filière » ont été retenues par les experts suite à l'analyse de la bibliographie.

Seront successivement présentés, les résultats finaux obtenus après agrégation des notes de critère sans pondération (en considérant les critères comme équipésants), avec un focus sur les 14 premières triades, le classement par filière, et les résultats obtenus après application de différentes pondérations (d'autres représentations sont présentées en Annexe 9 à 12).

Les résultats, présentés sous forme de graphiques de type « boursier », font apparaître les notes finales (note minimale, note la plus probable (pp) et note maximale) attribuées à chaque triade et l'indice d'incertitude (ii) associé aux notes obtenues. Le classement présenté est établi sur la note la plus probable. La note d'incertitude n'est pas prise en compte dans ce classement. Le détail des notes attribuées à chaque critère, pour chaque triade, et les notes d'incertitude sont consultables en Annexe 16.

4.2.1 Classement des triades « matrice/danger/filière » sans pondération



Légende: x note min., ▲ ou ● note la plus probable, x note max, ▲ ii = 1 = faible ● ii = 2 = moyen

Figure 9 : Représentation graphique du classement des 30 triades « matrice/danger/filière » sans pondération (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ;2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

Trente triades « matrice / danger / filière » ont été retenues, sur la base de l'analyse bibliographique menée antérieurement (Figure 9). Les principaux DM répertoriés sont essentiellement des dangers bactériens : *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Campylobacter* sp., *E. coli* producteurs de Shiga-

toxines (STEC), *Clostridium botulinum* du groupe 3, *Bacillus anthracis*, *Mycobacterium bovis* et *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* (MAP). L'analyse a également été conduite pour les parasites identifiés dans la partie 3 du rapport, regroupés, pour l'exercice de hiérarchisation, en deux catégories : les zoonotiques et les non zoonotiques. Il convient de noter qu'aucun agent viral n'a été retenu pour cette analyse.

Les notes finales les plus probables obtenues varient entre un minimum de 17 pour les triades « Affouragement en vert et pâturage / *Campylobacter sp.* / volailles » et « Ensilage bien conduit / *C. botulinum* / ruminants » et un maximum de 27 pour les deux triades concernant *L. monocytogenes* chez les ruminants dans les ensilages et les enrubannages mal conduits. Les notes minimales et maximales attribuées sans pondération s'étendent de 13 pour les triades relatives aux parasites zoonotiques et non zoonotiques dans les affouragements en vert et les pâturages pour les ruminants, à 34 pour *L. monocytogenes* dans les enrubannages mal conduits destinés aux ruminants. Il convient également de noter que l'écart (représenté par le trait vertical sur les graphiques) entre la note minimale et la note maximale pour une triade est parfois faible (5 points pour quatre triades) ou élevé (14 points) traduisant une variabilité plus ou moins grande autour de la note la plus probable (voir paragraphe 4.1).

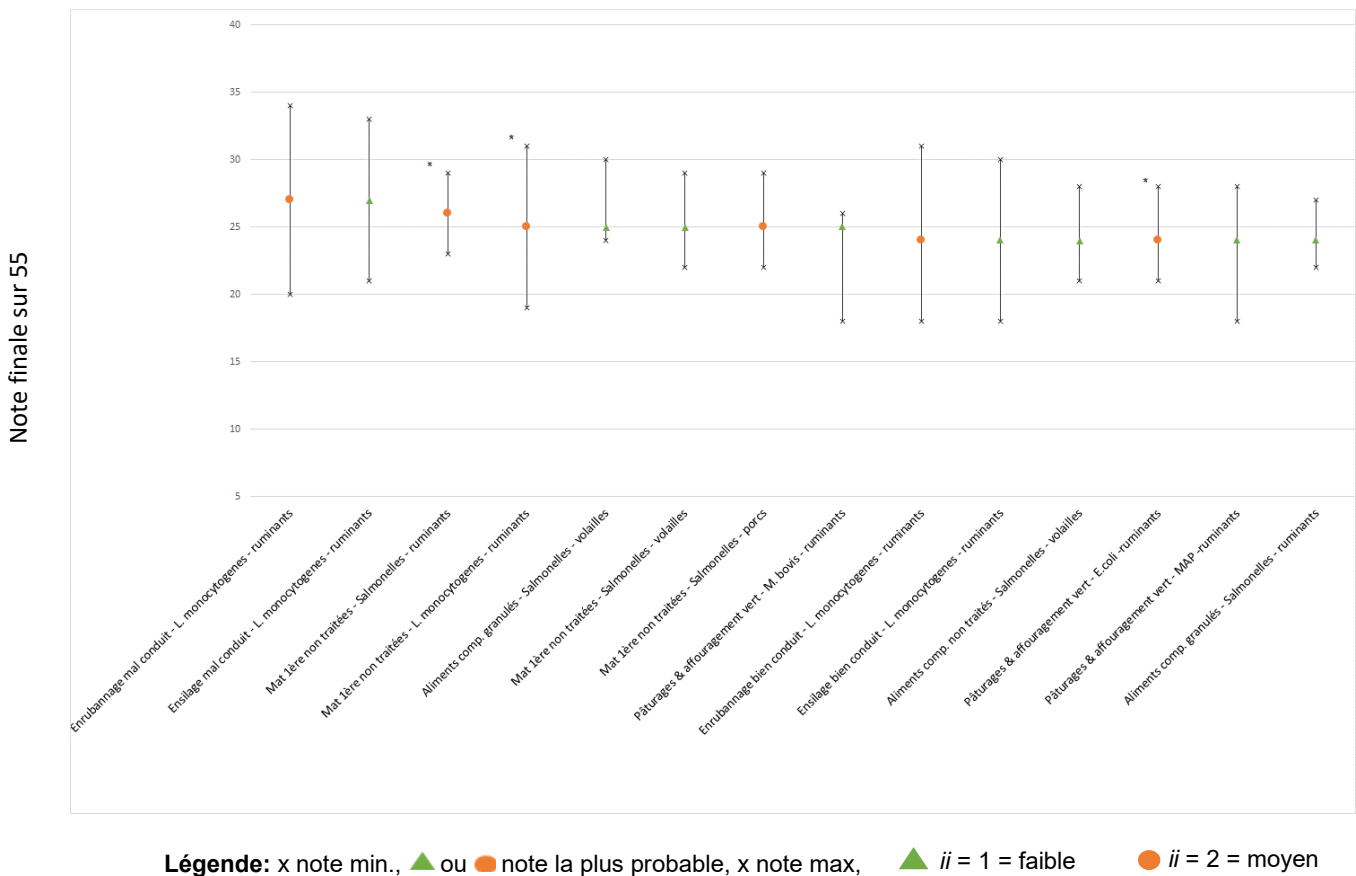


Figure 10 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades sans pondération (*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1;2)$, la valeur de l' ii modal la plus élevée a été conservée)

Si un focus est fait sur les 14 premières triades (note pp de 27 à 24, Figure 10), il est intéressant de noter qu'à l'exception des aliments composés traités thermiquement, toutes les autres matrices y sont présentes. Cinq dangers bactériens, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., STEC, *M. bovis* et

MAP, sont représentés dans ce classement, avec une prédominance de *L. monocytogenes* et de *Salmonella* spp., les trois autres étant associés uniquement aux triades relatives aux ruminants affouragés en vert et alimentés au pâturage.

Les écarts entre les notes minimales et maximales pour certaines triades peuvent être importants. Par exemple, la différence de 14 points entre la note maximale (34) et la note minimale (20) obtenue pour la triade *L. monocytogenes* dans les enrubannages mal conduits destinés aux ruminants, s'explique par la diversité des situations rencontrées dans la filière ruminants et par le peu de connaissances bibliographiques sur l'influence de cette technique de conservation sur le comportement de *L. monocytogenes* dans cette matrice (ii = 2). Cette triade « Enrubannage mal conduit / *L. monocytogenes* / ruminants » obtient le premier rang (note min. 20, note max. 34, note pp 27). *ex aequo* avec *L. monocytogenes* dans l'ensilage mal conduit pour les ruminants, (note min. 21, note max. 33 et note pp 27). Dans cette analyse, il convient de comprendre qu'un ensilage mal conduit correspond essentiellement à la mise en place d'un procédé ne permettant pas d'atteindre un pH inférieur à 4,5 et/ou de créer une atmosphère d'anaérobiose. La position de ces deux triades en tête du classement s'explique par les notes élevées attribuées à la fois aux critères en lien avec la santé animale mais également à ceux en lien avec la santé humaine. Cette analyse attribue également des rangs élevés (rang 9 *ex aequo* avec six autres triades), pour les triades constituées du même agent bactérien, *L. monocytogenes*, chez les ruminants, mais dans les conditions d'une bonne maîtrise des procédés d'ensilage et d'enrubannage. Ceci démontre l'importance de ces modes de conservation de fourrages sur les risques que représente ce DM, tant pour la santé des animaux que pour la santé publique. Notons que la technique d'enrubannage, proche de celle d'ensilage, tend à se développer. Pour pallier à la présence de ce DM dans ces deux types de fourrages conservés, certaines organisations professionnelles interdisent ces pratiques pour la production laitière destinée à la fabrication de certains fromages au lait cru comme, à titre d'exemple, le précise le cahier des charges du reblochon⁶⁵.

Le rang 3 (note pp 26) des salmonelles dans les matières premières non traitées chez les ruminants, s'explique par l'impact sanitaire de ce DM sur la santé des animaux (avortement, diarrhée sévère, mortalité sur les jeunes).

Quatre triades arrivent *ex aequo* au 4^{ième} rang (note pp 25). L'une de ces quatre triades, « Matières premières non traitées / *Salmonella* spp. / porcs », prend en compte une particularité de cette filière, les aliments fabriqués à la ferme (FAF). Ce mode d'alimentation, répandu dans les élevages de porcs français et pour lequel peu d'informations ont été obtenues (ii = 2), mériterait d'être mieux documenté. Les trois autres triades sont *M. bovis* dans l'affouragement en vert et les pâturages des ruminants, *L. monocytogenes* dans les matières premières non traitées destinées à l'alimentation des ruminants et *Salmonella* spp. dans les aliments composés granulés destinés à l'alimentation des volailles. Pour ces triades, l'écart entre les notes minimales et maximales attribuées est relativement faible (entre 6 et 8 points) traduisant peu de variabilité dans les situations prises en compte dans la notation.

⁶⁵ Cahier des charges de l'appellation d'origine « Reblochon » ou « Reblochon de Savoie » associé à l'avis AGRT1509760V. Cette version du cahier des charges est d'application depuis l'entrée en vigueur du règlement d'exécution (UE) n°2015/ 593 de la commission européenne. Elle annule et remplace la version du cahier des charges associées au décret n°2012-643 en date du 3 mai 2012 relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Reblochon » ou « Reblochon de Savoie ». Bulletin officiel du Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt n° 19 -201 5. <https://www.inao.gouv.fr/produit/4201> (consulté le 08/10/19).

Le rang 9 *ex aequo* (note pp 24) a été obtenu pour six triades impliquant quatre DM : *Salmonella* spp. (deux fois), *L. monocytogenes* (deux fois), STEC (une fois) et MAP (une fois) et deux filières de production, les ruminants et les volailles. Le pâturage semble associé à la présence de STEC et de MAP dans la filière ruminants. Certains aliments composés sont distribués sous forme de farines aux animaux (en particulier aux volailles et aux porcs), sans avoir subi de traitements (thermique ou granulation). Ces aliments ont été identifiés comme présentant un risque vis à vis de la présence de *Salmonella* spp. Les notes obtenues, respectivement 24 pour les volailles et 23 pour les porcs, se justifient par l'absence de traitements thermiques sur des aliments contenant des matières premières susceptibles d'être contaminées (tourteaux). La légère différence entre ces deux notes s'explique par la quantité plus importante de ce type d'aliment (farine) utilisé dans les filières avicoles, tout en sachant qu'il est également utilisé en alimentation des porcs notamment pour la fabrication de soupes.

Les résultats du classement soulignent également l'importance de la triade « Aliments traités thermiquement / *Salmonella* spp./ volailles » (rang 15/30, note pp 23), du fait des risques présentés par cet agent dans les produits destinés à la consommation humaine (critère santé publique), notamment dans les œufs et les ovoproduits consommés crus. Il est à noter que certaines catégories de volailles (espèces reproductrices de poules et de dindes) sont alimentées uniquement avec ce type d'aliment. Une réglementation est en place pour mieux maîtriser ce DM dans ces filières, avec, notamment, la nécessité de traiter thermiquement ces aliments. Sans cette réglementation, la note finale pour cette triade « Aliments traités thermiquement / *Salmonella* spp./ volailles » serait sans doute plus élevée (voir l'analyse de sensibilité en Annexe 15 : après retrait du C11 « Existence outil de gestion », cette triade passe du 15^{iem} au 5^{iem} *ex* rang).

Les rangs 22 à 30 (notes pp < 20, Figure 9) concernent les triades « Pâturages / parasites non zoonotiques / ruminants », « Ensilage mal conduit / *Clostridium botulinum* gpe III / ruminants », « Ensilage bien conduit / *E. coli* / ruminants » mais les écarts entre la note maximale et la note minimale peuvent être importants avec une note maximale parfois élevée (27, pour « Pâturages / parasites non zoonotiques / ruminants »).

Les notes finales obtenues pour *Campylobacter* sp. chez les volailles sont parmi les plus faibles, notes de 18 et 17 (rang 28 et 29^{ex}/30), respectivement dans les aliments composés non traités et dans les affouragements en vert et les pâturages. Cette dernière triade correspond essentiellement aux volailles élevées en plein air avec un accès alimentaire à des parcours herbeux. La triade « Ensilage bien conduit / *Clostridium botulinum* groupe III / ruminants » arrive en dernière position (rang 29^{ex}/30).

Concernant les indices d'incertitude associés aux notes attribuées, si l'on excepte la notation du critère C6 « Impact du danger sur l'environnement », ils se situent généralement entre 1 (incertitude faible) et 2 (incertitude moyenne). En ce qui concerne l'indice d'incertitude sur la note finale, une majorité de triades a été noté avec une incertitude de 2 (18/30, dont 7/18 avec une incertitude bimodale (1/2)) ce qui montre que ces notes d'incertitude sont le résultat soit d'études scientifiques convergentes ou d'un système de collecte de données de fiabilité reconnue soit d'un nombre limité d'articles mais avec la présence d'opinions convergentes entre les experts.

Note finale sur 55

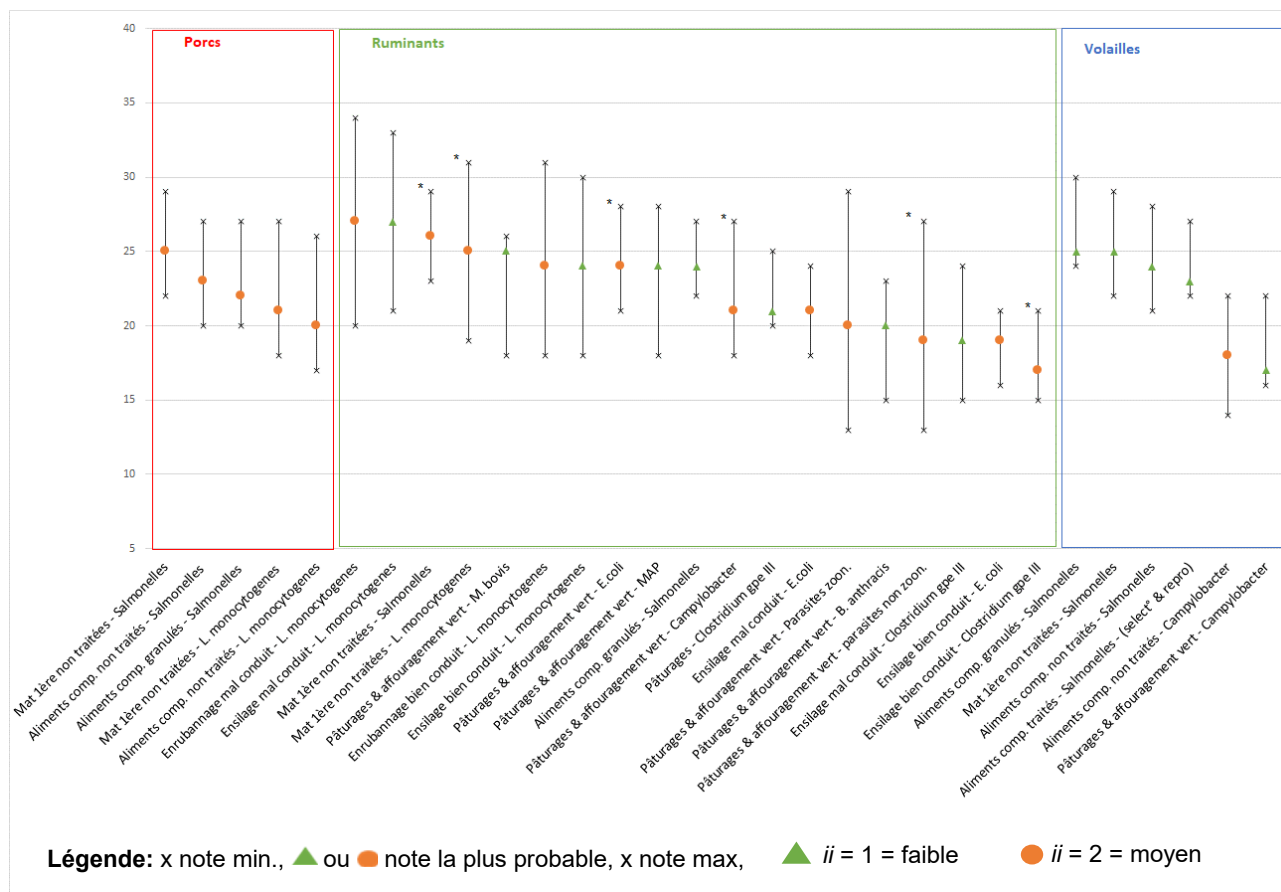


Figure 11 : Représentation graphique du classement par filière des 30 triades sans pondération (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ;2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

Sur les 30 triades retenues, 19 concernent les ruminants (Figure 11). Ceci s'explique par le nombre de matrices concernées (six, reflétant la plus grande diversité de modes d'alimentation pour cette filière) et par le nombre de DM qui y sont associés.

En ce qui concerne la filière avicole, représentée dans six triades, seuls deux agents bactériens, *Salmonella* spp. et *Campylobacter* sp. sont concernés ; *Salmonella* spp. ayant les notes les plus élevées dans les matrices matières premières non traitées et les aliments composés (qu'ils soient non traités, granulés ou traités thermiquement).

Enfin, dans la filière porcine, représentée dans cinq triades, deux agents microbiens, *Salmonella* spp. et *L. monocytogenes*, sont concernés. Ces deux DM se retrouvent notamment dans deux matrices ne subissant pas de traitement thermique (les matières premières et les aliments composés). Il convient de noter que pour ces cinq triades, un indice d'incertitude de 2 (moyen) a été attribué par les experts, s'expliquant par le faible nombre d'études disponibles pour cette filière.

Les trois filières retenues (ruminants, volailles, porcs) sont représentées dans le classement des 14 premières triades, et particulièrement celle des ruminants, présente non seulement dans les triades relatives aux aliments ensilés et enrubannés (*L. monocytogenes*), mais également dans celles relatives aux matières premières non traitées (*L. monocytogenes* et *Salmonella* spp.), aux aliments composés granulés (*Salmonella* spp.) et aux affouragements en vert et pâturages (STEC). La filière porcine n'est représentée qu'une seule fois dans le classement des 14 premières triades, associant la présence de *Salmonella* spp. dans les matières premières non traitées.

Les classements des triades par filière avec les différentes pondérations sont disponibles en Annexe 13 du rapport.

Une analyse de sensibilité a été effectuée afin d'évaluer l'importance de chaque critère dans la note finale de la triade et son classement final. Cette analyse permet de mettre en évidence les critères discriminants ou non, c'est-à-dire les critères qui ont une forte influence ou au contraire une influence moindre sur les notes finales (Annexe 15).

Les triades pour lesquelles le classement est le moins modifié sont les deux premières triades qui occupent *ex-aequo* le rang 1^{ex}/30 dans le classement initial : « Ensilage mal conduit - *Listeria monocytogenes* – ruminants » et « Enrubannage mal conduit – *Listeria monocytogenes* - ruminants » ainsi que les triades « Matières premières non traitées – *Salmonella* spp. – volailles » (rang initial 4^{ex}/30), « Aliments composés granulés – *Salmonella* spp. – porcs » (rang initial 17/30) et la dernière triade (rang initial 29^{ex}/30) « Ensilage – *Clostridium botulinum* gpe III – ruminants ».

Les critères dont le retrait a le plus d'effet sur le classement sont le C1 (Danger pour l'être humain) et le C4 (Impact du DM sur la santé et le bien-être animal) avec 16 triades affectées sur 30.

Le détail de la méthode et l'ensemble des résultats figurent en Annexe 15.

4.2.2 Classement des triades avec pondération

Comme expliqué dans la partie méthode, l'application d'une pondération peut permettre de faire ressortir certaines triades en fonction de l'importance donnée aux critères prenant en compte la santé publique, la santé et le bien-être animal ou l'environnement. Cette partie présente le classement final des 14 premières triades pondérées. Les classements des 30 triades sont disponibles en Annexe 14.

4.2.2.1 Classement des 14 premières triades avec la pondération « santé publique »

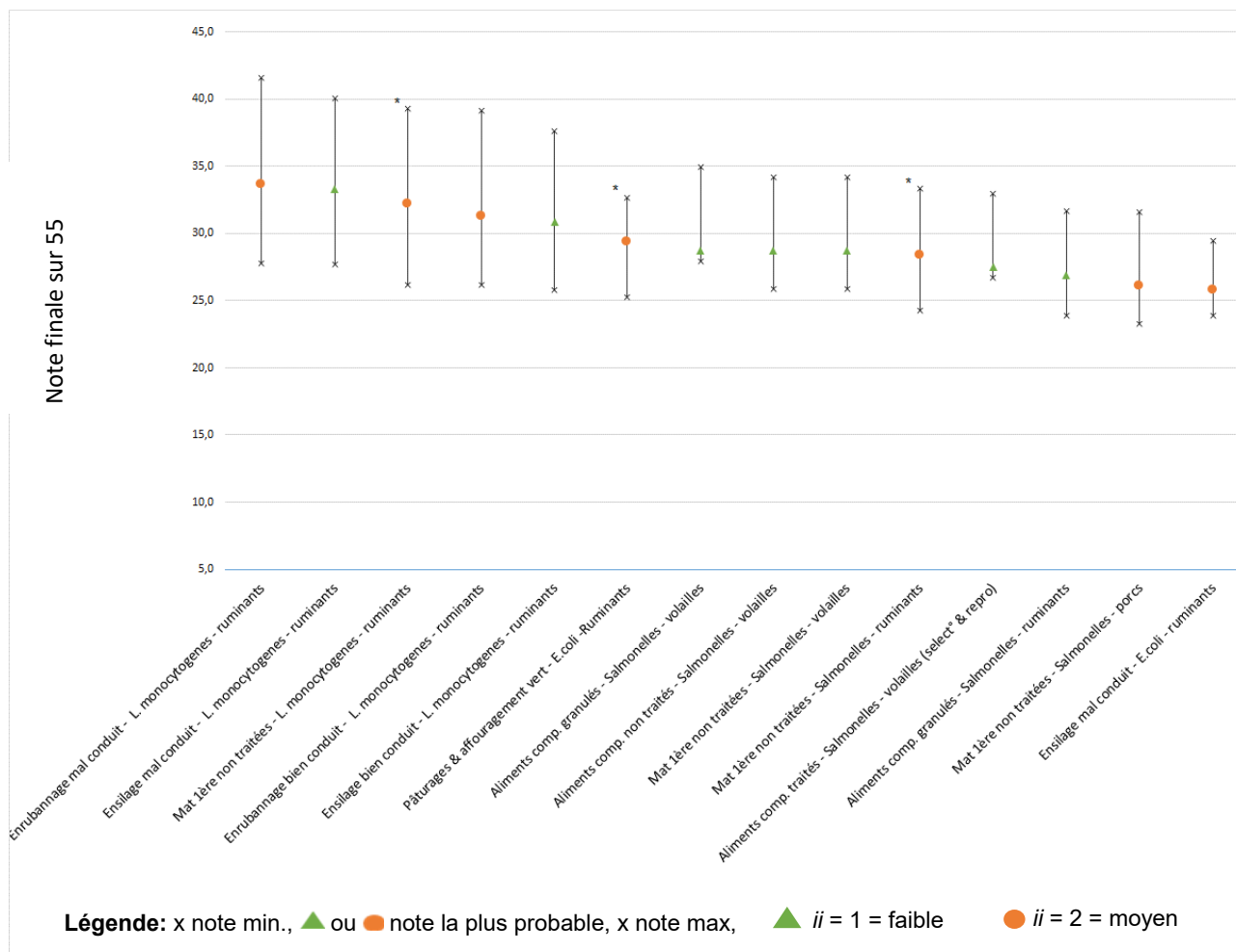


Figure 12 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades avec la pondération « santé publique » (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ;2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

En appliquant des pondérations différentes en fonction des objectifs (santé publique, santé et bien-être des animaux ou environnement), le classement fait apparaître des changements dans l'ordre des triades.

Ainsi, pour les risques liés à la santé publique, pour les 14 premières triades, seuls trois DM ont été identifiés : *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. et STEC. Sept triades sur les 14 ont une note finale avec un indice d'incertitude égal à 2 (dont trois avec un indice d'incertitude bimodal). Ces DM sont présents dans les trois filières et dans toutes les matrices étudiées. La présence de *L. monocytogenes* est associée, non seulement aux aliments ensilés ou enrubannés (bien et mal conduits) distribués aux ruminants, mais également aux matières premières non traitées distribuées aux ruminants. Les STEC sont associés aux ruminants alimentés soit en affouragement en vert et/ou aux pâturages soit avec un ensilage mal conduit. Enfin, *Salmonella* spp. est particulièrement associée à la filière volailles, dans les aliments composés granulés, les aliments composés non traités, les matières premières non traitées et les aliments composés traités thermiquement.

Il est à noter que l'écart entre les notes minimales et les notes maximales peut être important avec cette pondération en particulier pour les premières triades (entre 12 et 13 points), traduisant une grande variété de situations.

4.2.2.2 Classement des 14 premières triades avec la pondération « santé et bien-être animal »

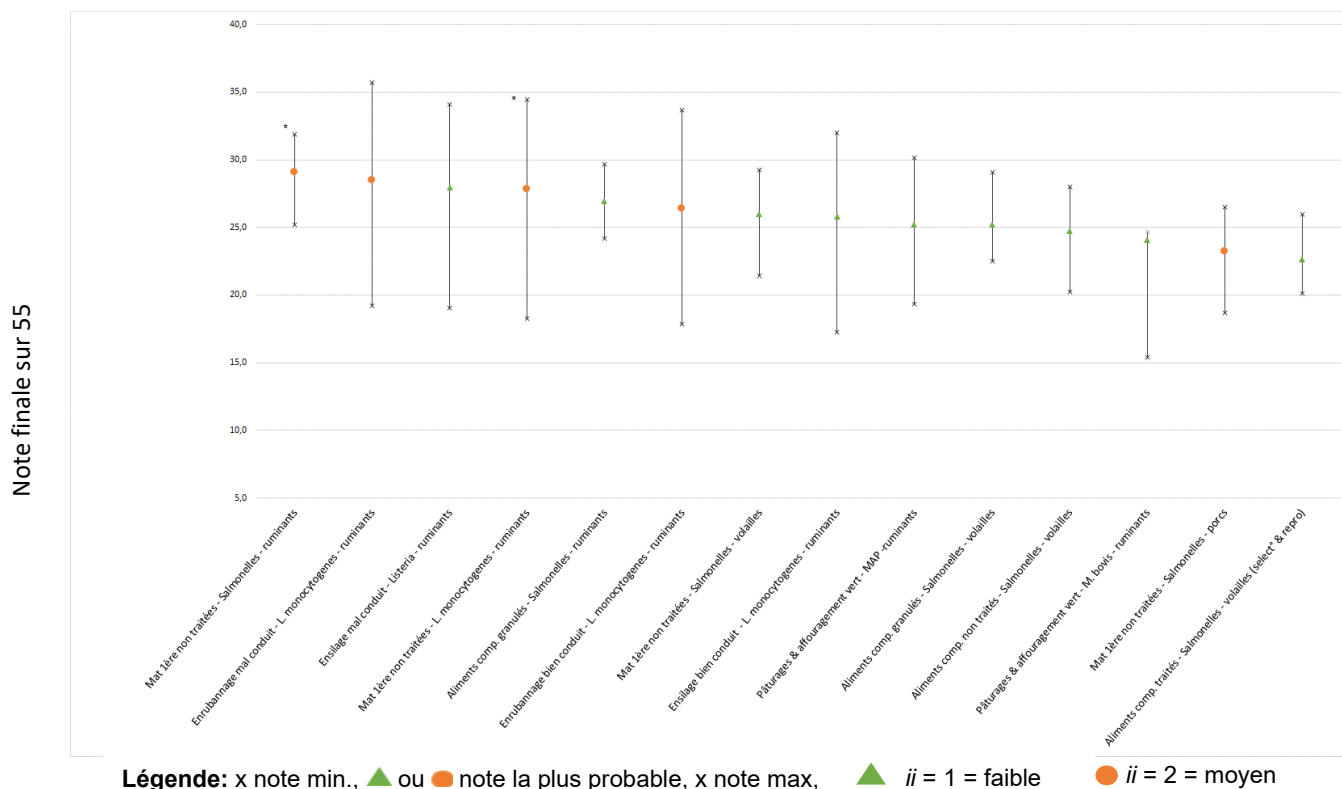


Figure 13 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades avec la pondération « santé animale » (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ; 2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

Il convient de remarquer que la triade « Matières premières non traitées / Salmonella spp / ruminants » occupe le premier rang (note pp 29,1), et donc un rang plus élevé que lors du classement avec la pondération « santé publique » (10^{ème} rang, note pp 28,4). Ce DM occupait le 3^{ème} rang dans le classement non pondéré. Les triades relatives à la présence de *L. monocytogenes* dans les aliments ensilés et enrubannés distribués aux ruminants occupent le 2^{ème} et le 3^{ème} rang. La note finale obtenue est toujours plus élevée lorsque les techniques d'ensilage et d'enrubannage sont mal conduites et ne permettent pas de stabiliser la microflore microbienne dans la matrice.

Dans ce classement des 14 premières triades, apparaissent également deux DM qui n'étaient pas présents dans le classement avec la pondération « santé publique » : MAP et *M. bovis* (9/30 et 12/30) dans les triades relatives à l'affouragement en vert et aux pâturages pour les ruminants. Ceci s'explique par la gravité de ces maladies en santé animale pour lesquelles la voie de contamination par l'aliment est supposée et secondaire à une contamination par la faune sauvage et/ou l'environnement de l'élevage (Afssa 2009).

4.2.2.3 Classement des 14 premières triades avec la pondération « environnement »

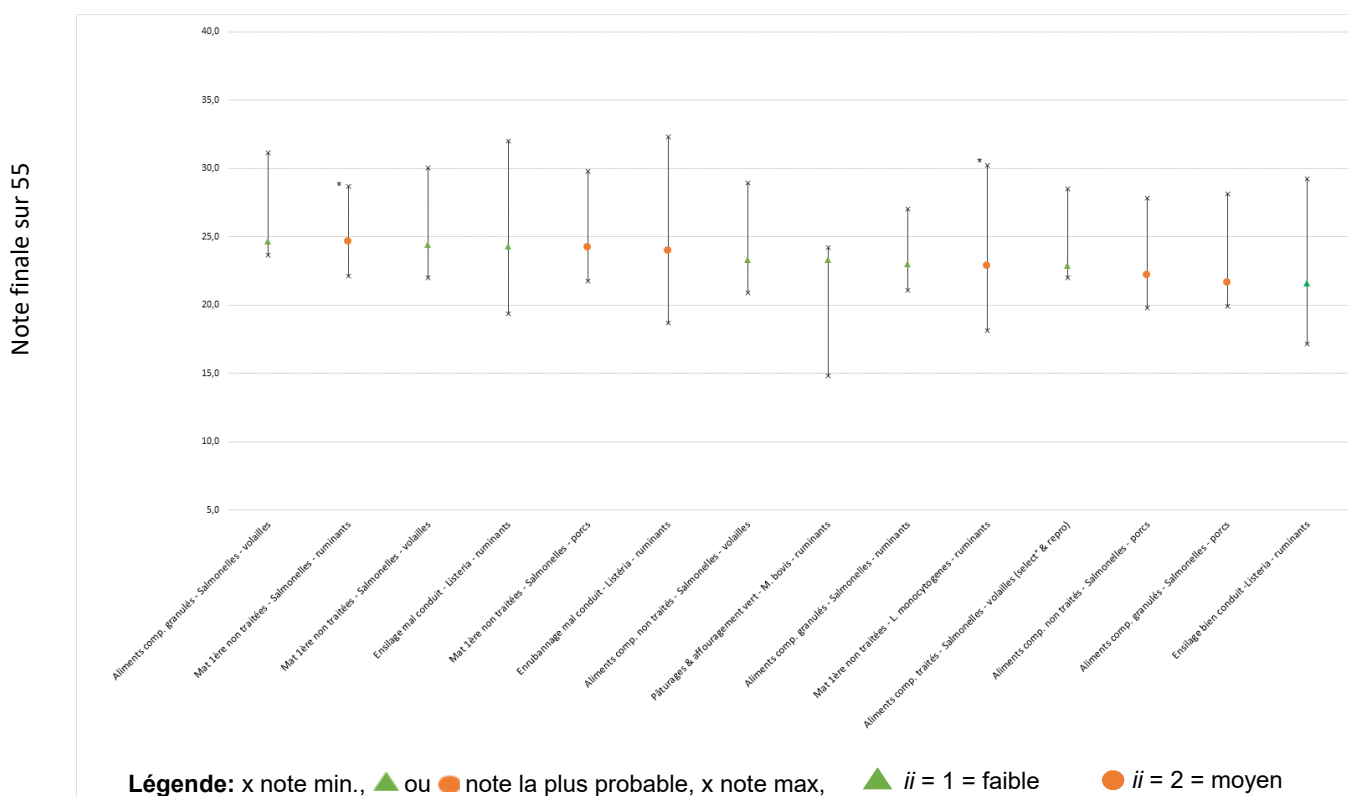


Figure 14 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades avec la pondération « environnement » (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ;2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

Les notes finales obtenues avec cette pondération sont plus resserrées (15 à 24,6) que pour les classements précédents (note pp de 12,4 à 33,7 pour le classement « santé publique », 12,6 à 29,1 pour le classement « santé et bien-être animal »).

Ceci est probablement la traduction d'un manque de connaissance et donc de donnée bibliographique pour mieux discriminer les triades entre elles. Ainsi, les notes pour le critère C6 « danger pour l'environnement » sont très peu variables d'une triade à l'autre. Ces notes sont presque toujours associées à un indice d'incertitude de 3 (élevé), traduisant la difficulté à évaluer le danger pour l'environnement (voir Annexe 16 pour le détail des notes). De plus, pour cette pondération « environnement », seul le critère C6 s'est vu attribuer un poids relatif important et du fait de l'homogénéité des notes attribuées à ce critère (note pp variant entre 0 et 1), la pondération est peu discriminante.

Le classement obtenu est toutefois différent des précédents : les triades relatives à la présence de *L. monocytogenes* dans les aliments ensilés et enrubannés mal conduits et distribués aux ruminants

régressent de manière significative (4^{ème} et 6^{ème} rang contre 1^{er} ex rang dans le classement sans pondération, 1^{er} et 2^{ème} rang avec la pondération santé publique et 2^{ème} et 3^{ème} rang avec la pondération santé animale). Les salmonelles sont également fortement représentées en début de classement dans les trois filières et pour les différentes matrices (matières premières non traitées, aliments composés granulés et aliments composés non traités). Enfin, la présence de *M. bovis* dans l'alimentation des ruminants en affouragement en vert ou aux pâturages (rang 7/30) traduit le risque de dissémination de cette bactérie dans l'environnement et en particulier dans la faune sauvage.

Les triades contenant les STEC et MAP ne sont pas présentes dans le classement des 14 premières mais elles occupent le 15^{ème} et le 17^{ème} rang.

La notation des triades sélectionnées à partir de l'analyse de la bibliographie a permis d'établir un classement des triades considérées comme les plus pertinentes pour rechercher et mettre en œuvre des moyens de maîtrise vis-à-vis de dangers microbiens pouvant présenter un danger *via* l'alimentation animale d'origine végétale.

Les principaux dangers microbiens identifiés sont d'origine bactérienne. Certains sont clairement en relation avec des matrices particulières. C'est le cas par exemple, pour *L. monocytogenes*, avec les ensilages et enrubbages destinés à l'alimentation des ruminants (rang 1^{er} lorsque les bonnes pratiques ne sont pas mises en œuvre). *L. monocytogenes* est également arrivée en début de classement (rang 4^{ex}) dans les matières premières non traitées pour les ruminants. D'autres dangers microbiens, comme *Salmonella* spp., se retrouvent dans un grand nombre de matrices distribuées aux trois filières analysées mais en particulier dans les matières premières non traitées pour les ruminants (rang 3).

Certaines espèces bactériennes (*M. bovis*, MAP, *B. anthracis*) et les parasites (zoonotiques ou non), sont associés à une filière en particulier, les ruminants, et à un mode d'alimentation spécifique, l'affouragement en vert et les pâturages.

Il est nécessaire, enfin, de souligner que la **liste** des triades retenues, de même que la hiérarchisation qui constitue l'étape suivante du travail d'expertise, ont été établies **sur la base de la situation épidémiologique actuelle, des connaissances et des données de la bibliographie disponibles au moment de l'exercice**. Un événement nouveau, lié par exemple à l'émergence d'un danger microbien ou à l'augmentation de l'impact d'un danger microbien à la suite d'une modification de son pouvoir pathogène et/ou de sa capacité à induire des épidémies/épizooties, ou encore à une modification de la réglementation, pourra donc conduire à la réviser. Cette révision pourrait également concerner des triades que les experts ont été dans l'incapacité de noter en 2018/2019, faute de données, mais qui pourraient être notées une fois les connaissances générées.

5 Incertitudes

Les experts du GT ont listé les principales sources d'incertitudes dans le Tableau 9 ci-dessous en suivant les recommandations du rapport du GT MER de l'Anses (Anses 2017c).

Tableau 9 : Principales sources d'incertitude

Typologie des sources d'incertitude	Sous classe	Origine et sources (causes) des incertitudes identifiées par les experts	Prise en compte	Impact (faible, fort ou non qualifiable) et Direction sur le résultat (sur/sous estimation ou non quantifiable)
Contexte	Cadrage Ce qui est induit par le contexte/ périmètre	<i>Sans objet</i>		
	Formulation de la question Ce qui entre dans le champ de l'expertise	Non considération des champignons producteurs de mycotoxines	Oui (problématique prise en compte <i>via</i> les PS/PC et des rapports de l'Anses)	I : faible D : non quantifiable
Corpus de connaissance	Etat des connaissances Absence, incomplétude, inadéquation	Manque de données dans la bibliographie sur les dangers microbiens dans les matières premières d'origine végétale	Oui (recherche bibliographique approfondie dans deux bases de données)	I : faible D : sous estimation
		Connaissances partielles des modalités de transmission des dangers microbiens à	Oui (attribution d'une note d'incertitude plus élevée)	I : non qualifiable D : non quantifiable

Typologie des sources d'incertitude	Sous classe	Origine et sources (causes) des incertitudes identifiées par les experts	Prise en compte	Impact (faible, fort ou non qualifiable) et Direction sur le résultat (sur/sous estimation ou non quantifiable)
		partir de l'alimentation animale jusqu'à l'être humain		
		Manque de données quantitatives dans la recherche bibliographique (plus particulièrement pour les parasites et les virus)	Oui (attribution d'une note d'incertitude plus élevée)	I : faible D : non quantifiable
		Manque de connaissance sur certaines pratiques en alimentation animale	Oui (attribution d'une note d'incertitude plus élevée et recommandations émises)	I : faible D : non quantifiable
	Méthode de collecte des données Représentativité, protocole, puissance, méthode de mesure	Nombre de cas limités pour les données de la cellule de veille sanitaire vétérinaire des épandages		I : faible D : non quantifiable
	Modèles existants Adéquation, validité, paramètres....	<i>Sans objet</i>		
Méthode d'évaluation	Données sélectionnées Critères de sélection, jugement d'experts, extrapolation	Prise en compte des données expérimentales issues de la recherche bibliographique	Oui (attribution d'une note d'incertitude plus élevée et évaluation de la qualité des publications par un binôme d'experts)	I : faible D : sur estimation
		Prise en compte des données jugées pertinentes issues de la recherche bibliographique	Oui (attribution d'une note d'incertitude)	I : faible D : non quantifiable

Typologie des sources d'incertitude	Sous classe	Origine et sources (causes) des incertitudes identifiées par les experts	Prise en compte	Impact (faible, fort ou non qualifiable) et Direction sur le résultat (sur/sous estimation ou non quantifiable)
		Prise en compte des données de la cellule de veille sanitaire vétérinaire des épandages	Oui (incidence des problèmes déclarés faible mais non quantifiable)	I : faible D : non quantifiable
	Méthodes d'intégration des données En lien avec le schéma conceptuel : choix des paramètres, extrapolation, logiciels utilisés, nombre de simulations	Sélection des couples DM/matrice à partir de la bibliographie et construction d'une grille de notation des triades DM/matrice/filière (notation des critères sur la base des données bibliographiques ou d'opinions d'experts) Pondération	Oui (pour chaque critère : attribution d'une note minimale, modale et maximale et d'une évaluation de l'incertitude sur la notation)	I : non qualifiable D : non quantifiable
	Interprétation des résultats Peut générer des incertitudes en raison de biais cognitif des experts, d'extrapolation d'un champ à l'autre ou de perception dans un contexte de forts enjeux économiques et politiques	Analyse de sensibilité	Analyse conduite	I : faible D : sur et sous estimation
Communication des résultats de l'évaluation	Présentation des résultats	<i>Sans objet</i>		
	Expression des résultats	<i>Sans objet</i>		

6 Conclusions et recommandations du groupe de travail

En France, conformément aux règlements (CE) n° 882/2004 et (UE) 2017/625, des contrôles officiels sont menés selon des modalités définies dans des plans de surveillance et de contrôle qui doivent couvrir le secteur de l'alimentation animale.

La présente saisine vise à remplir une partie de cet objectif, pour réactualiser la liste des dangers microbiens et des matrices d'origine végétale susceptibles d'être concernés.

L'alimentation animale, à l'exception de celle des animaux de compagnie, concerne deux grandes catégories de cheptel très différent par leurs effectifs et par la nature de leurs besoins alimentaires :

- les ruminants (bovins, ovins et caprins) destinés à la production de lait ou de viande,
- les monogastriques, et notamment les différentes espèces de volailles de chair et de ponte, les porcs, les lapins et les poissons d'élevage. Le cheval a été exclu car le GT considère qu'il demeure principalement un animal de loisir et que la filière équine n'est pas, à l'instar des autres filières précitées, spécifiquement dédiée à la production de denrées alimentaires pour l'être humain.

L'alimentation de ces animaux est très diverse et varie en fonction des espèces, de leur état physiologique, et du devenir des produits qui en sont issus (lait, viande, œufs).

L'analyse bibliographique approfondie qui a été menée par les experts du GT n'a pas permis d'inclure: 1/ les filières lapins et poissons en raison du manque de données et 2/ les virus et certaines bactéries, pourtant reconnus comme pathogènes potentiels ou avérés pour l'être humain et les animaux, car la littérature n'établissait aucun lien avec la contamination des matières premières d'origine végétale utilisées en alimentation animale. D'autres dangers microbiens, au contraire, ont pu être associés à l'alimentation des animaux et ont été retenus pour l'analyse ultérieure.

A partir des dangers microbiens et des matrices retenus, trente triades (« matrice / danger / filière ») ont pu être évaluées et hiérarchisées.

Le résultat de cette hiérarchisation permet d'identifier *Listeria monocytogenes* comme l'un des dangers microbiens les plus importants en alimentation des animaux (rang élevé quel que soit le mode de pondération appliqué). Cette bactérie est particulièrement associée aux fourrages ensilés ou enrubannés destinés à l'alimentation des ruminants. Pour ces triades, le risque est d'autant plus élevé que la technique d'ensilage ou d'enrubannage n'a pas été correctement réalisée. Ce positionnement résulte du fait que *L. monocytogenes* représente un danger non seulement en terme de santé publique, mais également de santé animale. Les voies d'introduction de ce danger microbien dans la matrice se situent principalement lors des opérations de récolte des fourrages (introduction de terre et de petits rongeurs contaminés par exemple). La conservation des aliments, pendant plusieurs mois, dans de mauvaises conditions de stockage (défaut d'acidification et d'anaérobiose) permet la survie et la multiplication de cet agent pathogène.

L'importance de ce danger microbien ressort également dans les matières premières non traitées (céréales, tourteaux, etc) utilisées pour l'alimentation des ruminants.

La recherche de *Listeria monocytogenes* dans les fourrages, au moment de la récolte, ne paraît pas très pertinente, du fait de la difficulté de définir un plan d'échantillonnage représentatif compte tenu

des volumes de fourrages considérés ainsi que des niveaux de contamination faibles à ce stade. Par contre, la présence de zones avec des moisissures visibles dans les fourrages ensilés ou enrubannés peut être un indicateur de mauvaise pratique et de la contamination du silo, et doit conduire à la recherche de *Listeria monocytogenes* ainsi que d'autres dangers microbiens identifiés comme pouvant être présents dans ces matrices (STEC, *Clostridium botulinum* groupe III). Pour une bonne maîtrise de ces dangers microbiens, il convient d'appliquer de bonnes pratiques d'hygiène non seulement au moment de la récolte, mais également lors de l'ensilage ou de l'enrubannage de ces fourrages.

A ce titre, en ce qui concerne l'enrubannage, les experts recommandent la rédaction d'un GBPH, validé par les autorités, qui intégrerait en particulier la vérification de l'intégrité des films plastiques et un contrôle visuel de l'état du fourrage lors de l'ouverture des balles d'enrubannés. De plus, face au peu d'information disponible pour cette matrice, l'acquisition de données sur les fourrages enrubannés permettrait de mieux appréhender les risques inhérents à cet aliment.

Salmonella spp. se révèle être également un danger microbien à considérer. Cet agent pathogène est associé dans différentes triades arrivant en début de classement, non seulement dans les filières avicoles, mais également porcines et de ruminants. Ce danger microbien représente un risque reconnu pour la santé publique et pour la santé des animaux, en particulier en filière bovine. Il apparaît également comme un danger pour l'environnement.

Une première série de triades concerne la présence de *Salmonella* spp. dans les matières premières non traitées destinées à l'alimentation des volailles, des porcs et des ruminants. Les voies d'introduction de cette bactérie sont principalement les matières premières contaminées en amont et qui ne subissent aucun traitement de décontamination avant leur distribution, en l'état, aux animaux. Certaines de ces matières premières reconnues à risque (tourteau de soja) peuvent ainsi être la voie d'introduction de ce danger microbien dans la chaîne alimentaire. La recherche systématique des salmonelles dans les matières premières non traitées présente un caractère extrêmement aléatoire compte tenu des volumes concernés (représentativité de l'échantillonnage, faible taux de contamination) et de la présentation physique de la matrice. Cependant, le renforcement des PS/PC et des auto-contrôles par les professionnels, devrait permettre de mieux connaître la prévalence de cette bactérie dans ces matrices très diverses. Les experts rappellent les recommandations du rapport Anses « *Salmonella* spp. en alimentation animale » : « *Lorsque la présence de salmonelles est détectée, et qu'il est décidé de procéder à un assainissement, alors des traitements thermiques et/ou chimiques pourraient s'appliquer, tel que décrit dans la bibliographie, moyennant les compléments et les limites évoqués précédemment. Au regard des volumes de produits susceptibles d'être concernés, les experts soulignent que la mise en place de tels traitements assainissant pourrait nécessiter des moyens logistiques importants et qu'un travail, visant à mieux circonscrire la quantité d'aliment concernée par une contamination, reste à envisager* » (Anses 2018a).

D'autres triades incluant les salmonelles ont également été identifiées:

- Pour celles concernant les aliments composés granulés dans les filières ruminants et volailles, les voies d'introduction de *Salmonella* spp. dans ces matrices se situent principalement au niveau de certaines matières premières contaminées (tourteau de soja par exemple). Les experts rappellent que les barèmes temps/température, appliqués lors de la granulation, n'ont pas pour objectif premier de détruire les microorganismes pathogènes et plus particulièrement *Salmonella* spp. (Anses 2018a). Mais ce procédé peut toutefois avoir un effet sur la diminution de la charge en salmonelles, notamment si les paramètres de temps et de température sont adaptés à cet objectif et sont maîtrisés.

La recherche des Salmonelles dans des aliments caractérisés par un taux de MS très élevé (supérieur à 86%) est plus difficile que dans des aliments liquides, mais la mise en place de PS/PC de manière plus systématique sur ces aliments permettrait de connaître, non seulement l'efficacité de la technique de granulation sur la décontamination des aliments, mais également la prévalence de ce danger microbien dans ces aliments granulés.

- Pour celles concernant les farines non traitées utilisées dans les filières avicoles et porcines, les voies d'introduction de *Salmonella* spp. se situent aussi principalement au niveau de certaines matières premières contaminées (tourteau de soja par exemple). Ces aliments qui sont de simples mélanges de matières premières broyées, ne subissent aucun traitement avant leur utilisation. A la ferme, ils sont distribués en l'état aux animaux ou participent à l'élaboration d'un aliment liquide (soupe) grâce à un mélange avec de l'eau.

Ces farines ne constituent pas une matrice favorable à la recherche de *Salmonella* spp. Cependant, la mise en place de PS/PC de manière plus systématique, permettrait de mieux connaître la prévalence de *Salmonella* spp. dans ces aliments.

L'application des recommandations des GBPH devrait permettre de mieux maîtriser ce danger microbien. Des traitements d'acidification des farines, dans des conditions maîtrisées et validées, sont des voies à développer.

D'autres dangers microbiens sont également ressortis de l'analyse, en particulier en relation avec les techniques d'affouragement en vert et le pâturage pour les ruminants:

- Les *Escherichia coli* STEC représentent un risque principalement en élevage de ruminants. Le pâturage, contaminé par les matières fécales des animaux et les épandages non maîtrisés, constitue l'une des principales voies de contamination des animaux *via* l'alimentation.

La contamination des ruminants peut entraîner la contamination ultérieure des produits qui en sont issus, et dont la consommation à l'état cru (lait et produits laitiers au lait cru, viande) ou insuffisamment cuit (viande) engendre des risques importants pour les consommateurs, notamment les jeunes enfants.

Le contrôle du réservoir animal semble la meilleure stratégie pour limiter la dissémination des souches de STEC dans la chaîne alimentaire, mais des moyens de maîtrise efficaces ne sont pas encore clairement identifiés. Les mesures classiques d'hygiène au niveau de la ferme (propreté des locaux, gestion de la litière, propreté des trayons, nettoyage de la machine à traire, contrôle de la faune sauvage commensale et/ou libre, etc.) doivent impérativement être respectées pour limiter la contamination du lait et des animaux, et ainsi la circulation des souches bactériennes.

La gestion des fumiers et lisiers doit impérativement minimiser les risques de transfert d'un danger microbien des déjections animales vers des aliments pour animaux, et par conséquent vers le reste de la chaîne alimentaire. En particulier, le respect du délai entre l'épandage de déjections animales sur des terres agricoles et l'utilisation de ces terres (pour être pâturées, cultivées ou fauchées) doit permettre une élimination des STEC pathogènes, afin d'éviter la contamination des cultures et/ou des troupeaux. Là encore, le respect des bonnes pratiques et de la réglementation pour ce qui concerne le stockage et l'épandage doit permettre de minimiser le risque lié aux STEC.

L'incorporation de bactéries lactiques dans l'ensilage, qui est une pratique courante, semble permettre de limiter la survie des STEC, et pourrait donc aider à limiter le risque pour cet aliment. De même, la présence de moisissures visibles en surface des silos, qui témoigne d'une rupture d'anaérobiose, doit alerter sur la présence possible de STEC. Le GT ne disposait d'aucune donnée sur les fourrages enrubannés mais il est probable que le risque existe aussi pour cet aliment, dans la mesure où la technique d'enrubannage est, à l'instar de celle d'ensilage, un mode de conservation par voie humide favorable au développement de ce DM.

- *Mycobacterium bovis* représente un risque principalement pour les bovins. Le risque principal de transmission de *M. bovis* au bétail *via* l'alimentation est lié aux pâturages, habitats que les animaux d'élevage partagent fréquemment avec des espèces sauvages pouvant être infectées. Ce risque pourrait donc être réduit par une meilleure gestion des sites de pâturage. Les points à surveiller sont la présence d'animaux sauvages pouvant être porteurs de *M. bovis*, l'épandage d'effluents d'élevage trop « frais », ainsi que le surpâturage qui peut amener les bovins à brouter au voisinage des latrines des blaireaux, ou à ingérer des quantités plus importantes de terre éventuellement contaminée.

- *M. avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), agent étiologique de la paratuberculose des ruminants, touche particulièrement les troupeaux laitiers. Les fèces des animaux malades ou infectés asymptomatiques, constituent la principale source d'infection. Ainsi, la contamination des aliments dans l'environnement d'élevage, liée à l'excrétion abondante des MAP et à leur persistance, participe à la transmission de la paratuberculose. La réduction du risque de transmission des MAP *via* l'alimentation des animaux relève donc de la prévention sanitaire au sein des élevages plutôt que de la surveillance des aliments.

Il est nécessaire, enfin, de souligner que la **liste** des triades retenues, de même que la hiérarchisation qui constitue l'étape suivante du travail d'expertise, ont été établies **sur la base de la situation épidémiologique actuelle et des connaissances et données de la bibliographie disponibles au moment de l'exercice**. Un événement nouveau, lié par exemple à l'émergence d'un danger microbien ou à l'augmentation de l'impact d'un danger microbien à la suite d'une modification de son pouvoir pathogène et/ou de sa capacité à induire des épidémies/épizooties, ou encore à une modification de la réglementation, pourra donc conduire à la réviser. Cette révision pourrait également concerner les triades que les experts ont été dans l'incapacité de noter en 2018/2019, faute de données mais qui pourraient être notées une fois les connaissances générées.

De manière plus générale, les experts souhaitent émettre les recommandations suivantes :

- pour les filières de production à risque (i.e. production de lait cru ou de produits laitiers au lait cru), les experts préconisent d'évaluer les risques liés à l'utilisation de fourrages ensilés et/ou enrubannés, notamment pour la présence de *Listeria monocytogenes* et d'*Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines;

- peu d'études ont été menées sur les risques microbiens qui pourraient être attribués à la FAF. La mise en place de telles études serait d'autant plus justifiée que la FAF tend à se développer notamment dans certains modes d'élevage (agriculture biologique, élevages fermiers...). Ainsi, les experts du GT recommandent non seulement de mieux recenser les différentes pratiques de FAF utilisées dans toutes les filières de production, mais également de mieux mesurer les risques microbiens encourus, afin d'établir, le cas échéant, un GBPH validé par les autorités pour les aliments fabriqués à la ferme ;

- la bonne gestion des fumiers et des lisiers doit impérativement minimiser les risques de transfert des dangers microbiens des déjections animales vers des aliments pour animaux, et par conséquent vers toute la chaîne alimentaire. En particulier, le respect du délai entre l'épandage de déjections animales sur des terres agricoles et la gestion raisonnée de ces terres doivent permettre une élimination des dangers microbiens (STEC, MAP, *Mycobacterium bovis*, *Listeria monocytogenes*...) afin de limiter la contamination des cultures et/ou des troupeaux ;

- enfin, le GT recommande la mise en place et l'utilisation de méthodes de caractérisation plus élaborées, basées par exemple sur le génotypage des souches bactériennes. Ceci notamment pour les souches de *Salmonella* spp. et de *Listeria monocytogenes* isolées aux différents stades de la chaîne alimentaire, depuis les matières premières des aliments pour animaux jusqu'aux denrées alimentaires. Le développement et la mise en place de telles méthodes permettraient non seulement de mieux connaître l'origine de la contamination de certaines denrées alimentaires, mais également d'évaluer et formaliser le lien entre la présence d'agents pathogènes dans les aliments pour animaux et la contamination ultérieure de denrées alimentaires.

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail et par le CES ALAN : 19 novembre 2019.

7 Bibliographie

7.1 Publications

- Abdel-Baki, Abdel-Azeem et Saleh Al-Quraishy. 2013. "Prevalence of Coccidia (*Eimeria* spp.) Infection in Domestic Rabbits, *Oryctolagus cuniculus*, in Riyadh, Saudi Arabia." *Pakistan journal of zoology* 45 (5):1329.
- Acha, P.N et B Szyfres. 2005. *Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux*. Traduit par. Edité: OIE.
- ADEME. 2016. Fiche Technique Alimentation animale
- Adhikari, B., J. H. Connolly, P. Madie et P. R. Davies. 2004. "Prevalence and clonal diversity of campylobacter jejuni from dairy farms and urban sources." *New Zealand Veterinary Journal* 52 (6):378-383. doi: 10.1080/00480169.2004.36455.
- Afssa. 2000. Alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments Maisons-Alfort, France
- Afssa. 2004. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif aux bonnes pratiques de fabrication de l'ensilage pour une meilleure maîtrise des risques sanitaires. Maisons-Alfort, France.
- Afssa. 2009. Paratuberculose des ruminants.
- Allerberger, F. 2012. "Molecular typing in public health laboratories: from an academic indulgence to an infection control imperative." *J Prev Med Public Health* 45 (1):1-7. doi: 10.3961/jpmph.2012.45.1.1.
- Alonso, C. A., A. Mora, D. Diaz, M. Blanco, D. Gonzalez-Barrio, F. Ruiz-Fons, C. Simon, J. Blanco et C. Torres. 2017. "Occurrence and characterization of stx and/or eae-positive *Escherichia coli* isolated from wildlife, including a typical EPEC strain from a wild boar." *Vet Microbiol* 207:69-73. doi: 10.1016/j.vetmic.2017.05.028.
- Alton, G.G. 1985. "The epidemiology of *Brucella melitensis* in sheep and goats." *Brucella melitensis*, a CEC seminar., Dordrecht, Netherlandsp.
- Anses-ONCFS. 2016. Demande d'Appui Scientifique et Technique pour définir et évaluer bibliographiquement les critères préalables à une approche vaccinale contre la brucellose chez les bouquetins du massif du Bargy.
- Anses. 2010. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à une demande d'avis sur les mesures de gestion en santé animale et en sécurité sanitaire des aliments lors de suspicions et de confirmations de cas de fièvre charbonneuse. Maisons-Alfort, France
- Anses. 2011a. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la révision de la définition des *E.coli* entéro-hémorragiques (EHEC) majeurs typiques, à l'appréciation quantitative des risques liés à ces bactéries à différentes étapes de la chaîne alimentaire, selon les différents modes de consommation des steaks hachés, et à la prise en compte du danger lié aux *E.coli* entéro-pathogènes (EPEC) dans les aliments. Maisons-Alfort, France
- Anses. 2011b. Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments / *Clostridium botulinum*, *Clostridium neurotoxinogène*. Maisons-Alfort, France.
- Anses. 2011c. Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments, *Listeria monocytogenes*. Maisons-Alfort, France.
- Anses. 2011d. Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments: *Bacillus cereus*. Maisons Alfort.
- Anses. 2012a. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à un Guide de Bonnes Pratiques d'Hygiène "Production de matières premières végétales destinées à l'alimentation animale à la ferme". Maisons -Alfort, France
- Anses. 2012b. Hiérarchisation de 103 maladies animales présentes dans les filières ruminants, équidés, porcs, volailles et lapins en France métropolitaine
- Anses. 2013. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif aux mesures à prendre sur les bouquetins pour lutter contre la brucellose sur le massif du Bargy, Haute Savoie. Maisons-Alfort, France

- Anses. 2015a. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'enrichissement du milieu d'élevage de porcs par la mise à disposition des matériaux manipulables. Maisons Alfort.
- Anses. 2015b. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à une méthode de hiérarchisation des maladies animales exotiques et présentes en France. Maisons-Alfort, France.
- Anses. 2015c. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif aux mesures de maîtrise de la brucellose chez les bouquetins du Bary . Maisons-Alfort, France
- Anses. 2016. Prise en compte de l'incertitude en évaluation des risques : revue de la littérature et recommandations pour l'Anses. Maisons-Alfort, France.
- Anses. 2017a. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'évaluation approfondie et réactualisée des mesures de maîtrise du foyer de brucellose chez les bouquetins du Bary Maisons-Alfort, France
- Anses. 2017b. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'évaluation de la présence de spores de *Bacillus anthracis* dans différents milieux (eau, sol, aliments) et l'évaluation du risque pour la santé humaine lié à différentes voies d'exposition (voie respiratoire, cutanée, digestive). Maisons-Alfort, France
- Anses. 2017c. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'illustration et l'actualisation des recommandations pour l'évaluation du poids des preuves et l'analyse de l'incertitude à l'Anses. Maisons Alfort
- Anses. 2017d. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la détection d'E.coli producteurs de shigatoxines (STEC) considérés comme hautement pathogènes en filière viande hachée bovine. Maisons-Alfort, France
- Anses. 2017e. Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments: *Campylobacter jejuni* - *Campylobacter coli* Maisons Alfort
- Anses. 2018a. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au danger Salmonella spp. en alimentation animale. Maisons-Alfort, France
- Anses. 2018b. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'état des connaissances sur la contamination des poulets de chair par *Campylobacter* et à l'évaluation de l'impact des interventions à différents stades de la chaîne alimentaire en France Maisons Alfort, France
- Arsia. 2008. Le point sur la néosporose: Manuel pratique à destination des éleveurs.
- Aubry, P., J. L. Thompson, T. Pasma, M. C. Furness et J. Tataryn. 2017. "Weight of the evidence linking feed to an outbreak of porcine epidemic diarrhea in Canadian swine herds." *Journal of Swine Health and Production* 25 (2):69-72.
- Aune, K., J. C. Rhyan, R. Russell, T. J. Roffe et B. Corso. 2012. "Environmental persistence of *Brucella abortus* in the Greater Yellowstone Area." *Journal of Wildlife Management* 76 (2):253-261. doi: 10.1002/jwmg.274.
- Avery, S. M., A. Moore et M. L. Hutchison. 2004. "Fate of *Escherichia coli* originating from livestock faeces deposited directly onto pasture." *Letters in Applied Microbiology* 38 (5):355-359. doi: 10.1111/j.1472-765X.2004.01501.x.
- Awais, M. M., M. Akhtar, Z. Iqbal, F. Muhammad et M. I. Anwar. 2012. "Seasonal prevalence of coccidiosis in industrial broiler chickens in Faisalabad, Punjab, Pakistan." *Trop Anim Health Prod* 44 (2):323-8. doi: 10.1007/s11250-011-0024-x.
- Bach, S. J., T. A. McAllister, J. Baah, L. J. Yanke, D. M. Veira, V. P. J. Gannon et R. A. Holley. 2002. "Persistence of *Escherichia coli* O157 : H7 in barley silage: effect of a bacterial inoculant." *Journal of Applied Microbiology* 93 (2):288-294. doi: 10.1046/j.1365-2672.2002.01695.x.
- Barbier, E. 2016. "Prévalence de *Mycobacterium bovis* dans les agroécosystèmes: analyse de réservoirs environnementaux potentiels (sol, eau douce, faune du sol et faune aquatique) et traçage de la circulation de cette bactérie entre les différents compartiments." Université de Bourgogne.
- Beloeil, P. A., C. Chauvin, K. Proux, F. Madec, P. Fravalo et A. Alioum. 2004. "Impact of the *Salmonella* status of market-age pigs and the pre-slaughter process on *Salmonella* caecal contamination at slaughter." *Vet Res* 35 (5):513-30. doi: 10.1051/vetres:2004028.

- Beloëil, P. A., C. Chauvin, M. T. Toquin, C. Fablet, Y. Le Notre, G. Salvat, F. Madec et P. Fravallo. 2003. "Listeria monocytogenes contamination of finishing pigs: an exploratory epidemiological survey in France." *Vet Res* 34 (6):737-48. doi: 10.1051/vetres:2003031.
- Benoît, P., A. Chatelet, S. Générmont, L. Giamberini, C. Mougin, C. Nguyen, D. Patureau, A.-M. Pourcher, Guido Rychen, E. Smolders, E. Topp et C. Viguié. 2014. Conséquences de l'épandage de Mafor en terme de contamination de l'environnement. Chapitre 4 du Rapport final de l'ESCO "matières fertilisantes d'origine résiduaire".
- Bibbal, D., E. Loukiadis, M. Kerouredan, F. Ferre, F. Dilasser, C. Peytavin de Garam, P. Cartier, E. Oswald, E. Gay, F. Auvray et H. Brugere. 2015. "Prevalence of carriage of Shiga toxin-producing Escherichia coli serotypes O157:H7, O26:H11, O103:H2, O111:H8, and O145:H28 among slaughtered adult cattle in France." *Appl Environ Microbiol* 81 (4):1397-1405. doi: 10.1128/aem.03315-14.
- Biswas, S., M. Niu, J. A. D. R. N. Appuhamy, A. B. Leytem, R. S. Dungan, E. Kebreab et P. Pandey. 2016. "Impacts of dietary forage and crude protein levels on the shedding of Escherichia coli O157:H7 and Listeria in dairy cattle feces." *Livestock Science* 194:17-22. doi: 10.1016/j.livsci.2016.10.011.
- Bolton, D. J., C. M. Byrne, J. J. Sheridan, D. A. McDowell et I. S. Blair. 1999. "The survival characteristics of a non-toxigenic strain of Escherichia coli O157:H7." *Journal of Applied Microbiology* 86 (3):407-411. doi: 10.1046/j.1365-2672.1999.00677.x.
- Bolton, D. J., A. Monaghan, B. Byrne, S. Fanning, T. Sweeney et D. A. McDowell. 2011. "Incidence and survival of non-O157 verocytotoxigenic Escherichia coli in soil." *Journal of Applied Microbiology* 111 (2):484-490. doi: 10.1111/j.1365-2672.2011.05057.x.
- Boye, Mette, Suraj B. Baloda, Thomas D. Leser et Kristian Møller. 2001. "Survival of Brachyspira hyodysenteriae and B. pilosicoli in terrestrial microcosms." *Veterinary Microbiology* 81 (1):33-40. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(01\)00328-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(01)00328-5).
- Braun, U., C. Bachofen, R. Büchi, M. Hässig et E. Peterhans. 2013. "Infection of cattle with Border disease virus by sheep on communal alpine pastures." *Schweizer Archiv fur Tierheilkunde* 155 (2):123-128. doi: 10.1024/0036-7281/a000428.
- Braun, U., M. Schonmann, F. Ehrensperger, M. Hilbe, D. Brunner, K. D. C. Stark et T. Giger. 1998. "Epidemiology of Bovine Virus Diarrhoea in Cattle on Communal Alpine Pastures in Switzerland." *Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine* 45 (8):445-452.
- Brenner, F. W., R. G. Villar, F. J. Angulo, R. Tauxe et B. Swaminathan. 2000. "Salmonella nomenclature." *J Clin Microbiol* 38 (7):2465-7.
- Bronner, A., E. Morignat, G. Fournié, T. Vergne, J. L. Vinard, E. Gay et D. Calavas. 2015. "Syndromic surveillance of abortions in beef cattle based on the prospective analysis of spatio-temporal variations of calvings." *Scientific reports* 5:18285-18285. doi: 10.1038/srep18285.
- Bruchou, C., J. Couteau, N. Dumoulin, R. Faivre, B. Iooss, S. Mahévas, D. Makowski et H. Monod. 2013. *Analyse de sensibilité et exploration de modèles: application aux sciences de la nature et de l'environnement*. Traduit par. Edité: Editions Quae.
- Brugère-Picoux, J. 2008. "Ovine listeriosis." *Small Ruminant Research* 76 (1-2):12-20. doi: 10.1016/j.smallrumres.2007.12.022.
- Burns, A. M., P. G. Lawlor, G. E. Gardiner, E. M. McCabe, D. Walsh, M. Mohammed, J. Grant et G. Duffy. 2015. "Salmonella occurrence and Enterobacteriaceae counts in pig feed ingredients and compound feed from feed mills in Ireland." *Preventive Veterinary Medicine* 121 (3-4):231-239. doi: 10.1016/j.prevetmed.2015.07.002.
- Buxton, D. 1998. "Protozoan infections (Toxoplasma gondii, Neospora caninum and Sarcocystis spp.) in sheep and goats: Recent advances." *Veterinary Research* 29 (3-4):289-310.
- Byrne, C. M., P. O'Kiely, D. J. Bolton, J. J. Sheridan, D. A. McDowell et I. S. Blair. 2002. "Fate of Escherichia coli O157:H7 during silage fermentation." *Journal of Food Protection* 65 (12):1854-1860. doi: 10.4315/0362-028X-65.12.1854.
- Cabaret, J., S. Geerts, M. Madeline, C. Ballandonne et D. Barbier. 2002. "The use of urban sewage sludge on pastures: the cysticercosis threat." *Vet Res* 33 (5):575-97. doi: 10.1051/vetres:2002040.
- Canada, Santé. 2012. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Protozoaires entériques: *Giardia* et *Cryptosporidium*.

- Cardim, S.T., M. Seixas, V. Bittencourt, D. Tabacow, A. Taroda, P. Gomes Carneiro, T.A. Martins, L.D. De Barros, A.F. Minutti, A.L. Chryssafidis, O. Vidotto et J.L. Garcia. 2018. "Prevalence of *Eimeria* spp. in calves from dairy farms in northern Parana state, Brazil." *Braz. J. Vet. Parasitol.* 27 (1):119-123.
- Caro, M. R., E. Zamora, L. León, F. Cuello, J. Salinas, D. Megias, M. J. Cubero et A. Contreras. 1990. "Isolation and identification of *Listeria monocytogenes* in vegetable byproduct silages containing preservative additives and destined for animal feeding." *Animal Feed Science and Technology* 31 (3-4):285-291. doi: 10.1016/0377-8401(90)90133-S.
- Casanova, Natalia A., Leandro M. Redondo, Gabriela C. Dailoff, David Arenas et Mariano E. Fernández Miyakawa. 2018. "Overview of the role of Shiga toxins in porcine edema disease pathogenesis." *Toxicon* 148:149-154. doi: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.04.019>.
- Castro-Hermida, J.A., I. Pors, B. Poupin, E. Ares-Mazas et C. Chartier. 2005. "Prevalence of *Giardia duodenalis* and *Cryptosporidium parvum* infections in goat kids in western France " *Small Ruminant Research* 56:259-264.
- Chapoutot, P., B. Rouillé, D. Sauvart et B. Renaud. 2018. "Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire: des ressources alimentaires à ne pas négliger." *Inra Production Animale* 31 (3):201-220.
- Chazel, M., Y. Buret, D. Meunier, JY. Madec et D. Calavas. 2007. "Le RESSAB- Réseau d'Epidémiologie et de Surveillance des Salmonelloses Bovines- Résultats 2006." *Bulletin Epidémiologique AFSSA* 25:5-7.
- Comité National des Coproduits. 2012. Fiches sanitaires coproduits "Staphylocoques".
- Commission Européenne. 2001. Brucellosis in Sheep and Goats. European Commission
- Cook, W.E. 1999. *Brucellosis in Elk: Studies of Epizootiology and Control*. Traduit par. Edité.
- Corrégé, I. et B. Minvielle. 2013. Enjeux et stratégies de maîtrise de *Salmonella* dans la filière porcine : une analyse prospective. Journées Recherche Porcine.
- Cotton, W.E. 1919. "Abortion disease of cattle." *Journal of American Medical Association* 55:504-508.
- Croxen, M. A. et B. B. Finlay. 2010. "Molecular mechanisms of *Escherichia coli* pathogenicity." *Nat Rev Microbiol* 8 (1):26-38. doi: 10.1038/nrmicro2265.
- Croxen, Matthew A., Robyn J. Law, Roland Scholz, Kristie M. Keeney, Marta Wlodarska et B. Brett Finlay. 2013. "Recent advances in understanding enteric pathogenic *Escherichia coli*." *Clinical microbiology reviews* 26 (4):822-880. doi: 10.1128/CMR.00022-13.
- Dahl, J. 1997. "Cross-sectional epidemiological analysis of the relations between different herd factors and salmonella-seropositivity." *Epidémiologie et santé animale* (31-32).
- Dauguschies, A., S. Imarom, M. Ganter et W. Bollwahn. 2004. "Prevalence of *Eimeria* spp. in sows at piglet-producing farms in Germany." *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health* 51 (3):135-9. doi: 10.1111/j.1439-0450.2004.00734.x.
- Davies, R., M. Breslin, J. E. Corry, W. Hudson et V. M. Allen. 2001. "Observations on the distribution and control of *Salmonella* species in two integrated broiler companies." *Vet Rec* 149 (8):227-32.
- Davis, M. A., D. D. Hancock, D. H. Rice, D. R. Call, R. DiGiacomo, M. Samadpour et T. E. Besser. 2003. "Feedstuffs as a vehicle of cattle exposure to *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica*." *Vet Microbiol* 95 (3):199-210.
- De Keersmaecker, S. C., T. L. Verhoeven, J. Desair, K. Marchal, J. Vanderleyden et I. Nagy. 2006. "Strong antimicrobial activity of *Lactobacillus rhamnosus* GG against *Salmonella typhimurium* is due to accumulation of lactic acid." *FEMS Microbiol Lett* 259 (1):89-96. doi: 10.1111/j.1574-6968.2006.00250.x.
- De La Fuente, R, S Garcia, J-A Orden et J-A Ruiz-Santa-Quiteria. 2002. "Prevalence and characteristics of attaching and effacing strains of *Escherichia coli* isolated from diarrheic and healthy sheep and goats." *American Journal of Veterinary Research* 63 (2):262-266.
- Dee, S. A., F. V. Bauermann, M. C. Niederwerder, A. Singrey, T. Clement, M. de Lima, C. Long, G. Patterson, M. A. Sheahan, A. M. M. Stoian, V. Petrovan, C. K. Jones, J. De Jong, J. Ji, G. D. Spronk, L. Minion, J. Christopher-Hennings, J. J. Zimmerman, R. R. Rowland, E. Nelson, P. Sundberg et D. G. Diel. 2018. "Survival of viral pathogens in animal feed ingredients under transboundary shipping models." *Plos One* 13 (3):e0194509. doi: 10.1371/journal.pone.0194509.
- Dee, S., T. Clement, A. Schelkopf, J. Nerem, D. Knudsen, J. Christopher-Hennings et E. Nelson. 2014. "An evaluation of contaminated complete feed as a vehicle for porcine epidemic diarrhea virus infection of

- naive pigs following consumption via natural feeding behavior: proof of concept." *BMC Vet Res* 10:176. doi: 10.1186/s12917-014-0176-9.
- Dee, S., C. Neill, A. Singrey, T. Clement, R. Cochrane, C. Jones, G. Patterson, G. Spronk, J. Christopher-Hennings et E. Nelson. 2016. "Modeling the transboundary risk of feed ingredients contaminated with porcine epidemic diarrhea virus." *BMC Veterinary Research* 12 (1). doi: 10.1186/s12917-016-0674-Z.
- Denis, M, A Fablet, S Rouxel, C Houdayer, C Robinault et P Fravallo. 2009. "Diversité génétique de *Salmonella* Typhimurium et *Salmonella* Derby chez le porc en France " *Journée Recherche Porcine* 41:49-52.
- Di Giovanni, G. D., W. Q. Betancourt, J. Hernandez, N. W. Assadian, J. P. Flores Margez et E. J. Lopez. 2006. "Investigation of potential zoonoanthropotic transmission of cryptosporidiosis and giardiasis through agricultural use of reclaimed wastewater." *International Journal of Environmental Health Research* 16 (6):405-418. doi: 10.1080/09603120601095100.
- Dia, M.E.H., S. Le Bouquin, V. Marie-Léone, E. Bonin, H. Sadones, V. Michel, S. Granier, F. Moury et A. Brisabois. 2012. "Investigations épidémiologiques et microbiologiques de récents foyers de typhose et de pullorose chez les volailles en France." *Bulletin Epidémiologique Santé Animale-Alimentation* 48:10-13.
- Diakou, Anastasia, Elias Papadopoulos, Panousis Nikolaos, Karatzias Charilaos et Nektarios Giadinis. 2013. "Toxoplasma gondii and Neospora caninum seroprevalence in dairy sheep and goats mixed stock farming." *Vet Parasitology* 198:387-390. doi: 10.1016/j.vetpar.2013.09.017.
- Dijkstra, Th, M. Eysker, G. Schares, F. J. Conraths, W. Wouda et H. W. Barkema. 2001. "Dogs shed Neosporacanium oocysts after ingestion of naturally infected bovine placenta but not after ingestion of colostrum spiked with Neosporacanium tachyzoites." *International Journal for Parasitology* 31 (8):747-752. doi: [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(01\)00230-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(01)00230-2).
- Doane, C. A., P. Pangloli, H. A. Richards, J. R. Mount, D. A. Golden et F. A. Draughon. 2007. "Occurrence of Escherichia coli O157:H7 in diverse farm environments." *Journal of Food Protection* 70 (1):6-10. doi: 10.4315/0362-028X-70.1.6.
- Dodd, C. C., M. W. Sanderson, J. M. Sargeant, T. G. Nagaraja, R. D. Oberst, R. A. Smith et D. D. Griffin. 2003. "Prevalence of Escherichia coli O157 in cattle feeds in Midwestern feedlots." *Applied and Environmental Microbiology* 69 (9):5243-5247. doi: 10.1128/AEM.69.9.5243-5247.2003.
- Driehuis, F., J. M. Wilkinson, Y. Jiang, I. Ogunade et A. T. Adesogan. 2018. "Silage review: Animal and human health risks from silage." *J Dairy Sci* 101 (5):4093-4110. doi: 10.3168/jds.2017-13836.
- Dubey, J. P. 2003. "Review of Neospora caninum and neosporosis in animals." *The Korean journal of parasitology* 41 (1):1-16. doi: 10.3347/kjp.2003.41.1.1.
- Dubey, J. P., G. Schares et L. M. Ortega-Mora. 2007. "Epidemiology and control of neosporosis and Neospora caninum." *Clinical microbiology reviews* 20 (2):323-367. doi: 10.1128/CMR.00031-06.
- Dunière, L., A. Gleizal, F. Chaucheyras-Durand, I. Chevallier et D. Thévenot-Sergentet. 2011. "Fate of Escherichia coli O26 in corn silage experimentally contaminated at ensiling, at silo opening, or after aerobic exposure, and protective effect of various bacterial inoculants." *Applied and Environmental Microbiology* 77 (24):8696-8704. doi: 10.1128/AEM.06320-11.
- Dutta, T. K., P. Roychoudhury, S. Bandyopadhyay, S. A. Wani et I. Hussain. 2011. "Detection & characterization of Shiga toxin producing Escherichia coli (STEC) & enteropathogenic Escherichia coli (EPEC) in poultry birds with diarrhoea." *Indian J Med Res* 133:541-5.
- EFSA. 2004. "Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on the risk of transmission of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis via bovine semen." *EFSA Journal* 2 (10):59pp.
- EFSA. 2008. Microbiological risk assessment in feedingstuffs for food-producing animals. Scientific Opinion of the Panel of Biological Hazards.
- EFSA. 2016. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2015.
- EFSA. 2018. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017.
- El Idrissi, A. 2011. "La fièvre charbonneuse." *EMPRES, Bulletin des maladies animales transfrontalières* (39):12-19.
- Elving et Thelander. 2018. "Salmonella at grain production farms in Sweden." International Symposium Salmonella and Salmonellosis I3S 2018.

- Eriksson, J., C. Lofstrom, A. Aspan, A. Gunnarsson, I. Karlsson, E. Borch, B. de Jong et P. Radstrom. 2005. "Comparison of genotyping methods by application to Salmonella livingstone strains associated with an outbreak of human salmonellosis." *International Journal of Food Microbiology* 104 (1):93-103. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2005.01.011.
- FAO et WHO. 2017. Interventions for the control of non-typhoidal Salmonella spp. in beef and pork. Rome.
- FAO/WHO. 1986. FAO/WHO Expert Committee on Brucellosis, Sixth Report, Technical Report Series 740. Geneva, Switzerland: WHO.
- Fasanella, A. 2012. "Anthrax " In *Infectious Diseases of Wild Mammals and Birds in Europe*, édité par D Gavier-Widen, J.P Duff et A Meredith, 329-335. Blackwell Publishing.
- Fenlon, D. R. 1985. "Wild birds and silage as reservoirs of Listeria in the agricultural environment." *Journal of Applied Bacteriology* 59 (6):537-543. doi: 10.1111/j.1365-2672.1985.tb03357.x.
- Fenlon, D. R., I. D. Ogden, A. Vinten et I. Svoboda. 2000. "The fate of Escherichia coli and E. coli O157 in cattle slurry after application to land." *Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement* 88 (29):149s-156s.
- Fenlon, D. R. et J. Wilson. 1989. "The incidence of Listeria monocytogenes in raw milk from farm bulk tanks in North-East Scotland." *Journal of Applied Bacteriology* 66 (3):191-196. doi: 10.1111/j.1365-2672.1989.tb02469.x.
- Fenlon, D. R. et J. Wilson. 2000. "Growth of Escherichia coli O157 in poorly fermented laboratory silage: A possible environmental dimension in the epidemiology of E. coli O157." *Letters in Applied Microbiology* 30 (2):118-121. doi: 10.1046/j.1472-765X.2000.00679.x.
- Fenlon, D. R., J. Wilson et W. Donachie. 1996. "The incidence and level of Listeria monocytogenes contamination of food sources at primary production and initial processing." *Journal of Applied Bacteriology* 81 (6):641-650. doi: 10.1111/j.1365-2672.1996.tb03559.x.
- Ferens, Witold A. et Carolyn J. Hovde. 2011. "Escherichia coli O157:H7: animal reservoir and sources of human infection." *Foodborne Pathogens and Disease* 8 (4):465-487. doi: 10.1089/fpd.2010.0673.
- Fine, A. E., C. A. Bolin, J. C. Gardiner et J. B. Kaneene. 2011. "A Study of the Persistence of Mycobacterium bovis in the Environment under Natural Weather Conditions in Michigan, USA." *Vet Med Int* 2011:765430. doi: 10.4061/2011/765430.
- Fox, E., T. O'Mahony, M. Clancy, R. Dempsey, M. O'Brien et K. Jordan. 2009. "Listeria monocytogenes in the Irish dairy farm environment." *Journal of Food Protection* 72 (7):1450-1456. doi: 10.4315/0362-028X-72.7.1450.
- Fremaux, B., M. L. Delignette-Muller, C. Prigent-Combaret, A. Gleizal et C. Vernozy-Rozand. 2007. "Growth and survival of non-O157:H7 Shiga-toxin-producing Escherichia coli in cow manure." *J Appl Microbiol* 102 (1):89-99. doi: 10.1111/j.1365-2672.2006.03059.x.
- Fremaux, B., C. Prigent-Combaret, L. Beutin, A. Gleizal, D. Trevisan, P. Quetin, L. Jocteur-Monrozier et C. Rozand. 2010. "Survival and spread of Shiga toxin-producing Escherichia coli in alpine pasture grasslands." *Journal of Applied Microbiology* 108 (4):1332-1343. doi: 10.1111/j.1365-2672.2009.04527.x.
- Garcia-Feliz, C., A. Carvajal, J. A. Collazos et P. Rubio. 2009. "Herd-level risk factors for faecal shedding of Salmonella enterica in Spanish fattening pigs." *Prev Vet Med* 91 (2-4):130-6. doi: 10.1016/j.prevetmed.2009.05.011.
- Garcia, E., M. DePaz, J. L. Rodriguez, P. Gaya, M. Medina et M. Nunez. 1996. "Exogenous sources of Listeria contamination in raw ewe's milk." *Journal of Food Protection* 59 (9):950-954. doi: 10.4315/0362-028X-59.9.950.
- Gauthier, D., M. Thuault, E. Gervasoni, G. Honyiglo, M. Ragon, C. Mangin et L. Poussin. 2014. Evaluation du risque de contamination domestique - sauvage en alpage: comment donner un indice d'exposition? Exemple de la brucellose du bouquetin du Bargy. 32èmes rencontres du GEEFSM.
- Genov, I. 1965. "The effects of certain physical and chemical agents on Mycobacterium tuberculosis." *Veterinari Med. Nauk. Sofia* 2:97-107.
- Germain, K., C. Leterrier, B. Meda, S. Jurjanz, J. Cabaret, M. Lessire, C. Jondreville, M. Bonneau et D. Guéméné. 2013. "Elevage du poulet de chair biologique: l'utilisation du parcours influence de nombreux paramètres biotechniques." Dixièmes journées de la recherche avicole et palmipèdes à foie gras, La Rochelle.

- Gilpin, B. J., B. Robson, P. Scholes, F. Nourozi et L. W. Sinton. 2009. "Survival of *Campylobacter* spp. in bovine faeces on pasture." *Letters in Applied Microbiology* 48 (2):162-166. doi: 10.1111/j.1472-765X.2008.02496.x.
- Glasset, B., S. Herbin, S. A. Granier, L. Cavalie, E. Lafeuille, C. Guerin, R. Ruimy, F. Casagrande-Magne, M. Levast, N. Chautemps, J. W. Decousser, L. Belotti, I. Pelloux, J. Robert, A. Brisabois et N. Ramarao. 2018. "Bacillus cereus, a serious cause of nosocomial infections: Epidemiologic and genetic survey." *Plos One* 13 (5):e0194346. doi: 10.1371/journal.pone.0194346.
- Glawischnig, W., J. Lazar, A. Wallner et C. Kornschöber. 2017. "Cattle-derived salmonella enterica serovar dublin infections in red foxes (*Vulpes vulpes*) in Tyrol, Austria." *Journal of Wildlife Diseases* 53 (2):361-363. doi: 10.7589/2016-04-087.
- Gomes, T. A., W. P. Elias, I. C. Scaletsky, B. E. Guth, J. F. Rodrigues, R. M. Piazza, L. C. Ferreira et M. B. Martinez. 2016. "Diarrheagenic *Escherichia coli*." *Braz J Microbiol* 47 Suppl 1:3-30. doi: 10.1016/j.bjm.2016.10.015.
- Gondim, L. F. P., L. Gao et M. M. McAllister. 2002. "Improved production of *Neospora caninum* oocysts, cyclical oral transmission between dogs and cattle, and in vitro isolation from oocysts." *Journal of Parasitology* 88 (6):1159-1163.
- Gortazar, C., I. Diez-Delgado, J. A. Barasona, J. Vicente, J. De La Fuente et M. Boadella. 2014. "The Wild Side of Disease Control at the Wildlife-Livestock-Human Interface: A Review." *Front Vet Sci* 1:27. doi: 10.3389/fvets.2014.00027.
- Gortázar, Christian, Ezio Ferroglio, Ursula Höfle, Kai Frölich et Joaquín Vicente. 2007. "Diseases shared between wildlife and livestock: a European perspective." *European Journal of Wildlife Research* 53 (4):241. doi: 10.1007/s10344-007-0098-y.
- Gottschalk, M, M Kobisch et F Berthelot-Hérault. 2001. "L'infection à *Streptococcus suis* chez le porc. Revue générale." 33èmes Journées de la Recherche Porcine en France, Paris
- Goyal, S. M. 2014. Environmental stability of PEDV (porcine epidemic diarrhea virus). University of Minnesota.
- Green, A. L., D. A. Dargatz, B. A. Wagner, P. J. Fedorka-Cray, S. R. Ladely et C. A. Kopral. 2010. "Analysis of risk factors associated with salmonella spp. isolated from U.S. feedlot cattle." *Foodborne Pathogens and Disease* 7 (7):825-833. doi: 10.1089/fpd.2007.0068.
- Grove-White, D. H., A. J. H. Leatherbarrow, P. J. Cripps, P. J. Diggle et N. P. French. 2010. "Temporal and farm-management-associated variation in the faecal-pat prevalence of *Campylobacter jejuni* in ruminants." *Epidemiology and Infection* 138 (4):549-558. doi: 10.1017/S0950268809991051.
- Györke, Adriana, Loredana Pop et Vasile Cozma. 2013. "Prevalence and distribution of *Eimeria* species in broiler chicken farms of different capacities." *Parasite (Paris, France)* 20:50-50. doi: 10.1051/parasite/2013052.
- Hadjicostis, A., O. O. Ondrasovicova et R. Cabadaj. 2004. "Use of treated sewage effluent for irrigation of fodder crops I. Feeding sudax (*Sorghum vulgare* x *Sorghum halepensis*, hybrid) to sheep, goats and calves." *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 48 (2):123-127.
- Hald, T., A. Wingstrand, T. Brøndsted et D. M. A. L. F. Wong. 2006. "Human health impact of Salmonella contamination in imported soybean products: A semiquantitative risk assessment." *Foodborne Pathogens and Disease* 3 (4):422-431. doi: 10.1089/fpd.2006.3.422.
- Hampson, D. J. 2018. "The Spirochete *Brachyspira pilosicoli*, Enteric Pathogen of Animals and Humans." *Clin Microbiol Rev* 31 (1). doi: 10.1128/cmr.00087-17.
- Hancock, D., T. Besser, J. Lejeune, M. Davis et D. Rice. 2001. "The control of VTEC in the animal reservoir." *International Journal of Food Microbiology* 66 (1-2):71-78. doi: 10.1016/S0168-1605(00)00487-6.
- Hanning, I., D. Biswas, P. Herrera, M. Roesler et S. C. Ricke. 2010. "Prevalence and characterization of *Campylobacter jejuni* isolated from pasture flock poultry." *Journal of Food Science* 75 (7):M496-M502. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01747.x.
- Hanuš, O., J. Frelich, M. Vyletřlová, P. Roubal, Z. Vorlíček et R. Jedelská. 2004. "Technologically difficult, pathogenic and food risky bacterial contamination of raw milk and other materials from dairy cow herds." *Czech Journal of Animal Science* 49 (11):489-499.
- Hars, J., S. Rautureau, M. Jay, Y. Game, D. Gauthier, J.P. Herbaux, J.M Le Horgne, E. Maucci, J.J. Pasquier, A. Vaniscotte, V. Mick et B. Garin-Bastuji. 2013. "Un foyer de brucellose chez les ongulés sauvages

- du massif du Bargy en Haute-Savoie." *Bulletin Epidémiologique Santé Animale - Alimentation* 60:2-7.
- Hedman, P., O. Ringertz, M. Lindström et K. Olsson. 1993. "The origin of staphylococcus saprophyticus from cattle and pigs." *Scandinavian Journal of Infectious Diseases* 25 (1):57-60. doi: 10.1080/00365549309169670.
- Henning, J., J. Meers, P. R. Davies et R. S. Morris. 2005. "Survival of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV) in the environment." *Epidemiology and Infection* 133 (4):719-730. doi: 10.1017/S0950268805003766.
- Ho, A. J., R. Ivanek, Y. T. Gröhn, K. K. Nightingale et M. Wiedmann. 2007. "Listeria monocytogenes fecal shedding in dairy cattle shows high levels of day-to-day variation and includes outbreaks and sporadic cases of shedding of specific L. monocytogenes subtypes." *Preventive Veterinary Medicine* 80 (4):287-305. doi: 10.1016/j.prevetmed.2007.03.005.
- Houe, H. 1999. "Epidemiological features and economical importance of bovine virus diarrhoea virus (BVDV) infections." *Veterinary Microbiology* 64 (2-3):89-107. doi: 10.1016/S0378-1135(98)00262-4.
- Huss, A. R., L. L. Schumacher, R. A. Cochrane, E. Poulsen, J. Bai, J. C. Woodworth, S. S. Dritz, C. R. Stark et C. K. Jones. 2017. "Elimination of Porcine Epidemic Diarrhea Virus in an Animal Feed Manufacturing Facility." *Plos One* 12 (1):e0169612. doi: 10.1371/journal.pone.0169612.
- Husu, J. R. 1990. "Epidemiological Studies on the Occurrence of Listeria monocytogenes in the Feces of Dairy Cattle." *Journal of Veterinary Medicine, Series B* 37 (1-10):276-282. doi: 10.1111/j.1439-0450.1990.tb01059.x.
- Husu, J. R., J. T. Seppänen, S. K. Sivelä et A. L. Rauramaa. 1990. "Contamination of Raw Milk by Listeria monocytogenes on Dairy Farms." *Journal of Veterinary Medicine, Series B* 37 (1-10):268-275. doi: 10.1111/j.1439-0450.1990.tb01058.x.
- Hutchison, M. L., D. J. I. Thomas et S. M. Avery. 2007. "Thermal death of Escherichia coli O157:H7 in cattle feeds." *Letters in Applied Microbiology* 44 (4):357-363. doi: 10.1111/j.1472-765X.2006.02091.x.
- Idi, A., A. Permin, J. P. Christensen, S. Steinfeldt, R. M. Engberg et M. Fink. 2005. "Effect of carrots and maize silage on colonization of hens by Ascaridia galli and Salmonella enterica serovar Enteritidis." *Helminthologia* 42 (3):121-131.
- Ihekweazu, C., K. Carroll, B. Adak, G. Smith, G. C. Pritchard, I. A. Gillespie, N. Q. Verlander, L. Harvey-Vince, M. Reacher, O. Edeghere, B. Sultan, R. Cooper, G. Morgan, P. T. N. Kinross, N. S. Boxall, A. Iversen et G. Bickler. 2012. "Large outbreak of verocytotoxin-producing Escherichia coli O157 infection in visitors to a petting farm in South East England, 2009." *Epidemiology and Infection* 140 (8):1400-1413. doi: 10.1017/S0950268811002111.
- INRA. 2007. *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeurs des aliments*. Traduit par. Edité par QUAE. Versailles, France
- Islam, M., M. P. Doyle, S. C. Phatak, P. Millner et X. Jiang. 2004. "Persistence of enterohemorrhagic Escherichia coli O157:H7 in soil and on leaf lettuce and parsley grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water." *J Food Prot* 67 (7):1365-70.
- Ivanek, R., Y. T. Gröhn et M. Wiedmann. 2006. "Listeria monocytogenes in multiple habitats and host populations: Review of available data for mathematical modeling." *Foodborne Pathogens and Disease* 3 (4):319-336. doi: 10.1089/fpd.2006.3.319.
- Jacobs-Reitsma, W. F., A. W. van de Giessen, N. M. Bolder et R. W. Mulder. 1995. "Epidemiology of Campylobacter spp. at two Dutch broiler farms." *Epidemiol Infect* 114 (3):413-21.
- Jacobson, M., C. Fellström, R. Lindberg, P. Wallgren et M. Jensen-Waern. 2004. "Experimental swine dysentery: Comparison between infection models." *Journal of Medical Microbiology* 53 (4):273-280. doi: 10.1099/jmm.0.05323-0.
- Jones, D. L. 1999. "Potential health risks associated with the persistence of Escherichia coli O157 in agricultural environments." *Soil Use and Management* 15 (2):76-83.
- Juin, H., M. Brachet, L. Dusart, F. Morinière, S. Pattier, C. Nayet, A. Uzureau, J. Carrière, C. Bordeaux et A. Roinsard. 2015. *Cahier Technique :Alimentation des Volailles en agriculture biologique*.
- Kazda, J., I. Pavlik, J.O. Falkingham et K. Hruska. 2009. *The ecology of Mycobacteria: impact on animal's and human's health*. Traduit par. Edité par Dordrecht Springer Netherlands.

- Kerouanton, A., M. Marault, R. Lailler, F. X. Weill, C. Feurer, E. Espie et A. Brisabois. 2007. "Pulsed-field gel electrophoresis subtyping database for foodborne *Salmonella enterica* serotype discrimination." *Foodborne Pathog Dis* 4 (3):293-303. doi: 10.1089/fpd.2007.0090.
- Khamesipour, F., K. B. Lankarani, B. Honarvar et T. E. Kwenti. 2018. "A systematic review of human pathogens carried by the housefly (*Musca domestica* L.)." *BMC Public Health* 18 (1):1049. doi: 10.1186/s12889-018-5934-3.
- Koyuncu, S., M. G. Andersson, C. Lofstrom, P. N. Skandamis, A. Gounadaki, J. Zentek et P. Haggblom. 2013. "Organic acids for control of *Salmonella* in different feed materials." *BMC Veterinary Research* 9. doi: 10.1186/1746-6148-9-81.
- Krueger, N. A., R. C. Anderson, W. K. Krueger, W. J. Horne, I. V. Wesley, T. R. Callaway, T. S. Edrington, G. E. Carstens, R. B. Harvey et D. J. Nisbet. 2008. "Prevalence and concentration of *Campylobacter* in rumen contents and feces in pasture and feedlot-fed cattle." *Foodborne Pathogens and Disease* 5 (5):571-577. doi: 10.1089/fpd.2007.0059.
- Kukier, E., M. Goldsztejn, T. Grenda, K. Kwiatek et Ł. Bocian. 2013. "Microbiological quality of feed materials used between 2009 and 2012 in Poland." *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 57 (4):535-543. doi: 10.2478/bvip-2013-0093.
- La Ragione, R. M., A. Best, M. J. Woodward et A. D. Wales. 2009. "*Escherichia coli* O157:H7 colonization in small domestic ruminants." *FEMS Microbiol Rev* 33 (2):394-410. doi: 10.1111/j.1574-6976.2008.00138.x.
- Laidler, M. R., M. Tourdjman, G. L. Buser, T. Hostetler, K. K. Repp, R. Leman, M. Samadpour et W. E. Keene. 2013. "*Escherichia coli* O157:H7 infections associated with consumption of locally grown strawberries contaminated by deer." *Clin Infect Dis* 57 (8):1129-34. doi: 10.1093/cid/cit468.
- Lan, L. H., B. B. Sun, B. X. Zuo, X. Q. Chen et A. F. Du. 2017. "Prevalence and drug resistance of avian *Eimeria* species in broiler chicken farms of Zhejiang province, China." *Poult Sci* 96 (7):2104-2109. doi: 10.3382/ps/pew499.
- Lassen, B. et L. Seppä-Lassila. 2014. "Recovery and sporulation of bovine *Eimeria* oocysts after exposure to sub-zero temperature." *Veterinarija ir Zootechnika* 66 (88):35-39.
- Le Gall, A., G. Corrot, M. Carnapnaud et G. Garrigue. 1993. "L'enrubannage: une technique pour optimiser la récolte de luzerne." *Fourrages* 134:243-249.
- LeJeune, J. T., D. Hancock, Y. Wasteson, E. Skjerve et A. M. Urdahl. 2006. "Comparison of *E-coli* O157 and Shiga toxin-encoding genes (*stx*) prevalence between Ohio, USA and Norwegian dairy cattle." *International Journal of Food Microbiology* 109 (1-2):19-24. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2006.01.005.
- Liu, Z. K., J. Y. Li et H. Pan. 2015. "Seroprevalence and risk factors of *Toxoplasma gondii* and *Neospora caninum* infections in small ruminants in China." *Preventive Veterinary Medicine* 118 (4):488-492. doi: 10.1016/j.prevetmed.2014.12.017.
- Locatelli, A., G. Depret, C. Jolivet, S. Henry, S. Dequiedt, P. Piveteau et A. Hartmann. 2013. "Nation-wide study of the occurrence of *Listeria monocytogenes* in French soils using culture-based and molecular detection methods." *Journal of Microbiological Methods* 93 (3):242-250. doi: 10.1016/j.mimet.2013.03.017.
- Lopes, W. D. Z., T. R. dos Santos, R. D. da Silva, W. M. Rossanese, F. A. de Souza, J. D. D. Rodrigues, R. P. de Mendonca, V. E. Soares et A. J. da Costa. 2010. "Seroprevalence of and risk factors for *Toxoplasma gondii* in sheep raised in the Jaboticabal microregion, Sao Paulo State, Brazil." *Research in Veterinary Science* 88 (1):104-106. doi: 10.1016/j.rvsc.2009.06.006.
- Luciano, D. M., R. C. Menezes, L. C. Ferreira, J. L. Nicolau, L. B. das Neves, R. M. Luciano, M. A. A. Dahroug et M. R. R. Amendoeira. 2011. "Seroepidemiology of toxoplasmosis in goats and sheep from three counties of Rio de Janeiro state, Brazil." *Pesquisa Veterinaria Brasileira* 31 (7):569-574. doi: 10.1590/S0100-736X2011000700004.
- Lúcio, E. C., J. D. L. Pimentel, S. M. D. S. Clemente, L. M. N. Sá, M. B. Oliveira, Jr., P. P. F. Albuquerque, R. A. Mota et J. W. Pinheiro, Jr. 2017. "Epidemiological analysis of *Toxoplasma gondii* infection in sheep in the state of Pernambuco, Brazil." *Semina: Ciências Agrárias* 38 (5):3059-3067. doi: 10.5433/1679-0359.2017v38n5p3059.
- Lunden, A., A. Nasholm et A. Uggla. 1994. "Long-Term Study of *Toxoplasma-Gondii* Infection in a Swedish Sheep Flock." *Acta Veterinaria Scandinavica* 35 (3):273-281.

- Lunestad, Bjørn Tore, Live Nesse, Jørgen Lassen, Birger Svihus, Truls Nesbakken, Kåre Fossum, Jan Thomas Rosnes, Hilde Kruse et Siamak Yazdankhah. 2007. "Salmonella in fish feed; occurrence and implications for fish and human health in Norway." *Aquaculture* 265 (1):1-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.011>.
- Lynn, T. V., D. D. Hancock, T. E. Besser, J. H. Harrison, D. H. Rice, N. T. Stewart et L. L. Rowan. 1998. "The Occurrence and Replication of Escherichia coli in Cattle Feeds." *Journal of Dairy Science* 81 (4):1102-1108. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75672-3.
- Maciorowski, K. G., P. Herrera, F. T. Jones, S. D. Pillai et S. C. Ricke. 2006. "Cultural and Immunological Detection Methods for Salmonella spp. in Animal Feeds - A Review." *Vet Res Commun* 30 (2):127-37. doi: 10.1007/s11259-006-3221-8.
- Maciorowski, K. G., P. Herrera, F. T. Jones, S. D. Pillai et S. C. Ricke. 2007. "Effects on poultry and livestock of feed contamination with bacteria and fungi." *Animal Feed Science and Technology* 133 (1-2):109-136. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.08.006.
- Madani, N, C Mendy, F Moutou et B Garin-Bastuji. 2010. "La fièvre charbonneuse en France. Episodes de l'été 2009 et foyers enregistrés sur la dernière décennie (1999-2009)." *Bulletin épidémiologique-Santé Animale Alimentation* (38):17-19.
- Maddock, E. C. 1933. "Studies on the Survival Time of the Bovine Tubercle Bacillus in Soil, Soil and Dung, in Dung and on Grass, with Experiments on the Preliminary Treatment of Infected Organic Matter and the Cultivation of the Organism." *The Journal of hygiene* 33 (1):103-117.
- Maddock, E. C. G. 1936. "Experiments on the infectivity for healthy calves of bovine tubercle bacilli discharged in dung upon pasture: Part I. From tubercular calves fed with emulsions of tubercle bacilli 1934-5. Part II. From tubercular cows passing tubercle bacilli in their dung 1935-6." *Journal of Hygiene* 36 (4):594-601. doi: 10.1017/S0022172400043953.
- Malherbe, L. 2013. Fiche néosporose élaborée par un groupe de travail national sur les actions de diagnostic différentiel des avortements chez les bovins. GDS France.
- Malik, A., I. Toth, L. Beutin, H. Schmidt, B. Taminiau, M. A. Dow, S. Morabito, E. Oswald, J. Mainil et B. Nagy. 2006. "Serotypes and intimin types of intestinal and faecal strains of eae+ Escherichia coli from weaned pigs." *Vet Microbiol* 114 (1-2):82-93. doi: 10.1016/j.vetmic.2005.11.044.
- Mannion, C., P. B. Lynch, J. Egan et F. C. Leonard. 2007. "Seasonal effects on the survival characteristics of Salmonella Typhimurium and Salmonella Derby in pig slurry during storage." *Journal of Applied Microbiology* 103 (5):1386-1392. doi: 10.1111/j.1365-2672.2007.03384.x.
- Mappley, L.J., R.M. La Ragione et M.J. Woodward. 2014. "Brachyspira and its role in avian intestinal spirochaetosis." *Veterinary Microbiology* 168 (2):245-260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.11.019>.
- Martinez, G., Y. A. Pachepsky, D. R. Shelton, G. Whelan, R. Zepp, M. Molina et K. Panhorst. 2013. "Using the Q10 model to simulate E. coli survival in cowpats on grazing lands." *Environment International* 54:1-10. doi: 10.1016/j.envint.2012.12.013.
- Massabie, P et G Martin-Houssart. 2010. "Les bâtiments d'élevage porcins entre 2001 et 2008." *Agreste Primeur* 253:4pp.
- McAuley, C. M., K. McMillan, S. C. Moore, N. Fegan et E. M. Fox. 2014. "Prevalence and characterization of foodborne pathogens from Australian dairy farm environments." *Journal of Dairy Science* 97 (12):7402-7412. doi: 10.3168/jds.2014-8735.
- McDougald, L.R. 2003. "Coccidiosis." In *Diseases of Poultry*, édité par Y.M Saif, 1001-1010. Iowa State Press
- McGee, P., D. J. Bolton, J. J. Sheridan, B. Earley et N. Leonard. 2001. "The survival of Escherichia coli O157:H7 in slurry from cattle fed different diets." *Letters in Applied Microbiology* 32 (3):152-155. doi: 10.1046/j.1472-765X.2001.00877.x.
- McNees, Adrienne L., Diane Markesich, Najah R. Zayyani et David Y. Graham. 2015. "Mycobacterium paratuberculosis as a cause of Crohn's disease." *Expert review of gastroenterology & hepatology* 9 (12):1523-1534. doi: 10.1586/17474124.2015.1093931.
- Miron, J., E. Yosef, M. Nikbachat, A. Zenou, E. Zuckerman, R. Solomon et A. Nadler. 2011. "Fresh dairy manure as a substitute for chemical fertilization in growing wheat forage; effects on soil properties, forage yield and composition, weed contamination, and hay intake and digestibility by sheep." *Animal Feed Science and Technology* 168 (3-4):179-187. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.04.094.

- Mohamaden, W. I., N. H. Sallam et E. M. Abouelhasan. 2018. "Prevalence of Eimeria species among sheep and goats in Suez Governorate, Egypt." *Int J Vet Sci Med* 6 (1):65-72. doi: 10.1016/j.ijvsm.2018.02.004.
- Molloy, C., C. Cagney, S. O'Brien, C. Iversen, S. Fanning et G. Duffy. 2009. "Surveillance and characterisation by pulsed-field gel electrophoresis of Cronobacter spp. in farming and domestic environments, food production animals and retail foods." *Int J Food Microbiol* 136 (2):198-203. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.07.007.
- Mora, A., C. Lopez, G. Dhabbi, A. M. Lopez-Beceiro, L. E. Fidalgo, E. A. Diaz, C. Martinez-Carrasco, R. Mamani, A. Herrera, J. E. Blanco, M. Blanco et J. Blanco. 2012. "Seropathotypes, Phylogroups, Stx subtypes, and intimin types of wildlife-carried, shiga toxin-producing escherichia coli strains with the same characteristics as human-pathogenic isolates." *Appl Environ Microbiol* 78 (8):2578-85. doi: 10.1128/aem.07520-11.
- Moriarty, E. M., M. L. Mackenzie, N. Karki et L. W. Sinton. 2011. "Survival of Escherichia coli, enterococci, and campylobacter spp. in sheep feces on pastures." *Applied and Environmental Microbiology* 77 (5):1797-1803. doi: 10.1128/AEM.01329-10.
- Morris, R. S., D. U. Pfeiffer et R. Jackson. 1994. "The epidemiology of Mycobacterium bovis infections." *Vet Microbiol* 40 (1-2):153-77.
- Moussavou-Boussougou, M. N., P. Dorny et J. Cabaret. 2005. "Very low helminth infection in sheep grazed on pastures fertilised by sewage sludge or cattle slurry." *Veterinary Parasitology* 131 (1-2):65-70. doi: 10.1016/j.vetpar.2005.04.029.
- Moussavou-Boussougou, M. N., S. Geerts, M. Madeline, C. Ballandonne, D. Barbier et J. Cabaret. 2005. "Sewage sludge or cattle slurry as pasture fertilisers: Comparative cysticercosis and trichostrongylosis risk for grazing cattle." *Parasitology Research* 97 (1):27-32. doi: 10.1007/s00436-005-1403-x.
- Moxley, R. A. et D. H. Francis. 1986. "Natural and experimental infection with an attaching and effacing strain of Escherichia coli in calves." *Infect Immun* 53 (2):339-46.
- Mylykoski, J., M. Lindström, R. Keto-Timonen, H. Söderholm, J. Jakala, H. Kallio, A. Sukura et H. Korkeala. 2009. "Type C bovine botulism outbreak due to carcass contaminated non-acidified silage." *Epidemiology and Infection* 137 (2):284-293. doi: 10.1017/S0950268808000939.
- Nandakafle, G., T. Seale, T. Flint, M. Nepal, S. N. Venter et V. S. Brözel. 2017. "Distribution of diverse Escherichia coli between cattle and pasture." *Microbes and Environments* 32 (3):226-233. doi: 10.1264/j sme2.ME17030.
- Nasir, A., M. Ashraf, M. S. Khan, A. Javeed, T. Yaqub, M. Avais et M. P. Reichel. 2012. "Prevalence of Neospora caninum antibodies in sheep and goats in Pakistan." *J Parasitol* 98 (1):213-5. doi: 10.1645/ge-2863.1.
- Navarro-Gonzalez, N., E. Casas-Diaz, C.M. Porrero, A. Mateos, L. Dominguez, S. Lavin et E. Serrano. 2013. "Food-borne zoonotic pathogens and antimicrobial resistance of indicator bacteria in urban wild boars in Barcelona, Spain." *Veterinary Microbiology* 167 (3-4):686-689.
- Navarro-Gonzalez, N., M. C. Porrero, G. Mentaberre, E. Serrano, A. Mateos, A. Cabal, L. Dominguez et S. Lavin. 2015. "Escherichia coli O157:H7 in wild boars (Sus scrofa) and Iberian ibex (Capra pyrenaica) sharing pastures with free-ranging livestock in a natural environment in Spain." *Vet Q* 35 (2):102-6. doi: 10.1080/01652176.2015.1023404.
- Navarro-Gonzalez, Nora, Gregorio Mentaberre, Concepción M. Porrero, Emmanuel Serrano, Ana Mateos, José M. López-Martín, Santiago Lavín et Lucas Domínguez. 2012. "Effect of cattle on Salmonella carriage, diversity and antimicrobial resistance in free-ranging wild boar (Sus scrofa) in northeastern Spain." *Plos One* 7 (12):e51614-e51614. doi: 10.1371/journal.pone.0051614.
- Nesse, L. L., K. Nordby, E. Heir, B. Bergsjoe, T. Vardund, H. Nygaard et G. Holstad. 2003. "Molecular analyses of Salmonella enterica isolates from fish feed factories and fish feed ingredients." *Appl Environ Microbiol* 69 (2):1075-81.
- Nicholson, F. A., S. J. Groves et B. J. Chambers. 2005. "Pathogen survival during livestock manure storage and following land application." *Bioresour Technol* 96 (2):135-43. doi: 10.1016/j.biortech.2004.02.030.
- Nicoletti, P. 1980. "The epidemiology of bovine brucellosis." *Adv Vet Sci Comp Med* 24:69-98.
- Notermans, S., J. Dufrenne et J. Oosterom. 1981. "Persistence of Clostridium botulinum type B on a cattle farm after an outbreak of botulism." *Applied and Environmental Microbiology* 41 (1):179-183.

- Nucera, D. M., M. A. Grassi, P. Morra, S. Piano, E. Tabacco et G. Borreani. 2016. "Detection, identification, and typing of *Listeria* species from baled silages fed to dairy cows." *Journal of Dairy Science* 99 (8):6121-6133. doi: 10.3168/jds.2016-10928.
- Odoardi, M., F. Gusmeroll, G.R. Della Marianna, M.C. Rosafio et R. Paoletti. 1998. "Production et qualité du fourrage vert et enrubonné d'une prairie naturelle subalpine selon le stade de fauche." *Fourrages* 156:431-436.
- Ogden, I. D., N. F. Hepburn, M. MacRae, N. J. C. Strachan, D. R. Fenlon, S. M. Rusbridge et T. H. Pennington. 2002. "Long-term survival of *Escherichia coli* O157 on pasture following an outbreak associated with sheep at a scout camp." *Letters in Applied Microbiology* 34 (2):100-104. doi: 10.1046/j.1472-765x.2002.01052.x.
- Ogunade, I. M., Y. Jiang, D. H. Kim, A. A. P. Cervantes, K. G. Arriola, D. Vyas, Z. G. Weinberg, K. C. Jeong et A. T. Adesogan. 2017. "Fate of *Escherichia coli* O157:H7 and bacterial diversity in corn silage contaminated with the pathogen and treated with chemical or microbial additives." *Journal of Dairy Science* 100 (3):1780-1794. doi: 10.3168/jds.2016-11745.
- Ogunade, I. M., D. H. Kim, Y. Jiang, Z. G. Weinberg, K. C. Jeong et A. T. Adesogan. 2016. "Control of *Escherichia coli* O157:H7 in contaminated alfalfa silage: Effects of silage additives." *Journal of Dairy Science* 99 (6):4427-4436. doi: 10.3168/jds.2015-10766.
- Olafson, P. 1940. "*Listerella* Encephalitis (Circling Disease) of Sheep, Cattle, and Goats." *Cornell Veterinarian* 30:141-150.
- Oliver, D. M., T. Page, A. L. Heathwaite et P. M. Haygarth. 2010. "Re-shaping models of *E. coli* population dynamics in livestock faeces: Increased bacterial risk to humans?" *Environment International* 36 (1):1-7. doi: 10.1016/j.envint.2009.08.006.
- Osterberg, J., I. Vågsholm, S. Boqvist et S. Sternberg Lewerin. 2006. "Feed-borne outbreak of *Salmonella cubana* in Swedish pig farms: risk factors and factors affecting the restriction period in infected farms." *Acta Veterinaria Scandinavica* 47 (1):13-21. doi: 10.1186/1751-0147-47-13.
- Oxberry, S. L. et D. J. Hampson. 2003. "Epidemiological studies of *Brachyspira pilosicoli* in two Australian piggeries." *Veterinary Microbiology* 93 (2):109-120. doi: 10.1016/S0378-1135(03)00014-2.
- Panadero, R., A. Paineira, C. López, L. Vázquez, A. Paz, P. Díaz, V. Dacal, S. Cienfuegos, G. Fernández, N. Lago, P. Díez-Baños et P. Morrondo. 2010. "Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* and *Neospora caninum* in wild and domestic ruminants sharing pastures in Galicia (Northwest Spain)." *Research in Veterinary Science* 88 (1):111-115. doi: 10.1016/j.rvsc.2009.05.010.
- Payot, F. 2002. "Épidémiologie de la néosporose bovine en France et au Québec: évaluation des moyens de lutte actuels." Thèse vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- Pedroso, A. F., A. T. Adesogan, O. C. M. Queiroz et S. K. Williams. 2010. "Control of *Escherichia coli* O157:H7 in corn silage with or without various inoculants: Efficacy and mode of action." *Journal of Dairy Science* 93 (3):1098-1104. doi: 10.3168/jds.2009-2433.
- Phillips, C. J., C. R. Foster, P. A. Morris et R. Teverson. 2003. "The transmission of *Mycobacterium bovis* infection to cattle." *Res Vet Sci* 74 (1):1-15.
- Putfarken, D., J. Dengler, S. Lehmann et W. Härdtle. 2008. "Site use of grazing cattle and sheep in a large-scale pasture landscape: A GPS/GIS assessment." *Applied Animal Behaviour Science* 111 (1-2):54-67. doi: 10.1016/j.applanim.2007.05.012.
- Queiroz, O. C. M., I. M. Ogunade, Z. Weinberg et A. T. Adesogan. 2018. "Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives." *J Dairy Sci* 101 (5):4132-4142. doi: 10.3168/jds.2017-13901.
- Quintanilla-Gozaño, A., J. Pereira-Bueno, E. Tabares, E. A. Innes, R. Gonzalez-Paniello et L. M. Ortega-Mora. 1999. "Seroprevalence of *Neospora caninum* infection in dairy and beef cattle in Spain." *International Journal for Parasitology* 29 (8):1201-1208. doi: 10.1016/S0020-7519(99)00084-3.
- Ramírez, G., R. Martínez, M. Herradora, F. Castrejón et E. Galvan. 2005. "Isolation of *Salmonella* spp. from liquid and solid excreta prior to and following ensilage in ten swine farms located in central Mexico." *Bioresource Technology* 96 (5):587-595. doi: 10.1016/j.biortech.2004.06.009.
- Reilly, L. A. et O. Courtenay. 2007. "Husbandry practices, badger sett density and habitat composition as risk factors for transient and persistent bovine tuberculosis on UK cattle farms." *Prev Vet Med* 80 (2-3):129-42. doi: 10.1016/j.prevetmed.2007.02.002.

- Relun, A., L. Dorso, A. Douart, C. Chartier, R. Guatteo, C. Mazuet, M. R. Popoff et S. Assié. 2017. "A large outbreak of bovine botulism possibly linked to a massive contamination of grass silage by type D/C *Clostridium botulinum* spores on a farm with dairy and poultry operations." *Epidemiology and Infection* 145 (16):3477-3485. doi: 10.1017/S0950268817002382.
- Richomme, C., D. Gauthier et E. Fromont. 2006. "Contact rates and exposure to inter-species disease transmission in mountain ungulates." *Epidemiol Infect* 134 (1):21-30. doi: 10.1017/s0950268805004693.
- Rieux, A., C. Chartier, I. Pors, A. Delafosse et C. Paraud. 2013. "Molecular characterization of *Cryptosporidium* isolates from high-excreting young dairy calves in dairy cattle herds in Western France." *Parasitology Research* 112:3423-3431. doi: 10.1007/s00436-013-3520-2.
- Rieux, A., C. Chartier, I. Pors et C. Paraud. 2013. "Dynamics of excretion and molecular characterization of *Cryptosporidium* isolates in pre-weaned French beef calves." *Vet Parasitol* 195 (1-2):169-72. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.12.043.
- Rieux, A., C. Paraud, I. Pors et C. Chartier. 2013. "Molecular characterization of *Cryptosporidium* spp. in pre-weaned kids in a dairy goat farm in western France." *Veterinary Parasitology* 192:268-272.
- Roberson, J. R., L. K. Fox, D. D. Hancock, J. M. Gay et T. E. Besser. 1994. "Ecology of *Staphylococcus aureus* isolated from various sites on dairy farms." *J Dairy Sci* 77 (11):3354-64. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77277-5.
- Rounds, J. M., C. E. Rigdon, L. J. Muhl, M. Forstner, G. T. Danzeisen, B. S. Koziol, C. Taylor, B. T. Shaw, G. L. Short et K. E. Smith. 2012. "Non-O157 Shiga toxin-producing *Escherichia coli* associated with venison." *Emerg Infect Dis* 18 (2):279-82. doi: 10.3201/eid1802.110855.
- Rowell, S., C. King, C. Jenkins, T. J. Dallman, V. Decraene, K. Lamden, A. Howard, C. A. Featherstone et P. Cleary. 2016. "An outbreak of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* serogroup O157 linked to a lamb-feeding event." *Epidemiology and Infection* 144 (12):2494-2500. doi: 10.1017/S0950268816001229.
- Royer, E, L Alibert, C Feurer et I Correge. 2014. "Enquête sur la contamination en *Salmonella* des aliments fabriqués à la ferme et les facteurs de risque associés " *Journée Recherche Porcine* 45:175-176.
- Ruoho, O. 2018. "An epidemic of salmonellosis caused by silage containing *Salmonella* at a dairy farm." International Symposium *Salmonella and Salmonellosis I3S 2018*.
- Ryan, Una M., Caroline Bath, Ian Robertson, Carolyn Read, Aileen Elliot, Linda McInnes, Rebecca Traub et Brown Besier. 2005. "Sheep may not be an important zoonotic reservoir for *Cryptosporidium* and *Giardia* parasites." *Applied and Environmental Microbiology* 71 (9):4992-4997. doi: 10.1128/AEM.71.9.4992-4997.2005.
- Salgado, M., M. Alfaro, F. Salazar, X. Badilla, E. Troncoso, A. Zambrano, M. González, R. M. Mitchell et M. T. Collins. 2015. "Application of cattle slurry containing *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP) to grassland soil and its effect on the relationship between MAP and free-living amoeba." *Veterinary Microbiology* 175 (1):26-34. doi: 10.1016/j.vetmic.2014.09.022.
- Salgado, M., M. T. Collins, F. Salazar, J. Kruze, G. Bolske, R. Soderlund, R. Juste, I. A. Sevilla, F. Biet, F. Troncoso et M. Alfaro. 2011. "Fate of *Mycobacterium avium* subsp *paratuberculosis* after Application of Contaminated Dairy Cattle Manure to Agricultural Soils." *Applied and Environmental Microbiology* 77 (6):2122-2129. doi: 10.1128/AEM.02103-10.
- Saltelli, A, M Ratto, T Andres, F Campolongo, J Cariboni, D Gatelli, M Saisana et S Tarantola. 2008. *Global sensitivity analysis: the primer*. Traduit par. Edité: John Wiley & Sons.
- Saltelli, A, S Tarantola, F Campolongo et M Ratto. 2004. *Sensitivity analysis in practice: a guide to assessing scientific models*. Traduit par. Edité: John Wiley & Sons.
- Sanderson, M. W., J. M. Sargeant, D. G. Renter, D. D. Griffin et R. A. Smith. 2005. "Factors associated with the presence of coliforms in the feed and water of feedlot cattle." *Applied and Environmental Microbiology* 71 (10):6026-6032. doi: 10.1128/AEM.71.10.6026-6032.2005.
- Santorum, P., R. Garcia, V. Lopez et J. V. Martinez-Suarez. 2012. "Review. Dairy farm management and production practices associated with the presence of *Listeria monocytogenes* in raw milk and beef." *Spanish Journal of Agricultural Research* 10 (2):360-371. doi: 10.5424/sjar/2012102-314-11.
- Santos, Csab, S. S. Azevedo, H. S. Soares, S. S. S. Higino, F. A. Santos, Mlr Silva, H. F. J. Pena, C. J. Alves et S. M. Gennari. 2013. "Flock-level risk factors associated with *Neospora caninum* seroprevalence in dairy goats in a semiarid region of Northeastern Brazil." *Small Ruminant Research* 112 (1-3):239-242. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.11.031.

- Scanlon, M.P. et P.J. Quinn. 2000. "The survival of Mycobacterium bovis in sterilized cattle slurry and its relevance to the persistence of this pathogen in the environment." *Veterinary Journal* 53 (8):412-415.
- Schoder, D., D. Melzner, A. Schmalwieser, A. Zangana, P. Winter et M. Wagner. 2011. "Important vectors for listeria monocytogenes transmission at farm dairies manufacturing fresh sheep and goat cheese from raw milk." *Journal of Food Protection* 74 (6):919-924. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-10-534.
- Schouten, J. M., E. A. M. Graat, K. Frankena, F. Van Zijderveld et M. C. M. De Jong. 2009. "Transmission and quantification of verocytotoxin-producing Escherichia coli O157 in dairy cattle and calves." *Epidemiology and Infection* 137 (1):114-123. doi: 10.1017/S0950268808000320.
- Schumacher, L. L., A. R. Huss, R. A. Cochrane, C. R. Stark, J. C. Woodworth, J. Bai, E. G. Poulsen, Q. Chen, R. G. Main, J. Zhang, P. C. Gauger, A. Ramirez, R. J. Derscheid, D. M. Magstadt, S. S. Dritz et C. K. Jones. 2017. "Characterizing the rapid spread of porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) through an animal food manufacturing facility." *Plos One* 12 (11). doi: 10.1371/journal.pone.0187309.
- Schumacher, L. L., J. C. Woodworth, C. K. Jones, Q. Chen, J. Zhang, P. C. Gauger, C. R. Stark, R. G. Main, R. A. Hesse, M. D. Tokach et S. S. Dritz. 2016. "Evaluation of the minimum infectious dose of porcine epidemic diarrhea virus in virus-inoculated feed." *Am J Vet Res* 77 (10):1108-13. doi: 10.2460/ajvr.77.10.1108.
- Shirota, K., D. V. Umali, T. Suzuki et H. Katoh. 2012. "Epizootologic role of feeds in the epidemiology of Salmonella Senftenberg contamination in commercial layer farms in eastern Japan." *Avian Dis* 56 (3):516-20. doi: 10.1637/9964-101611-Reg.1.
- Singh, P., Q. Sha, D. W. Lacher, J. Del Valle, R. E. Mosci, J. A. Moore, K. T. Scribner et S. D. Manning. 2015. "Characterization of enteropathogenic and Shiga toxin-producing Escherichia coli in cattle and deer in a shared agroecosystem." *Front Cell Infect Microbiol* 5:29. doi: 10.3389/fcimb.2015.00029.
- Sinton, L. W., R. R. Braithwaite, C. H. Hall et M. L. Mackenzie. 2007. "Survival of indicator and pathogenic bacteria in bovine feces on pasture." *Applied and Environmental Microbiology* 73 (24):7917-7925. doi: 10.1128/AEM.01620-07.
- Skjerve, E., B. Lium, B. Nielsen et T. Nesbakken. 1998. "Control of Yersinia enterocolitica in pigs at herd level." *International Journal of Food Microbiology* 45 (3):195-203. doi: 10.1016/S0168-1605(98)00162-7.
- Slaghuis, B. A., M. C. Te Giffel, R. R. Beumer et G. André. 1997. "Effect of pasturing on the incidence of Bacillus cereus spores in raw milk." *International Dairy Journal* 7 (4):201-205. doi: 10.1016/S0958-6946(97)00012-5.
- Smith, R. P., J. Ellis-Iversen, E. L. Snary, F. A. Clifton-Hadley et G. A. Paiba. 2009. "Factors influencing the presence and concentration of E. coli O157 and E. coli in farm waste on six cattle farms in North-West England." *Journal of Applied Microbiology* 106 (2):613-623. doi: 10.1111/j.1365-2672.2008.04033.x.
- Solomon, E. B., S. Yaron et K. R. Matthews. 2002. "Transmission of Escherichia coli O157:H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization." *Appl Environ Microbiol* 68 (1):397-400.
- Souillard, R., C. Le Marechal, V. Ballan, F. Mahe, M. Chemaly et S. Le Bouquin. 2017. "A bovine botulism outbreak associated with a suspected cross-contamination from a poultry farm." *Veterinary Microbiology* 208:212-216. doi: 10.1016/j.vetmic.2017.07.022.
- Stege, H., T. K. Jensen, K. Moller, P. Baekbo et S. E. Jorsal. 2000. "Prevalence of intestinal pathogens in Danish finishing pig herds." *Prev Vet Med* 46 (4):279-92.
- Stephens, T. P., T. A. McAllister et K. Stanford. 2009. "Perineal swabs reveal effect of super shedders on the transmission of Escherichia coli O157:H7 in commercial feedlots." *J Anim Sci* 87 (12):4151-60. doi: 10.2527/jas.2009-1967.
- Swennes, Alton G., Ellen M. Buckley, Carolyn M. Madden, Charles P. Byrd, Rachel S. Donocoff, Loretta Rodriguez, Nicola M. A. Parry et James G. Fox. 2013. "Enteropathogenic Escherichia coli prevalence in laboratory rabbits." *Veterinary Microbiology* 163 (3-4):395-398. doi: 10.1016/j.vetmic.2013.01.006.
- Tanner, M. et A.L. Michel. 1999. "Investigation of the viability of M. bovis under different environmental conditions in the Kruger National Park." *Journal of Veterinary Research* 66:185-190.
- Tegiffel, M. C., R. R. Beumer, B. A. Slaghuis et F. M. Rombouts. 1995. "Occurrence and Characterization of (Psychrotrophic) Bacillus-Cereus on Farms in the Netherlands." *Netherlands Milk and Dairy Journal* 49 (2-3):125-138.

- Terajima, Jun, Hidemasa Izumiya, Yukiko Hara-Kudo et Makoto Ohnishi. 2017. *Shiga Toxin (Verotoxin)-producing Escherichia coli and Foodborne Disease: A Review*. Traduit par. Edité.
- Texier, S., C. Prigent-Combaret, M. H. Gourdon, M. A. Poirier, P. Faivre, J. M. Dorioz, J. Poulenard, L. Jocteur-Monrozier, Y. Moëgne-Loccoz et D. Trevisan. 2008. "Persistence of culturable Escherichia coli fecal contaminants in dairy alpine grassland soils." *Journal of Environmental Quality* 37 (6):2299-2310. doi: 10.2134/jeq2008.0028.
- Tolhurst, B.A., R. J. Delahay, N.J. Walker, A. I. Ward et T.J Roper. 2009. "Behaviour of badgers (*Meles meles*) in farm buildings: opportunities for the transmission of *Mycobacterium bovis* to cattle?" *Applied Animal Behaviour Science* 117:103-113.
- Trotz-Williams, L. A., N. J. Mercer, J. M. Walters, A. M. Maki et R. P. Johnson. 2012. "Pork implicated in a Shiga toxin-producing Escherichia coli O157:H7 outbreak in Ontario, Canada." *Can J Public Health* 103 (5):e322-6.
- Trudeau, M. P., H. Verma, F. Sampedro, P. E. Urriola, G. C. Shurson et S. M. Goyal. 2017. "Environmental persistence of porcine coronaviruses in feed and feed ingredients." *Plos One* 12 (5). doi: 10.1371/journal.pone.0178094.
- Tzanidakis, N., P. Maksimov, F. J. Conraths, E. Kiossis, C. Brozos, S. Sotiraki et G. Schares. 2012. "Toxoplasma gondii in sheep and goats: seroprevalence and potential risk factors under dairy husbandry practices." *Vet Parasitol* 190 (3-4):340-8. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.07.020.
- Uzereau, A et S Pattier. 2014. *Approches des pratiques, stratégies et attentes des éleveurs en fabrication d'aliment à la ferme*. Chambre d'Agriculture de la Sarthe.
- Vaessen, M. A., J. Veling, K. Frankena, E. A. M. Graat et T. Klunder. 1998. "Risk factors for Salmonella dublin infection on dairy farms." *Veterinary Quarterly* 20 (3):97-99. doi: 10.1080/01652176.1998.9694848.
- Vallet, A. 1994. "Les risques de transmission de maladies infectieuses ou parasitaires par les effluents d'élevage de ruminants." *Fourrages* (140):431-442.
- Van Cauteren, D. 2016. *Estimation de la morbidité des infections d'origine alimentaire en France*. Université Paris Saclay.
- Vanantwerpen, G., D. Berkvens, I. Van Damme, L. De Zutter et K. Houf. 2015. "Assessment of risk factors for a high within-batch prevalence of *Yersinia enterocolitica* in pigs based on microbiological analysis at slaughter." *Foodborne Pathogens and Disease* 12 (7):571-575. doi: 10.1089/fpd.2014.1897.
- Vanselow, B. A., S. Hum, M. A. Hornitzky, G. J. Eamens et K. Quinn. 2007. "Salmonella Typhimurium persistence in a Hunter Valley dairy herd." *Australian Veterinary Journal* 85 (11):446-450. doi: 10.1111/j.1751-0813.2007.00224.x.
- Vesco, G., W. Buffolano, S. La Chiusa, G. Mancuso, S. Caracappa, A. Chianca, S. Villari, V. Currò, F. Liga et E. Petersen. 2007. "Toxoplasma gondii infections in sheep in Sicily, southern Italy." *Veterinary Parasitology* 146 (1-2):3-8. doi: 10.1016/j.vetpar.2007.02.019.
- Vilar, M. J., E. Yus, M. L. Sanjuán, F. J. Diéguez et J. L. Rodríguez-Otero. 2007. "Prevalence of and risk factors for *Listeria* species on dairy farms." *Journal of Dairy Science* 90 (11):5083-5088. doi: 10.3168/jds.2007-0213.
- Virtanen, S. E., L. K. Salonen, R. Laukkanen, M. Hakkinen et H. Korkeala. 2011. "Factors related to the prevalence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* on pig farms." *Epidemiol Infect* 139 (12):1919-27. doi: 10.1017/s0950268810003018.
- Visscher, C. F., P. Winter, J. Verspohl, J. Stratmann-Selke, M. Upmann, M. Beyerbach et J. Kamphues. 2009. "Effects of feed particle size at dietary presence of added organic acids on caecal parameters and the prevalence of Salmonella in fattening pigs on farm and at slaughter." *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 93 (4):423-30. doi: 10.1111/j.1439-0396.2008.00821.x.
- Vissers, M. M. M., M. C. Te Giffel, F. Driehuis, P. De Jong et J. M. G. Lankveld. 2007. "Minimizing the level of *Bacillus cereus* spores in farm tank milk." *Journal of Dairy Science* 90 (7):3286-3293. doi: 10.3168/jds.2006-873.
- Wagner, M., D. Melzner, Z. Bagò, P. Winter, M. Egerbacher, F. Schilcher, A. Zangana et D. Schoder. 2005. "Outbreak of clinical listeriosis in sheep: Evaluation from possible contamination routes from feed to raw produce and humans." *Journal of Veterinary Medicine Series B: Infectious Diseases and Veterinary Public Health* 52 (6):278-283. doi: 10.1111/j.1439-0450.2005.00866.x.
- Walker, J.W. 1994. "Multispecies grazing: the ecological advantage." *Sheep Res. J.* (52-64).

- Wallander, C., J. Frossling, F. C. Dorea, A. Ugglå, I. Vågsholm et A. Lunden. 2016. "Pasture is a risk factor for *Toxoplasma gondii* infection in fattening pigs." *Veterinary Parasitology* 224:27-32. doi: 10.1016/j.vetpar.2016.05.005.
- Wang, C. R., J. Y. Xiao, A. H. Chen, J. Chen, Y. Wang, J. F. Gao et X. Q. Zhu. 2010. "Prevalence of coccidial infection in sheep and goats in northeastern China." *Vet Parasitol* 174 (3-4):213-7. doi: 10.1016/j.vetpar.2010.08.026.
- Wang, Y., Y. Jiao, R. Lan, X. Xu, G. Liu, X. Wang, L. Zhang, H. Pang, D. Jin, H. Dai, X. Yuan, W. Zhang, J. Xu et C. Ye. 2015. "Characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from human Listeriosis cases in China." *Emerg Microbes Infect* 4 (8):e50. doi: 10.1038/emi.2015.50.
- Ward, A. I., J. Judge et R. J. Delahay. 2010. "Farm husbandry and badger behaviour: opportunities to manage badger to cattle transmission of *Mycobacterium bovis*?" *Prev Vet Med* 93 (1):2-10. doi: 10.1016/j.prevetmed.2009.09.014.
- Warneboldt, F., S. J. Sander, A. Beineke, P. Valentin-Weigand, J. Kamphues et C. G. Baums. 2016. "Clearance of *Streptococcus suis* in Stomach Contents of Differently Fed Growing Pigs." *Pathogens* 5 (3). doi: 10.3390/pathogens5030056.
- Weinberg, Z. G., G. Ashbell, Y. Chen, A. Gamborg et S. Sela. 2004. "The effect of sewage irrigation on safety and hygiene of forage crops and silage." *Animal Feed Science and Technology* 116 (3-4):271-280. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2004.07.009.
- Wesley, I. V., S. Bhaduri et E. Bush. 2008. "Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in market weight hogs in the United States." *J Food Prot* 71 (6):1162-8.
- WHO, OIE et FAO. 2008. *Anthrax in humans and animals*. Traduit par. Edité.
- Wierup, M. et P. Häggblom. 2010. "An assessment of soybeans and other vegetable proteins as source of salmonella contamination in pig production." *Acta Veterinaria Scandinavica* 52 (1). doi: 10.1186/1751-0147-52-15.
- Wilberts, B. L., P. H. Arruda, J. M. Kinyon, T. S. Frana, C. Wang, D. R. Magstadt, D. M. Madson, J. F. Patience et E. R. Burrough. 2014. "Investigation of the impact of increased dietary insoluble fiber through the feeding of distillers dried grains with solubles (DDGS) on the incidence and severity of *Brachyspira*-associated colitis in pigs." *Plos One* 9 (12):e114741. doi: 10.1371/journal.pone.0114741.
- Williams, R. S. et W. A. Hoy. 1930. "The Viability of *B. tuberculosis* (bovinus) on Pasture Land, in Stored Faeces and in Liquid Manure." *The Journal of hygiene* 30 (4):413-419.
- Zeiller, M., M. Rothballer, A. N. Iwobi, H. Böhnelt, F. Gessler, A. Hartmann et M. Schmid. 2015. "Systemic colonization of clover (*Trifolium repens*) by *Clostridium botulinum* strain 2301." *Frontiers in Microbiology* 6 (OCT). doi: 10.3389/fmicb.2015.01207.

7.2 Normes

NF X 50-110 (mai 2003) Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise. AFNOR (indice de classement X 50-110).

7.3 Législation et réglementation

Règlement (CE) n° 178/2002 du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2002 établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires.

Règlement (CE) n° 1831/2003 du Parlement européen et du Conseil du 22 septembre 2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux.

Règlement (CE) n° 2160/2003 du Parlement européen et du Conseil du 17 novembre 2003 sur le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques spécifiques présents dans la chaîne alimentaire.

Règlement (CE) n° 882/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif aux contrôles officiels effectués pour s'assurer de la conformité avec la législation sur les aliments pour animaux et les denrées alimentaires et avec les dispositions relatives à la santé animale et au bien-être des animaux.

Règlement (CE) n° 183/2005 du Parlement européen et du Conseil du 12 janvier 2005 établissant des exigences en matière d'hygiène des aliments pour animaux.

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.

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 (règlement relatif aux sous-produits animaux).

Règlement (UE) n° 142/2011 de la Commission 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.

Règlement (UE) n° 1143/2014 du Parlement Européen et du Conseil du 22 octobre 2014 relatif à la prévention et à la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Règlement (UE) 2017/625 du Parlement européen et du Conseil du 15 mars 2017 concernant les contrôles officiels et les autres activités officielles servant à assurer le respect de la législation alimentaire et de la législation relative aux aliments pour animaux ainsi que des règles relatives à la santé et au bien-être des animaux, à la santé des végétaux et aux produits phytopharmaceutiques, modifiant les règlements du Parlement européen et du Conseil (CE) n° 999/2001, (CE) n° 396/2005, (CE) n° 1069/2009, (CE) n° 1107/2009, (UE) n° 1151/2012, (UE) n° 652/2014, (UE) 2016/429 et (UE) 2016/2031, les règlements du Conseil (CE) n° 1/2005 et (CE) n° 1099/2009 ainsi que les directives du Conseil 98/58/CE, 1999/74/CE, 2007/43/CE, 2008/119/CE et 2008/120/CE, et abrogeant les règlements du Parlement européen et du Conseil (CE) n° 854/2004 et (CE) n° 882/2004, les directives du Conseil 89/608/CEE, 89/662/CEE, 90/425/CEE, 91/496/CEE, 96/23/CE, 96/93/CE et 97/78/CE ainsi que la décision 92/438/CEE du Conseil (règlement sur les contrôles officiels).

Règlement (UE) 2019/1009 du Parlement Européen et du Conseil du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise sur le marché des fertilisants UE et modifiant les règlements (CE) n° 1069/2009 et (CE) n° 1107/2009 et abrogeant le règlement (CE) n° 2003/2003.

Directive 2002/32/CE sur les substances indésirables dans les aliments pour animaux.

Directive 2003/99/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 novembre 2003 sur la surveillance des zoonoses et des agents zoonotiques, modifiant la décision 90/424/CEE du Conseil et abrogeant la directive 92/117/CEE du Conseil.

Loi du 13 juillet 1979 relative à l'organisation du contrôle des matières fertilisantes et les supports de culture (MFSC).

Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées.

Arrêté du 23 avril 2007 relatif aux agréments et autorisation des établissements du secteur de l'alimentation animale et modifiant notamment l'arrêté du 28 février 2000 modifié relatif à l'agrément et à l'enregistrement de certains établissements et intermédiaires dans le secteur de l'alimentation animale.

Arrêté du 30 juin 2010 fixant la liste des micro-organismes et toxines prévue à l'article L. 5139-1 du code de la santé publique.

Arrêté du 29 juillet 2013 relatif à la définition des dangers sanitaires de première et deuxième catégorie pour les espèces animales.

Arrêté du 13 juin 2017 approuvant un cahier des charges pour la mise sur le marché et l'utilisation de digestats de méthanisation agricoles en tant que matières fertilisantes.

Arrêté du 11 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 29 juillet 2013 relatif à la définition des dangers sanitaires de première et deuxième catégorie pour les espèces animales.

DGAL, 2008. Note de Service DGAL/SDSPA/N2008-8296, 10p.

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine

COURRIER ARRIVE

24 AOUT 2015



N° - 0 7 9 5 - D

2015 -SA- 0 191 DIRECTION GENERALE

PARIS, LE 19 AOUT 2015

MINISTERE DE L'ECONOMIE, DU REDRESSEMENT
PRODUCTIF ET DU NUMERIQUEMINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET
DE LA FORETDirection générale de la concurrence,
de la consommation et de la répression des fraudes

Direction générale de l'alimentation

Service de la protection des consommateurs et de la
régulation des marchés
Sous-direction des produits alimentaires et des marchés
agricoles et alimentairesService de la prévention des risques sanitaires de la
production primaire
Sous-direction de la santé et de la protection animales

Bureau des marchés des produits d'origine animale

Bureau des intrants et de la santé publique en élevage

59, boulevard Vincent Auriol
75703 PARIS CEDEX 13 – Télédoc 223251, rue de Vaugirard
75732 PARIS CEDEXDossier suivi par : C. HOMBOURGER et E.BLOCH
Tél : 01 44 97 29 15
Fax : 01 44 97 30 48
Mél : bureau-4d@dgccrf.finances.gouv.frDossier suivi par : Sandrine DELAFOSSE et Aurélie BYNENS
Tél : 01 49 55 57 73
Fax : 01 49 55 40 22
Mél : bispe.sdspa.dgal@agriculture.gouv.fr

A

Monsieur le Directeur Général de l'Agence nationale
de sécurité sanitaire de l'alimentation, de
l'environnement et du travail
14 rue Pierre et Marie Curie,
94701 Maisons-Alfort**Objet : saisine de l'Anses sur l'évaluation des dangers microbiologiques en
alimentation animale.**Conformément à l'article L.1313-1 du code de la santé publique, l'avis de l'Anses est
sollicité sur l'évaluation des dangers liés aux risques microbiologiques en alimentation
animale.**CONTEXTE :**Le règlement (CE) n°882/2004 impose aux Etats-membres la réalisation de contrôles
officiels fondés sur une analyse de risques. Ces contrôles officiels sont menés selon les
modalités définies dans un plan de contrôle pluriannuel.Dans le secteur de l'alimentation animale, cette obligation se traduit par la réalisation de
plusieurs types de contrôles : des plans de prélèvements, des contrôles des entreprises à une
fréquence déterminée selon le risque qui leur est associé, des contrôles à l'importation, des
contrôles suite à des plaintes ou des alertes et des enquêtes thématiques sur des secteurs ou
des pratiques considérées comme plus à risque.Dans le domaine des risques microbiologiques, les contrôles officiels portent
principalement sur le risque lié à la présence des salmonelles. En effet, le règlement (CE)
n°2160/2003 vise à établir une approche coordonnée entre Etats-membres et prévoit la
fixation d'objectifs-cibles pour réduire la prévalence des salmonelles. Il impose aux Etats-

membres la réalisation d'un plan de surveillance sur la contamination en salmonelles, qui doit couvrir le secteur de l'alimentation animale.

Dans le rapport intitulé « *Impact des aliments pour animaux sur la sécurité sanitaire des aliments* » issu de la réunion d'expert FAO/OMS du 8 au 12 octobre 2007, les experts recensent différents risques microbiologiques : la brucellose, la salmonellose et les endoparasites, tels que *Echinococcus*, *Toxoplasma gondii*, *Cisticercus* ou *Trichinella*.

Au niveau européen, l'AESA a publié en juillet 2008 le rapport « *Microbiological risk assessment in feedstuff for food-producing animals* » qui énumère d'autres risques microbiologiques en plus des salmonelles, comme ceux liées à *Listeria monocytogenes* ou la présence des parasites. Il rejoint sur plusieurs points les conclusions de l'AFSSA publiées dans le rapport « *Alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments* » (juillet 2000). Par ailleurs, l'Anses a publié une fiche outil relative à la réalisation de documents scientifiques à destination des tutelles et des rédacteurs de GBPH sur les dangers liés aux aliments pour animaux de rente, qui liste un certain nombre de dangers microbiologiques.

A la suite des travaux initiés afin de mieux caractériser les risques physico-chimiques, la DGCCRF et la DGAL souhaitent étendre cette démarche aux risques biologiques dans les matières premières non-animales, afin de vérifier que le ciblage actuel des risques est toujours pertinent. Les sous-produits animaux et produits qui en sont dérivés ne sont pas visés par la présente saisine.

La présente saisine vise à remplir une partie de cet objectif en réactualisant la liste des dangers microbiologiques et des matrices susceptibles d'être concernées.

Elle sera suivie d'une saisine visant à établir la pertinence des sérotypes de *Salmonella* contrôlés actuellement.

PORTEE DE LA SAISINE :

Au regard des éléments exposés ci-dessus, il est demandé à l'Agence qu'elle :

- 1) identifie, sur la base des connaissances scientifiques actuelles, les dangers microbiologiques pertinents dans l'alimentation des animaux de rente et des animaux de compagnie. L'avis devra préciser si les dangers identifiés le sont en raison d'un danger pour l'homme, pour l'animal ou pour l'environnement.
- 2) précise, si possible, les différents vecteurs d'introduction dans les aliments pour animaux et leur niveau de prépondérance (matières premières, animaux, environnement, locaux de l'élevage).
- 3) précise, si possible, les couples matrice – danger le plus pertinents.
- 4) précise, si possible, pour chaque danger, quelle est la pertinence de rechercher ces dangers aux différents stades de la filière : importation, stockage, production primaire, transformation, etc.
- 5) indique, au besoin, les risques émergents ou les dangers insuffisamment caractérisés, pour lesquels il serait nécessaire de disposer de données supplémentaires, en indiquant si possible les matrices d'intérêt.

DELAI SOUHAITE :

Une réponse est souhaitée au plus tard fin 2016, afin de pouvoir intégrer les recommandations de l'Anses dans la programmation des contrôles de l'année 2018.

DESTINATAIRES POUR LA REPONSE PAR MAIL :

DGCCRF :

Bureau-4D@dgccrf.finances.gouv.fr
celia.azovan@dgccrf.finances.gouv.fr
ekaterina.bloch@dgccrf.finances.gouv.fr
chloe.hombourger@dgccrf.finances.gouv.fr

DGAL :

bispe.sdspa.dgal@agriculture.gouv.fr
aurelie.bynens@agriculture.gouv.fr
sandrine.delafosse@agriculture.gouv.fr

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.

Pour la DGCCRF :

Le sous-directeur des produits alimentaires et des
marchés agricoles et alimentaires

Jean-Louis GÉRARD

Pour la DGAL :

Le Directeur Général de l'Alimentation,
Patrick DEHAUMONT

Annexe 2 : Profil bibliographique « Dangers microbiologiques en alimentation animale »

PARTIE 1 - CADRAGE ET DÉFINITION DU PROFIL

1.1 DÉFINIR LES BESOINS DE RECHERCHE

Ce formulaire permet de tracer l'orientation de la recherche bibliographique, en application de la procédure [ANSES/PR1/9/01] « Organisation de la réalisation d'une expertise en réponse à une saisine ou une auto-saisine » (voir le paragraphe « Collecte des données nécessaires à l'expertise »)

Bases de données (ex : Scopus, PubMed, CAB Abstracts...)	Scopus/ Web of science	Périmètre	Zone géographique définie
Mots-clés principaux			
Organismes référents identifiés sur le sujet			
Rapports et publications identifiés en amont de la saisine	Afssa ; Efsa ; FAO/OMS		
Projets de Recherche (APRs Anses, ANR, FP7 etc.)			
Logiciel bibliographique utilisé (ex : EndNote, Zotero)	EndNote		
Mise en surveillance de sources d'information (veille)	<input type="checkbox"/> OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON (Avez-vous suivi la formation « Veille avec les flux RSS » ?)		

**renseignements des champs obligatoires*

Thématique	Mots-clés issus de thésaurus	Autres termes
<u>Groupe 1 : danger microbiologique</u>	{feed contamination} OR {feed microbiology} OR {microbiological safety} OR virus OR salmonella OR {listeria monocytogenes} OR brucella OR echinococcus OR campylobacter OR {escherichia coli} OR yersinia OR bacillus OR clostridium OR staphylococcus OR toxoplasma OR trichinella OR giardia OR amoeba OR cysticercus OR taenia	
<u>Groupe 2 : alimentation animale</u>	{animal feeding} OR {animal feed} OR feedingstuffs OR {compound feed} OR fodder OR {soybean cake} OR {rapeseed cake} OR silage OR {soybean meal} OR {rapeseed meal} OR forage OR hay OR pasture OR {round bales} OR {by product}	
<u>Groupe 3 : animaux</u>	{dairy cow} OR cow OR cattle OR heifer OR bovine OR ruminant OR ovine OR calf OR calves OR sheep OR goat OR ewe OR lamb OR swine OR porcine OR piglet OR sow OR poultry OR broiler OR hen OR chicken OR duck OR rabbit	
<u>Groupe 4 : Exclusion</u>	fish OR mycotoxin OR {guinea pig} OR shrimp OR {feed additive} OR probiotic OR prebiotic OR {growth promot*} OR {growth performance} OR {cow's milk protein} OR crustacean OR {shell fish} OR bacteriocins OR {antimicrobial activity} OR {protein production} OR {bacillus subtilis}	
Limites	Recherche limitée à certains pays	

Pour le détail de la méthode : EFSA (2010). Application of systematic review methodology to food and feed safety assessments to support decision making. *Efsa Journal* 8(6):1637 [doi:10.2903/j.efsa.2010.1637](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1637)

1.2 STRATÉGIE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE**REQUÊTES****Résultat dans Scopus :**

Groupe 1 :

8 (TITLE-ABS ({feed contamination} OR {feed microbiology} OR {microbiological safety} OR virus OR salmonella OR {listeria monocytogenes} OR brucella OR echinococcus OR campylobacter OR {escherichia coli} OR yersinia OR bacillus OR clostridium OR staphylococcus) OR TITLE-ABS (toxoplasma OR trichinella OR giardia OR amoeba OR cysticercus OR taenia)) OR (AUTHKEY ({feed contamination} OR {feed microbiology} OR {microbiological safety} OR virus OR salmonella OR {listeria monocytogenes} OR brucella OR echinococcus OR campylobacter OR {escherichia coli} OR yersinia OR bacillus OR clostridium OR staphylococcus) OR AUTHKEY (toxoplasma OR trichinella OR giardia OR amoeba OR cysticercus OR taenia)) **1 510 449 cf**

Groupe 2:

9 TITLE-ABS ({animal feeding} OR {animal feed} OR feedingstuffs OR {compound feed} OR fodder OR {soybean cake} OR {rapeseed cake} OR silage OR {soybean meal} OR {rapeseed meal} OR forage OR hay OR pasture OR {round bales} OR {by product}) OR AUTHKEY ({animal feeding} OR {animal feed} OR feedingstuffs OR {compound feed} OR fodder OR {soybean cake} OR {rapeseed cake} OR silage OR {soybean meal} OR {rapeseed meal} OR forage OR hay OR pasture OR {round bales} OR {by product}) **143 713 cf**

Groupe 3:

10 TITLE-ABS ({dairy cow} OR cow OR cattle OR heifer OR bovine OR ruminant OR ovine OR calf OR calves OR sheep OR goat OR ewe OR lamb OR swine OR porcine OR piglet OR sow OR poultry OR broiler OR hen OR chicken OR duck OR rabbit) OR AUTHKEY ({dairy cow} OR cow OR cattle OR heifer OR bovine OR ruminant OR ovine OR calf OR calves OR sheep OR goat OR ewe OR lamb OR swine OR porcine OR piglet OR sow OR poultry OR broiler OR hen OR chicken OR duck OR rabbit) **1 291 707 cf**

Groupe 4:

11 (TITLE-ABS (fish OR mycotoxin OR {guinea pig} OR shrimp OR {feed additive} OR probiotic OR prebiotic OR {growth promot*} OR {growth performance} OR {cow's milk protein} OR crustacean OR {shell fish} OR bacteriocins OR {antimicrobial activity} OR {protein production}) OR TITLE-ABS ({bacillus subtilis})) OR (AUTHKEY (fish OR mycotoxin OR {guinea pig} OR shrimp OR {feed additive} OR probiotic OR prebiotic OR {growth promot*} OR {growth performance} OR {cow's milk protein} OR crustacean OR {shell fish} OR bacteriocins OR {antimicrobial activity} OR {protein production}) OR AUTHKEY ({bacillus subtilis})) **638 576 cf**

Groupe 1 AND Groupe 2 AND Groupe 3 AND NOT Groupe 4 avec limitation à certains pays

(((TITLE-ABS ({feed contamination} OR {feed microbiology} OR {microbiological safety} OR virus OR salmonella OR {listeria monocytogenes} OR brucella OR echinococcus OR campylobacter OR {escherichia coli} OR yersinia OR bacillus OR clostridium OR staphylococcus) OR TITLE-ABS (toxoplasma OR trichinella OR giardia OR amoeba OR cysticercus OR taenia))) AND (TITLE-ABS ({animal feeding} OR {animal feed} OR feedingstuffs OR {compound feed} OR fodder OR {soybean cake} OR {rapeseed cake} OR silage OR {soybean meal} OR {rapeseed meal} OR forage OR hay OR pasture OR {round bales} OR {by product})) AND (TITLE-ABS ({dairy

cow} OR cow OR cattle OR heifer OR bovine OR ruminant OR ovine OR calf OR calves OR sheep OR goat OR ewe OR lamb OR swine OR porcine OR piglet OR sow OR poultry OR broiler OR hen OR chicken OR duck OR rabbit)) AND NOT ((TITLE-ABS (fish OR mycotoxin OR {guinea pig} OR shrimp OR {feed additive} OR probiotic OR prebiotic OR {growth promot*} OR {growth performance} OR {cow's milk protein} OR crustacean OR {shell fish} OR bacteriocins OR {antimicrobial activity} OR {protein production}) OR TITLE-ABS ({bacillus subtilis})))) OR (((AUTHKEY ({feed contamination} OR {feed microbiology} OR {microbiological safety} OR virus OR salmonella OR {listeria monocytogenes} OR brucella OR echinococcus OR campylobacter OR {escherichia coli} OR yersinia OR bacillus OR clostridium OR staphylococcus) OR AUTHKEY (toxoplasma OR trichinella OR giardia OR amoeba OR cysticercus OR taenia))) AND (AUTHKEY ({animal feeding} OR {animal feed} OR feedingstuffs OR {compound feed} OR fodder OR {soybean cake} OR {rapeseed cake} OR silage OR {soybean meal} OR {rapeseed meal} OR forage OR hay OR pasture OR {round bales} OR {by product})) AND (AUTHKEY ({dairy cow} OR cow OR cattle OR heifer OR bovine OR ruminant OR ovine OR calf OR calves OR sheep OR goat OR ewe OR lamb OR swine OR porcine OR piglet OR sow OR poultry OR broiler OR hen OR chicken OR duck OR rabbit)) AND NOT ((AUTHKEY (fish OR mycotoxin OR {guinea pig} OR shrimp OR {feed additive} OR probiotic OR prebiotic OR {growth promot*} OR {growth performance} OR {cow's milk protein} OR crustacean OR {shell fish} OR bacteriocins OR {antimicrobial activity} OR {protein production}) OR AUTHKEY ({bacillus subtilis})))) AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "United States ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "United Kingdom ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Canada ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Germany ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "China ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Australia ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Netherlands ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "New Zealand ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "France ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Brazil ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Denmark ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Spain ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Japan ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Belgium ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Sweden ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Switzerland ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Italy ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Poland ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Ireland ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Austria ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Finland ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Czech Republic ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Norway ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Greece ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Hungary ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Turkey ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Portugal ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Slovakia ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Croatia ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Estonia ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Germany Democratic Republic, DDR ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Iceland ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Romania ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Slovenia ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Bulgaria ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Albania ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Bosnia and Herzegovina ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Cyprus ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Latvia TITLE-ABS ") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Latvia ")))

Nombre de résultats de la requête dans Scopus le 15 février 2018 : 1066 cf

Résultats dans Web of Science :

Groupe 1 AND Groupe 2 AND Groupe 3 AND NOT Groupe 4 avec limitation à certains pays :

Nombre de résultats de la requête : 1083 cf

Nombre de résultats de la requête après suppression des doublons éventuels avec la requête précédente :

Analyse des résultats obtenus : 1588 cf

Réactualisation de la requête dans Scopus le 14 octobre 2019 : 134 cf

PARTIE 2 – RECOMMANDATIONS POUR LA RESTITUTION DE LA STRATÉGIE DE RECHERCHE

Les éléments ci-dessous, avec deux options possibles, guident les modalités d'explicitation de la stratégie de recherche au niveau du produit d'expertise ou d'appui scientifique et technique.

2.1 DIAGRAMME PRISMA (option 1)

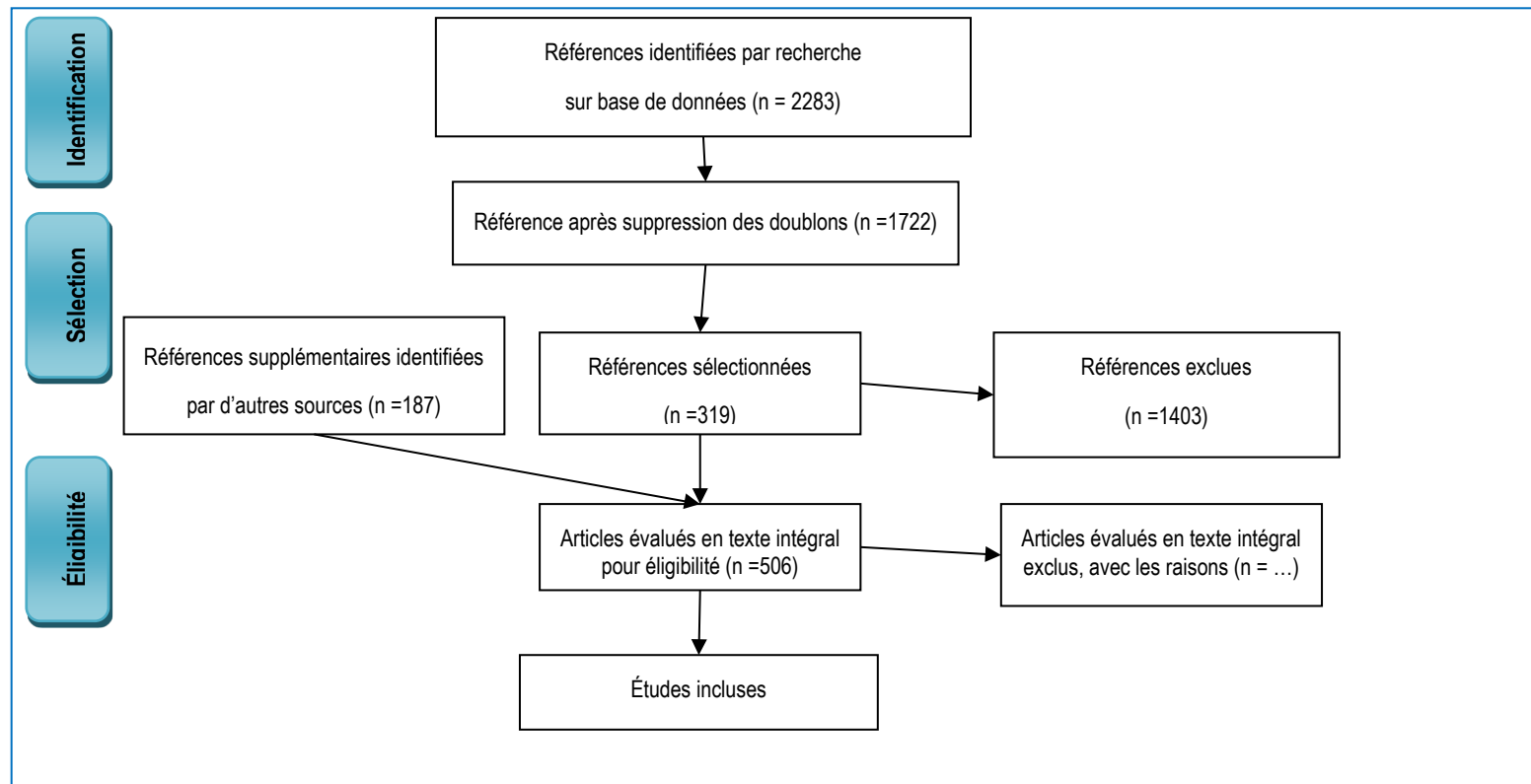


Figure 1 : Gedda M. (2015). Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie* 15(157):39-44. [doi:10.1016/j.kine.2014.11.004](https://doi.org/10.1016/j.kine.2014.11.004)

Annexe 3 : Profil bibliographique « Epannage »

PARTIE 1 - CADRAGE ET DÉFINITION DU PROFIL

1.2 DÉFINIR LES BESOINS DE RECHERCHE

Ce formulaire permet de tracer l'orientation de la recherche bibliographique, en application de la procédure [ANSES/PR1/9/01] « Organisation de la réalisation d'une expertise en réponse à une saisine ou une auto-saisine » (voir le paragraphe « Collecte des données nécessaires à l'expertise »)

Bases de données (ex : Scopus, PubMed, CAB Abstracts...)	Scopus/ Web of science	Périmètre	Zone géographique définie
Mots-clés principaux	Feed contamination, animal feed, sewage, sewage sludge		
Organismes référents identifiés sur le sujet			
Rapports et publications identifiés en amont de la saisine	Afssa ; Efsa ; FAO/OMS		
Projets de Recherche (APRs Anses, ANR, FP7 etc.)			
Logiciel bibliographique utilisé (ex : EndNote, Zotero)	EndNote		
Mise en surveillance de sources d'information (veille)	<input type="checkbox"/> OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON (Avez-vous suivi la formation « Veille avec les flux RSS » ?)		

**renseignements des champs obligatoires*

Thématique	Mots-clés issus de thésaurus	Autres termes
Groupe 1 : danger microbiologique	{feed contamination} OR {feed microbiology} OR {microbiological safety} OR virus OR salmonella OR {listeria monocytogenes} OR brucella OR echinococcus OR campylobacter OR {escherichia coli} OR yersinia OR bacillus OR clostridium OR staphylococcus OR toxoplasma OR trichinella OR giardia OR amoeba OR cysticercus OR taenia	
Groupe 2 : alimentation animale	{animal feeding} OR {animal feed} OR feedingstuffs OR fodder OR silage OR forage OR hay OR pasture OR {round bales}	
Groupe 3 : Epannage	sewage OR {sewage sludge} OR slurry OR compost OR manure OR {livestock effluent} OR {anaerobic digestion} OR digestat OR {poultry droppings}	

Pour le détail de la méthode : EFSA (2010). Application of systematic review methodology to food and feed safety assessments to support decision making. *Efsa Journal* 8(6):1637 [doi:10.2903/j.efsa.2010.1637](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1637)

1.2 STRATÉGIE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

REQUÊTES

Pour la recherche bibliographique **il est important de tracer toutes les requêtes opérées**, et de distinguer des grands ensembles qui couvriront les différents axes de la problématique à traiter (ex : ensemble1 Substance **AND** ensemble2)

Résultat dans scopus:

Groupe 1:

TITLE-ABS ({feed contamination} OR {feed microbiology} OR {microbiological safety} OR virus OR salmonella OR {listeria monocytogenes} OR brucella OR echinococcus OR campylobacter OR {escherichia coli} OR yersinia OR bacillus OR clostridium OR staphylococcus OR toxoplasma OR trichinella OR giardia OR amoeba OR cysticercus OR taenia) OR AUTHKEY ({feed contamination} OR {feed microbiology} OR {microbiological safety} OR virus OR salmonella OR {listeria monocytogenes} OR brucella OR echinococcus OR campylobacter OR {escherichia

coli} OR *yersinia* OR *bacillus* OR *clostridium* OR *staphylococcus* OR *toxoplasma* OR *trichinella* OR *giardia* OR *amoeba* OR *cysticercus* OR *taenia*) **1 512 134 cf**

Groupe 2:

TITLE-ABS ({*animal feeding*} OR {*animal feed*} OR *feedingstuffs* OR *fodder* OR *silage* OR *forage* OR *hay* OR *pasture* OR {*round bales*}) OR AUTHKEY ({*animal feeding*} OR {*animal feed*} OR *feedingstuffs* OR *fodder* OR *silage* OR *forage* OR *hay* OR *pasture* OR {*round bales*}) **130 354 cf**

Groupe 3:

TITLE-ABS (*sewage* OR {*sewage sludge*} OR *slurry* OR *compost* OR *manure* OR {*livestock effluent*} OR {*anaerobic digestion*} OR *digestat* OR {*poultry droppings*}) OR AUTHKEY (*sewage* OR {*sewage sludge*} OR *slurry* OR *compost* OR *manure* OR {*livestock effluent*} OR {*anaerobic digestion*} OR *digestat* OR {*poultry droppings*}) **185 480 cf**

Groupe 1 AND Groupe 2 AND Groupe 3

(TITLE-ABS ({*feed contamination*} OR {*feed microbiology*} OR {*microbiological safety*} OR *virus* OR *salmonella* OR {*listeria monocytogenes*} OR *brucella* OR *echinococcus* OR *campylobacter* OR {*escherichia coli*} OR *yersinia* OR *bacillus* OR *clostridium* OR *staphylococcus* OR *toxoplasma* OR *trichinella* OR *giardia* OR *amoeba* OR *cysticercus* OR *taenia*) OR AUTHKEY ({*feed contamination*} OR {*feed microbiology*} OR {*microbiological safety*} OR *virus* OR *salmonella* OR {*listeria monocytogenes*} OR *brucella* OR *echinococcus* OR *campylobacter* OR {*escherichia coli*} OR *yersinia* OR *bacillus* OR *clostridium* OR *staphylococcus* OR *toxoplasma* OR *trichinella* OR *giardia* OR *amoeba* OR *cysticercus* OR *taenia*)) AND (TITLE-ABS ({*animal feeding*} OR {*animal feed*} OR *feedingstuffs* OR *fodder* OR *silage* OR *forage* OR *hay* OR *pasture* OR {*round bales*}) OR AUTHKEY ({*animal feeding*} OR {*animal feed*} OR *feedingstuffs* OR *fodder* OR *silage* OR *forage* OR *hay* OR *pasture* OR {*round bales*})) AND (TITLE-ABS (*sewage* OR {*sewage sludge*} OR *slurry* OR *compost* OR *manure* OR {*livestock effluent*} OR {*anaerobic digestion*} OR *digestat* OR {*poultry droppings*}) OR AUTHKEY (*sewage* OR {*sewage sludge*} OR *slurry* OR *compost* OR *manure* OR {*livestock effluent*} OR {*anaerobic digestion*} OR *digestat* OR {*poultry droppings*})) **241 cf**

Nombre de résultats dans Scopus le 23/02/18 : 241 cf

Annexe 4 : Grille de lecture (Extrait)

Auteurs	Année	Titre de l'article	Nom de la revue, de l'ouvrage, de la conférence...	Intérêt pour la salin	Intérêt de l'article	Inoculation expérimentale de la matrice	Danger microbiologique																Méthode/qualité de l'article acceptable	Commentaires	Initiales des experts					
							nature du danger		matrice	cible			Vecteur d'introduction dans la MP					Stade de la filière												
							catégorie	nom		animal	homme	environnement	animaux	process	locaux	environnement	autre	importation	production primaire	stockage de l'aliment	FAF	transport				transformation (usine)	autre			
Adhikari, B. C., J. H. Ma	2004	Prevalence and clonal diversity	New Zealand Veterin	O	** (article I)	N	bactérie	Campylobac	ensilage	bovin	O	N	N	O	N	N	N	O	N	N	O	N	N	N	N	N	N	1/très bonne	Ensilage positif à C. (à juin) : suspicion de contamination sauvage : moineaux, mouches, rongeurs, souvent présents et positifs dans le milieu de l'ensilage.	CB/EG
Anderson, R. C., P.	1995	Effect of Long-Term Application	Journal of the Soil and	O	** (article I)	N	bactérie	Enterobact	ensilage	multiple	N	N	N	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	1/très bonne	"ensilage expérimental", application de lisiers (bovin, porc) ne modifie pas la composition en enterobactéries de l'ensilage, et ni réduit apparemment par de compostés.	CB/EG
Mills A, Phillips CA	2008	Campylobacter (jejun) and the	Nutrition & Food Sci	O	** (article I)	O	bactérie	Campylobac	multiple	volaille	O	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	2/moyenne	Bruis de survie de C) dans aliment volaille. Suggère que C) boum à être sous la forme VBNC dans les aliments pour animaux.	CB/EG	
Aubry, P., T. J. L. Pasma	2017	Weight of the evidence linking	Journal of Swine Health	O	* (infos p)	N	virus	PEVD	aliment porc	porc	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	2/moyenne	Risque de contamination de l'aliment ou ingrédients par SPPs à l'origine contaminé par PEDV	CB/EG	
Aune, K. R., J. C. Russel	2012	Environmental persistence of B	Journal of Wildlife M	O	* (infos p)	O	bactérie	brucella abc	fourrage ve	bovin	N	N	N	O	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	2/moyenne	Exemple de contamination du bétail sur pâture partagée avec faune sauvage (ci bisons). Persistence de B. abortus sur sol et végétation.	CB/EG	
Avery, S. M. M., A. Hut	2004	Fate of Escherichia coli original	Letters in Applied Micro	O	** (article I)	N	bactérie	E. coli	fourrage ve	bovin	N	N	N	O	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	1/très bonne	Conte E. coli par fèces animales (bovins, moutons, porcs) déposés sur pâture; Survie 3-6 mois	CB/EG	
Avery, S. M. W., L. O. H	2005	Fate of Escherichia coli O157 an	Letters in Applied Micro	O	** (article I)	O	bactérie	E. coli	ensilage	bovin	O	N	N	N	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	1/très bonne	Survie E. coli O157 dans ensilage de maïs correctement fermenté; peu robuste.	CB/EG	
Ayanwale, L. F. K., J. M.	1980	Investigation of Salmonella in f	Applied and Environ	O	** (article I)	N	bactérie	Salmonella	ensilage	ovin/caprin	N	N	N	N	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	1/très bonne	Ensilage maïs; fertilisation par boues d'épuration humaines; pas d'évidence de contamination des chèvres (matières fécales) et de l'ensilage par Salmonella, bien que les boues dépendent contiennent des salmonelles.	CB/EG	
Bach, S. J. M., T. A. Bea	2002	Persistence of Escherichia coli	Journal of Applied Micro	O	** (article I)	O	bactérie	E. coli O157:H7	ensilage	bovin	O	N	N	N	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	1/très bonne	Souligne l'importance de la qualité d'ensilage contre E. coli O157:H7 - test d'inoculation bactériens qui accélèrent le processus d'ensilage (fermentation) et continuent à éliminer E. coli	CB/EG	
Bagge, E. L., S. S. Johan	2009	Detection and identification by	Acta Veterinaria Scand	O	* (infos p)	N	bactérie	Clostridium	fourrage ve	bovin	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	2/moyenne	Spores Clostridium chauvei; Méthodologie de détection; PCR pas adaptée pour détecter risque de "Blacflieg" sur une pâture.	CB/EG	
Bardiau, M. G., F. Mui	2010	Enteropathogenic (EPEC), enter	Journal of Applied Micro	O	* (infos p)	N	bactérie	E. coli (VTEC	fourrage ve	bovin	O	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	1/très bonne	Très peu d'éléments intéressants - La contamination est possible sur pâture partagée avec ruminants sauvages (cervidés)	CB/EG	

Annexe 5 : Risques microbiologiques liés à l'épandage des matières fertilisantes organiques

➤ Résultats de la cellule de veille sanitaire vétérinaire des épandages de boues de STEP

Dans le cadre de l'épandage des boues de station d'épuration, la nature réglementaire « déchets » des boues a pu inquiéter les agriculteurs réceptionneurs des boues et le grand public. Une cellule de veille sanitaire vétérinaire des épandages a été créée au sein du Centre National d'Information Toxicologique Vétérinaire (CNITV, équivalent d'un centre anti-poison pour les animaux). Elle a assuré une veille permanente (24h/24h, 7j/7j) pendant dix ans pour recueillir les suspicions d'impacts sanitaires vétérinaires des épandages. Pendant dix ans de veille, 53 appels ont été reçus : 16 concernent des demandes de renseignements, 20 déclarent des risques biologiques (dont six liés à la cysticerose) alors que 19 d'entre eux ne permettent pas de connaître la nature chimique ou biologique des cas rapportés.

L'implication des boues ou d'un système d'épuration est certaine dans un cas (canetons piégés dans un bassin de traitement des eaux usées) et probable dans trois déclarations mais elle est restée peu probable ou improbable dans le reste des situations dans le cas où une conclusion a pu être donnée. De plus, aucune conclusion n'a pu être tirée de huit déclarations. Ceci montre les limites de fonctionnement de la veille : suivi difficile des cas, possibilités limitées d'approfondissement, faible nombre de cas rapportés, posant la question de la sous-déclaration. L'incidence des problèmes déclarés au regard des animaux exposés aux épandages de boues serait faible, mais non quantifiable tant que le nombre d'animaux exposés n'est pas connu.

Un cas probable lié à une contamination de veaux suite à un épandage de boues à une faible distance d'un puits montre que le risque peut exister si on ne respecte pas les bonnes pratiques de la réglementation stipulant que la distance d'épandage à un puits ou à des berges de plan d'eau doit être au moins de 35 m. Dans les cas peu probables ou improbables préalablement cités, les règles de gestion des boues semblent avoir été respectées.

Les situations de non-respect de la réglementation peuvent exposer les animaux aux microorganismes mais ces situations ne sont probablement pas les plus fréquentes. Il apparaît alors que seuls les produits non ou mal traités et en dehors des règles de gestion des risques génèrent des expositions à des dangers microbiens.

➤ Résultats de l'expertise collective sur les matières fertilisantes d'origine résiduaire

Un travail d'expertise collective a été mené par l'INRA, le CNRS et l'IRSTEA en 2014 pour caractériser les connaissances de compositions et d'usages des MAFOR. Une analyse de la composition et du risque d'exposition microbiologique a été menée lors de ce travail (Benoît *et al.* 2014). Le GT ALANMIC a jugé que la complétude des références bibliographiques et de leur analyse était scientifiquement suffisante pour le présent travail. Le document final de l'Esco « Matières

fertilisantes d'origine résiduaire »⁶⁶ précise que « le corpus bibliographique permettant de traiter le devenir des contaminants biologiques dans le sol et leur transfert vers les eaux est issu d'une requête lancée sur WoS croisant la liste des Mafor avec les notions de contaminant biologique, de sol, de persistance / transfert. Environ 900 références ont été collectées et triées. Ce corpus est constitué d'articles académiques et de reviews essentiellement postérieurs à 1990. Les travaux ont été réalisés dans le contexte Nord-américain ou Européen. »

La synthèse de la littérature permet de construire le Tableau 10 sur les MAFOR jugées prioritaires par Edward Topp, rédacteur de la section du chapitre 4, et d'intérêt pour la saisine.

Tableau 10: risque relatif de contamination des sols par les contaminants microbiens apportés par différents types d'amendements organiques. D'après (Benoît et al. 2014)

Mafor	Agent biologique		
	Virus	Bactéries	Parasites
Mafor non traitées			
Boues de STEP brutes	H	H	H
Fumiers solides	H	H	H
Lisier	H	H	H
Matières stercoraires	H	H	H
Litière de volailles	H	H	H
Mafor traitées			
Boues méthanisées	M	M	M
Boues aérées	M	M	M
Boues compostées	F	F	M
Boues chaulées	F	F	F

⁶⁶ <https://www6.inra.fr/valor-pro/Les-PRO-ressources-renouvelables-de-matieres-fertilisantes/Esco-MAFOR> (consulté le 08/08/19).

Mafor	Agent biologique		
	Virus	Bactéries	Parasites
	Fumier méthanisé	M	M
Fumier aéré	M	M	H
Fumier composté	N	N	M

Définition des classes de risque. Les risques forts ou médians doivent être gérés par la réglementation ou les bonnes pratiques

H: risque haut, l'exposition est attendue en l'absence de traitement avant l'épandage

M : risque médian, l'exposition est moins probable compte tenu de la composition de la MAFOR

F : risque faible, l'exposition est peu probable au regard de la composition de la MAFOR

N : Négligeable :

Les traitements des MAFOR consistent en un compostage qui conduit à une augmentation de la température et élimine ainsi les microorganismes. La méthanisation des déchets organiques se conduit quant à elle en condition d'anoxie, parfois avec une augmentation de la température (55°C). Ces modifications environnementales ont une incidence sur la survie des microorganismes pathogènes. La modification du pH des produits ou leur déshydratation peuvent également être mises en oeuvre. Enfin, un stockage long peut avoir une incidence sur la survie des microorganismes d'intérêt.

Le Tableau 10 montre que les MAFOR traitées présentent des risques d'exposition médians ou faibles. Il convient de s'intéresser aux usages des MAFOR non traitées.

Les matières fertilisantes d'origines résiduelles (MAFOR) sont épandues comme amendements ou engrais sur les pâtures pour les animaux d'élevages ou sur les cultures dont seront issues leurs aliments. Les amendements d'origines fécales véhiculent potentiellement des agents pathogènes pour les animaux, les êtres humains ou l'environnement. Les MAFOR sont majoritairement des effluents d'élevages (fumiers, lisiers...) et plus rarement issues de déchets urbains comme les boues de station d'épuration ou les biodéchets. Il n'y a pas de traitement des MAFOR dans le cas des déjections émises aux champs, mais certains traitements sont employés dans les cas des MAFOR collectées. Ainsi, les traitements aérobies ou anaérobies impliquant de fortes températures ou de forts pH sont efficaces contre les microorganismes pathogènes. Les traitements et les fertilisants qui en résultent sont microbiologiquement réglementés aux niveaux européens et français. L'épandage de produits traités permet une gestion de la transmission des dangers microbiens.

Annexe 6 : Informations relatives aux seuils limites en contaminants microbiologiques et aux bonnes pratiques pour les boues, les matières fertilisantes et les digestats.

Tableau 11 : seuils limites en contaminants microbiologiques et aux bonnes pratiques pour les boues, les matières fertilisantes et les digestats

<p>NF U44-051 (Avril 2006)⁶⁷ (amendements organiques)</p>	<p>Valeurs limites en agents pathogènes Toutes cultures sauf cultures maraîchères Oeufs d'helminthes viables : Absence dans 1,5 g MB <i>Salmonella</i> : Absence dans 1 g MB Cultures maraîchères Oeufs d'helminthes viables : Absence dans 1,5 g MB <i>Salmonella</i> : Absence dans 25 g MB Indicateurs de traitement (annexe informative) <i>Escherichia coli</i> 10² /g MB (analyse selon la norme NF V 08-053) Entérocoques 10⁴ /g MB (analyse selon la norme NF EN ISO 7899-1)</p>
<p>NF U44-095 (Mai 2002)⁶⁸ Composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux</p>	<p>Toutes Cultures Sauf cultures maraîchères Agents indicateurs de traitement <i>Escherichia coli</i> 10⁴ /g MB (analyse selon la norme NF V 08-053) <i>Clostridium perfringens</i> 10³ /g MB (analyse selon la norme NF V08-056) Entérocoques 10⁵/g MB (analyse selon la norme NF T90-432) Agents pathogènes Oeufs d'helminthes viables: absence dans 1g MB (norme non explicitée) <i>Listeria monocytogenes</i>: absence dans 1g MB NF MB (analyse selon la norme V08-052) Salmonelles: absence dans 1g MB (analyse selon les normes NF ISO 6579 (1990) et NF V08-052) Cultures maraîchères Agents indicateurs de traitement <i>Escherichia coli</i> 10³ /g MB (norme analytique comme ci-dessus) <i>Clostridium perfringens</i> 10² /g MB (norme analytique comme ci-dessus) Entérocoques 10⁵/g MB (norme analytique comme ci-dessus) Agents pathogènes Oeufs d'helminthes viables: absence dans 25g MB (norme analytique comme ci-dessus) <i>Listeria monocytogenes</i>: absence dans 25g MB (norme analytique comme ci-dessus) Salmonelles : absence dans 25g MB (norme analytique comme ci-dessus)</p>
<p>Boues STEP (Arrêté du 8/01/1998)⁶⁹</p>	<p>A la sortie de la filière hygiénisante, les caractéristiques des boues doivent être : <i>Salmonella</i> < 8 NPP/10 g MS ; Entérovirus < 3 NPPUC/10 g MS ; Oeufs d'helminthes pathogènes viables < 3/10 g MS; Une analyse des coliformes thermotolérants sera effectuée au moment de la caractérisation du process décrite ci-dessus. Les traitements</p>

⁶⁷ NF U44-051 (Avril 2006). Amendements organiques : Dénominations, spécifications et marquage. 17p. Norme d'application obligatoire : Disponible : <https://www.boutique.afnor.org/> (consulté le 08/08/19).

⁶⁸ NF U44-095 (Mai 2002) Amendements organiques, composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issus du traitement des eaux. 21p. Norme d'application obligatoire : Disponible : <https://www.boutique.afnor.org/> (consulté le 08/08/19).

⁶⁹ Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées.

	<p>d'hygiénisation font ensuite l'objet d'une surveillance des coliformes thermotolérants.</p> <p>Délais pour les herbages ou les cultures fourragères :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères pour les épandages de boues hygiénisées. - 6 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères pour les épandages de boues non hygiénisées.
Cahier des charges pour l'épandage des fumiers de fermes ⁷⁰	<p><i>Escherichia coli</i> ou Enterococcaeaceae : Dans 1g de produit n=5, m=1000, M=5000, c=1</p> <p>Salmonella : dans 25 g de produit, n=5, m=0, M=0, c=0</p> <p>Où : n est le nombre d'échantillons à tester, m est la valeur seuil pour le nombre de bactéries, M est la valeur maximale du nombre de bactéries, c est le nombre d'échantillons dans lesquels le nombre de bactéries peut se situer entre m et M.</p> <p>Pour les prairies destinées à la fauche ou pâturées : épandage autorisé toute l'année. Avant implantation de la prairie : épandage avec enfouissement immédiat. Pour fertiliser une prairie en place : épandage avec un système de pendillards (ou enfouisseurs). Temps d'attente avant mise en pâturage des animaux ou récolte des fourrages de 21 jours.</p>
Autorisation de mise sur le marché des matières fertilisantes (Arrêté du 21 décembre 1998) ⁷¹	<p>Entérocoques (Streptocoques fécaux) MB (analyse selon les normes NF T 90-432 et LV 02-9703)</p> <p>< 100/g MB pour cultures légumes, fraises et < 10 000/g MB pour les autres cultures</p> <p><i>Escherichia coli</i> (analyse selon la norme NF V 08-053)</p> <p>< 100/g MB pour cultures légumes, fraises et < 1000/g MB pour les autres cultures</p> <p><i>Clostridium perfringens</i> (analyse selon les normes NF V08-056 et LV 02-9502)</p> <p>< 10/g MB pour cultures : gazons, prairies, légumes, fraises et < 100/g MB pour les autres cultures</p> <p><i>Salmonella</i> MB (analyse selon les normes NF ISO 6879 et NF V08-052)</p> <p>absence dans 25 g MB pour cultures légumes, fraises et absence dans 1 g MB pour les autres cultures</p> <p><i>Staphylococcus aureus</i> (analyse selon les normes NF V08-057 ½ et LV 02-9801) < 10/g MB toutes cultures</p> <p><i>Listeria monocytogenes</i> (analyse selon les normes NF V08-055 et LV 02-9802) absence dans 25 g MB pour culture : gazons, prairies, légumes, fraises</p> <p>Nématodes (œufs) (analyse au MgSO₄) : absence dans 25 g MB pour cultures florales légumes, fraises et absence dans 1 g MB pour les autres cultures</p> <p>Nématodes (larves) (analyse selon la norme LV 02-9201) : absence dans 25 g MB pour cultures florales légumes, fraises et absence dans 1 g MB pour les autres cultures</p> <p>D'autres microorganismes sans seuils de référence sont demandés pour l'autorisation de mise sur le marché : levures, moisissure, Aspergillus, microorganismes totaux.</p> <p>Enfin, si un indicateur de traitement ne répond pas au seuil, le produit doit respecter comme gestion des risques une attente de six semaines après l'épandage avant remise à l'herbe des animaux.</p>

⁷⁰ Arrêté du 13 juin 2017 approuvant un cahier des charges pour la mise sur le marché et l'utilisation de digestats de méthanisation agricoles en tant que matières fertilisantes.

⁷¹ <https://www.anses.fr/fr/system/files/DIVE-ft-Arrete21dec1998.pdf>. Documents pour remplir les conditions administratives et techniques de demande de mise sur le marché disponible : <https://www.anses.fr/fr/content/autorisation-de-mise-sur-le-march%C3%A9-des-mati%C3%A8res-fertilisantes-des-adjuvants-pour-mati%C3%A8res> (consulté le 08/08/19).

	Des obligations de moyens sont données : temps de séjour dans le digesteur mésophile : 50 jours et 30 jours pour un digesteur thermophile.
Règlement européen établissant les règles relatives à la mise sur le marché des fertilisants ⁷²	<p><i>Escherichia coli</i> ou Enterococcaeaceae : Dans 1g de produit n=5, m=1000, M=5000, c=1</p> <p><i>Salmonella</i> : dans 25 g de produit n=5, m=0, M=0, c=0</p> <p>Où : n est le nombre d'échantillons à tester, m est la valeur seuil pour le nombre de bactéries, M est la valeur maximale du nombre de bactéries, c est le nombre d'échantillons dans lesquels le nombre de bactéries peut se situer entre m et M.</p> <p>Des indications de moyens sont données pour les conditions de compostage (55°C / 14j ou 60°C / 7j, 65°C / 3j) ou de digestion anaérobie : thermophile à 55°C pendant au moins 24 heures et temps de rétention hydraulique d'au moins 20 jours ou une digestion anaérobie thermophile à 55°C avec un traitement incluant une étape de pasteurisation (70°C-1h).</p>

MB : matière brute, MS : matière sèche, NPP : nombre le plus probable, NPPUC : nombre le plus probable d'unité cytopathique

Les produits ou les déchets concernés par ce tableau sont traités et normalement hygiénisés. Pour les boues de STEP des dispositions de gestion des risques microbiologiques sont proposées dans la réglementation. Ainsi, l'épandage de produits ou de déchets dans le bon respect des textes réglementaires ne pose normalement pas de problème.

⁷² Règlement européen établissant les règles relatives à la mise sur le marché des fertilisants porteurs du marquage CE et modifiant les règlements (CE) n°1069/2009 et (CE) n°1107/2009.

Annexe 7 : Répartition des articles en fonction de l'agent pathogène et de la matrice

Tableau 12 : répartition des articles en fonction de l'agent pathogène et de la matrice

MATRICE / DANGER	ENSILAGE	FOURRAGE VERT	CEREALES	ALIMENT COMPOSE	COPRODUITS	TOURTEAU X	GRAINES OLEO	FOURRAGE SEC	MULTIPLE	AUTRE	TOTAL
Listeria monocytogenes	27	1			1				8	6	43
Salmonelles	2	5	3	9		2			7	2	30
E coli	9	20		4	4				13	10	60
Campylobacter	1	2		1					6	1	11
Clostridium haemolyticum		1									1
Clostridium botulinum	7	2			1				2	1	13
Clostridium chauvoei		1									1
Clostridium difficile									1		1
Clostridium perfringens									2		2
Clostridies	3							1		3	7
Brucella		3								1	4
Bacillus anthracis		2									2
Bacillus cereus	1	1							2		4
Brachyspira			1								1
Mycobacterium avium	1										1
Mycobacterium bovis		1						1			2
M.paratuberculosis		2									2
Streptococcus suis										1	1
Staphylococcus saprophyticus									1		1
Staphylococcus aureus				1						1	2
PEVD/DEP				1					2	1	4
Bovine coronavirus		1									1
FMD										1	1
BVD (maladie des muq)		3								2	5
BRD (Bovine respiratory V)				1							1
PPC (Hog Cholera)	1										1
PPA									1		1
RHDV (LP hémo)										1	1
Lentivirus		1									1
Toxoplasma gondii		5								4	9
Cysticerose		1								1	2
Neospora		2									2
Nématodes (SL)		2									2
Trichostrongylidae		1									1
Taenia ovis									1		1
Taenia saginata		7		1							8
Cryptosporidium/Giardia multiples	7	14		3	1			2	8	9	44
mycotox/ champi	2			1					5	1	9
TOTAL	61	79	4	22	7	2	0	4	59	47	

Annexe 8 : Répartition des 20 principaux sérotypes de *Salmonella* spp. isolés en France, dans les cas de salmonelloses humaines, entre les années 2000 et 2016 (Weil et al, 2016)

	2000	2005	2010	2015	2016
1	Enteritidis (4656)	Typhimurium (3992)	Typhimurium (3027)	Typhimurium (3288)	Enteritidis (2651)
2	Typhimurium (3800)	Enteritidis (3638)	Enteritidis (1711)	Enteritidis (2696)	Typhimurium (2071)
3	Hadar (787)	Agona (274)	1,4,[5],12:i:- (1098)	1,4,[5],12:i:- (2370)	1,4,[5],12:i:- (1958)
4	Virchow (321)	Infantis (210)	Kentucky (208)	Infantis (224)	Infantis (251)
5	Heidelberg (226)	Typhi (187)	Newport (191)	Derby (215)	Panama (174)
6	Infantis (209)	Derby (158)	Typhi (181)	Newport (171)	Kentucky (170)
7	Brandenburg (187)	Hadar (147)	Derby (167)	Kentucky (169)	Newport (158)
8	Derby (164)	Virchow (142)	Panama (148)	Napoli (149)	Typhi (157)
9	Typhi (152)	Newport (133)	Infantis (128)	Dublin (135)	Dublin (143)
10	Newport (137)	Panama (124)	Napoli (100)	Panama (129)	Chester (113)
				Typhi (129)	Derby (113)
11	Panama (125)	1,4,[5],12:i:- (101)	Dublin (81)		
12	Dublin (105)	Manhattan (95)	Hadar (76)	Chester (113)	Saintpaul (104)
13	Indiana (87)	Napoli (93)	Corvallis (70)	Hadar (79)	Paratyphi B Java (90)
14	Blockley (83)	Indiana (86)	Kottbus (66)	Saintpaul (78)	Napoli (82)
			Virchow (66)		
15	1,4,[5],12:i:- (75)	Brandenburg (82)		IIIa. 48:z4,z23:- (73)	Poona (81)
16	Bredeney (63)	Dublin (73)	Saintpaul (64)	Agona (67)	Hadar (76)
17	Bovismorbificans (58)	Manhattan (62)	Montevideo (61)	Coeln (65)	Weltevreden (73)
18	Livingstone (56)	Worthington (55)	Rissen (60)	Virchow (63)	Agona (68)
19	Montevideo (51)	Kentucky (48)	Bovismorbificans (59)	Rissen (62)	Virchow (60)
20	Agona (50)	Dublin (45)	Brandenburg (56)	Weltevreden (60)	ParatyphiA (58)

Annexe 9 : Classement des triades, pour la matrice « aliments composés »

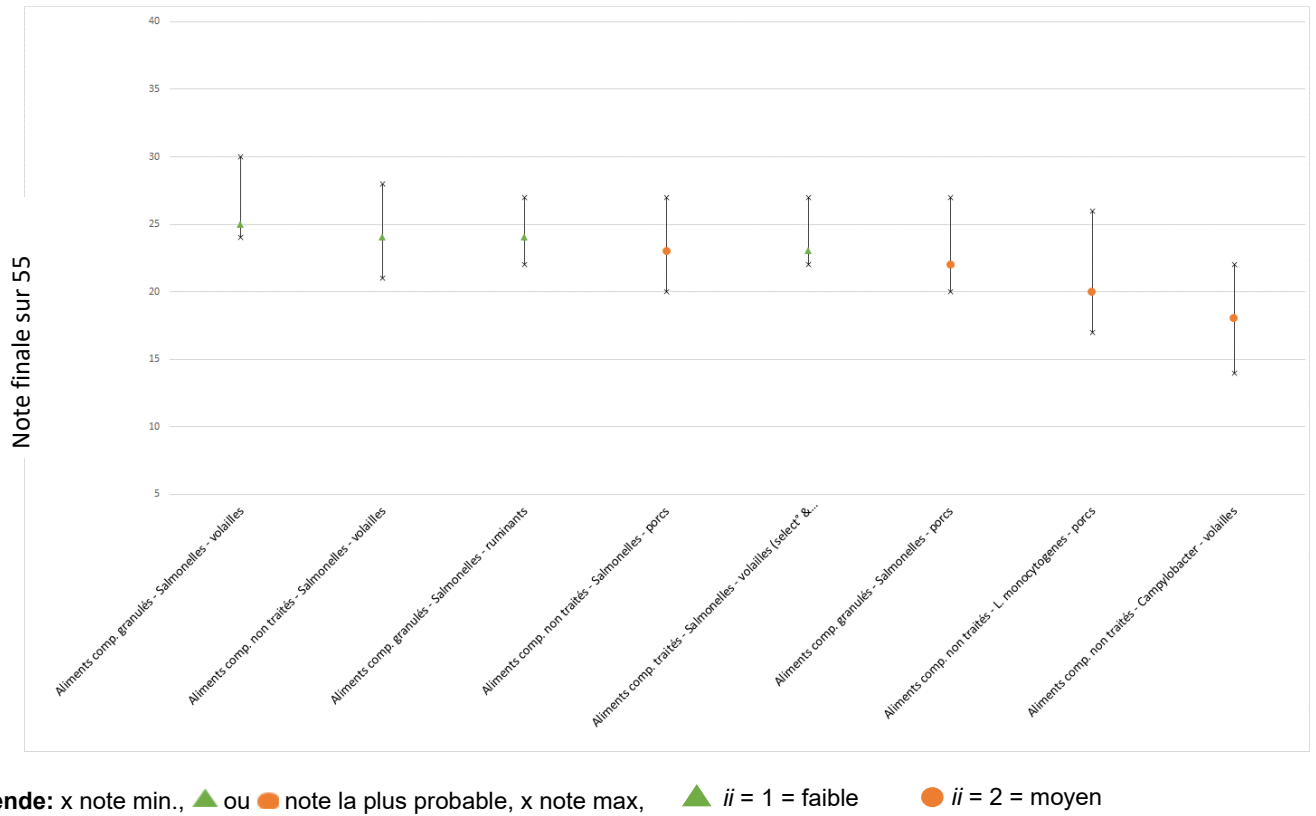


Figure 15 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « aliments composés » (sans pondération)

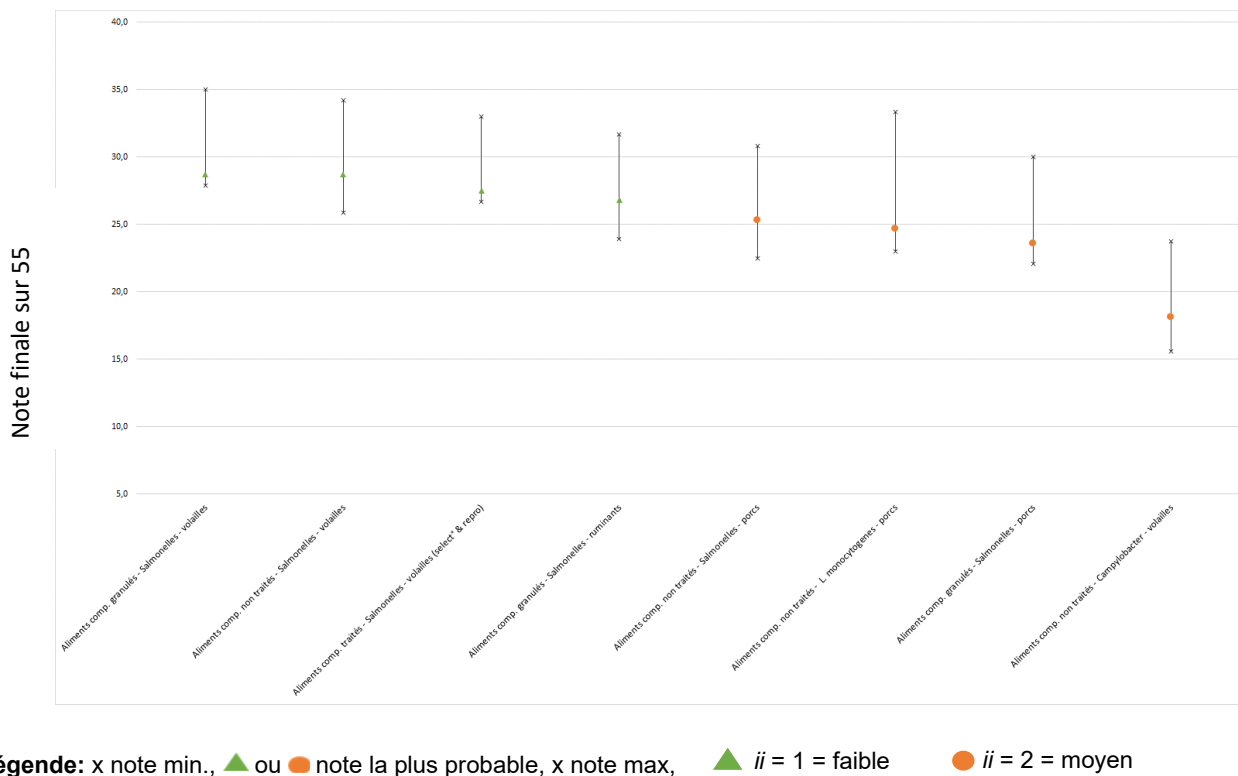


Figure 16 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « aliments composés » (avec la pondération « santé publique »)

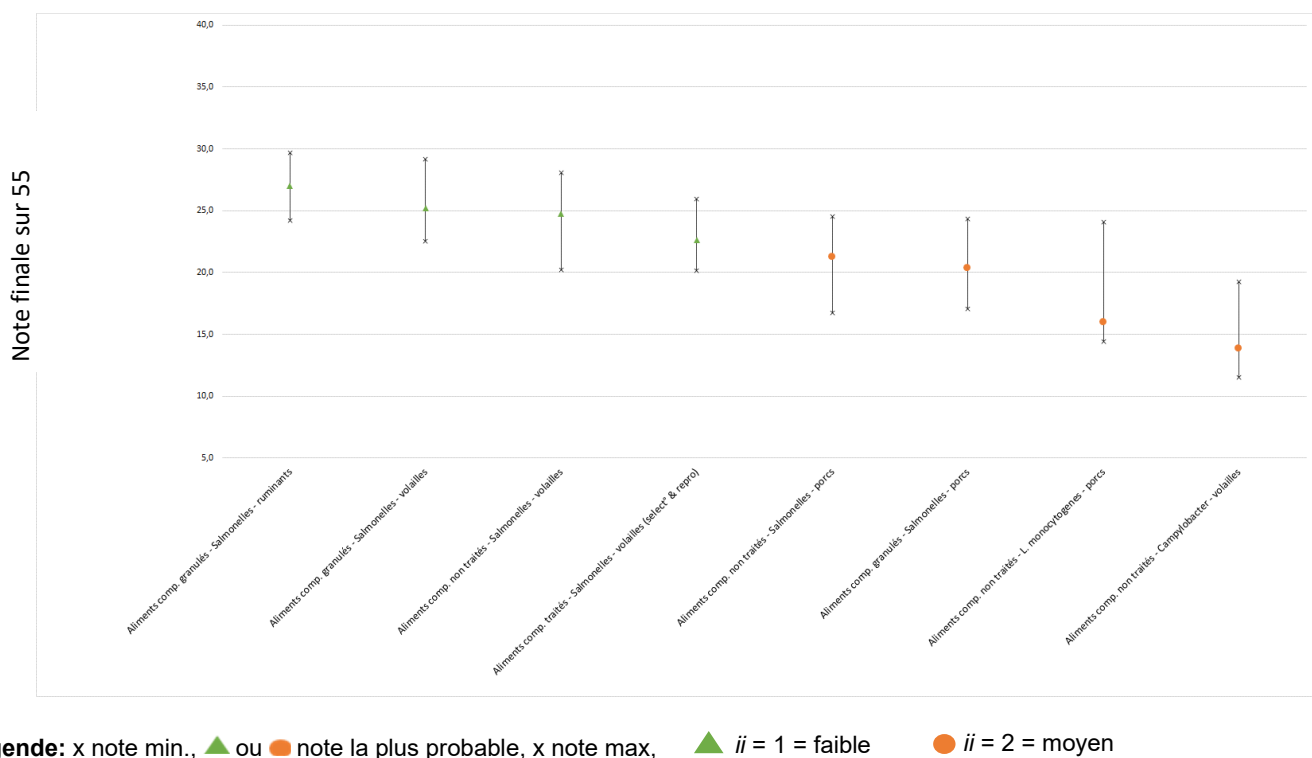
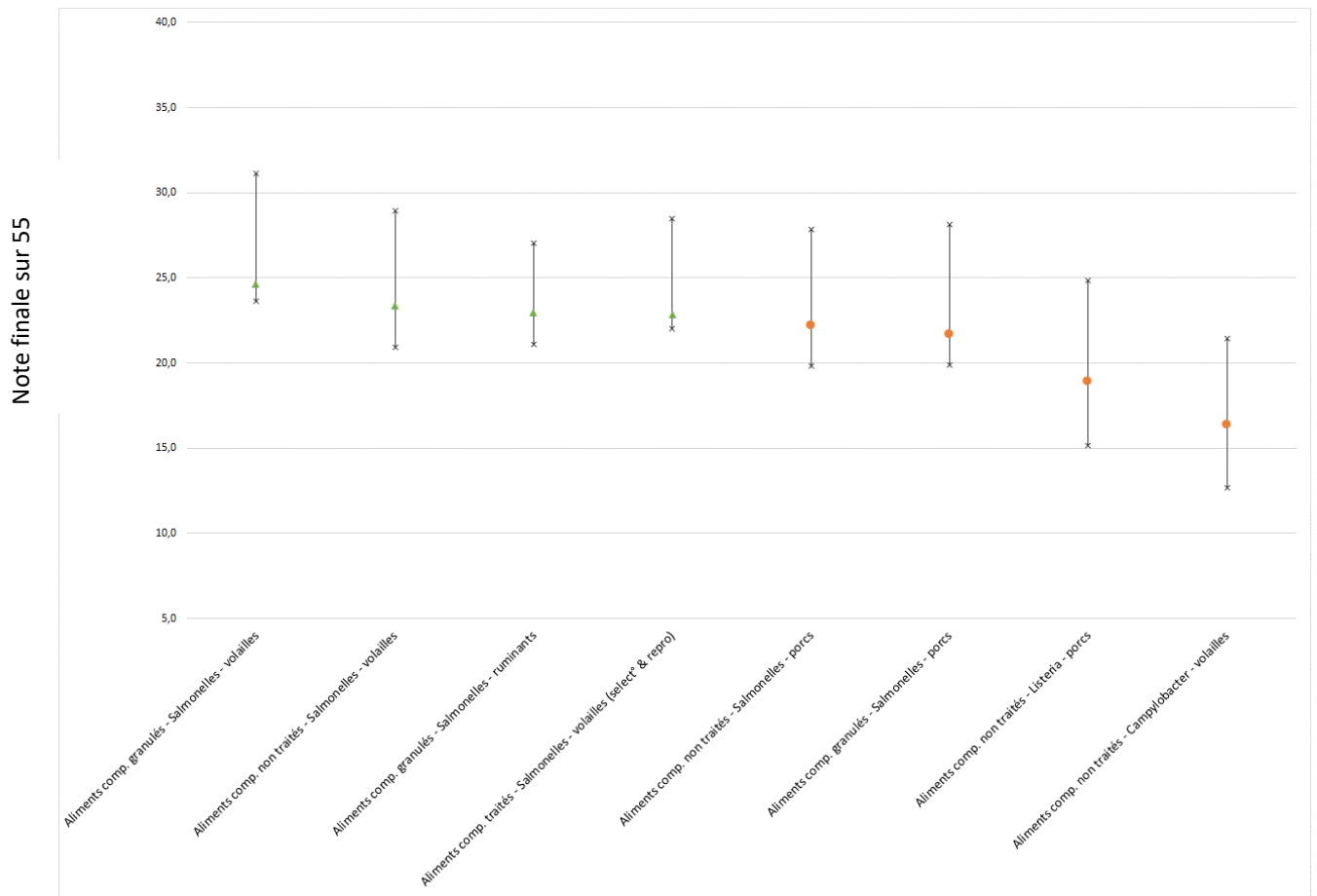


Figure 17 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « aliments composés » (avec la pondération « santé animale »)



Légende: x note min., ▲ ou ● note la plus probable, x note max, ▲ ii = 1 = faible ● ii = 2 = moyen

Figure 18 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « aliments composés » (avec la pondération « environnement »)

Annexe 10 : Classement des triades, pour la matrice « ensilage et enrubannage, bien et mal conduit »

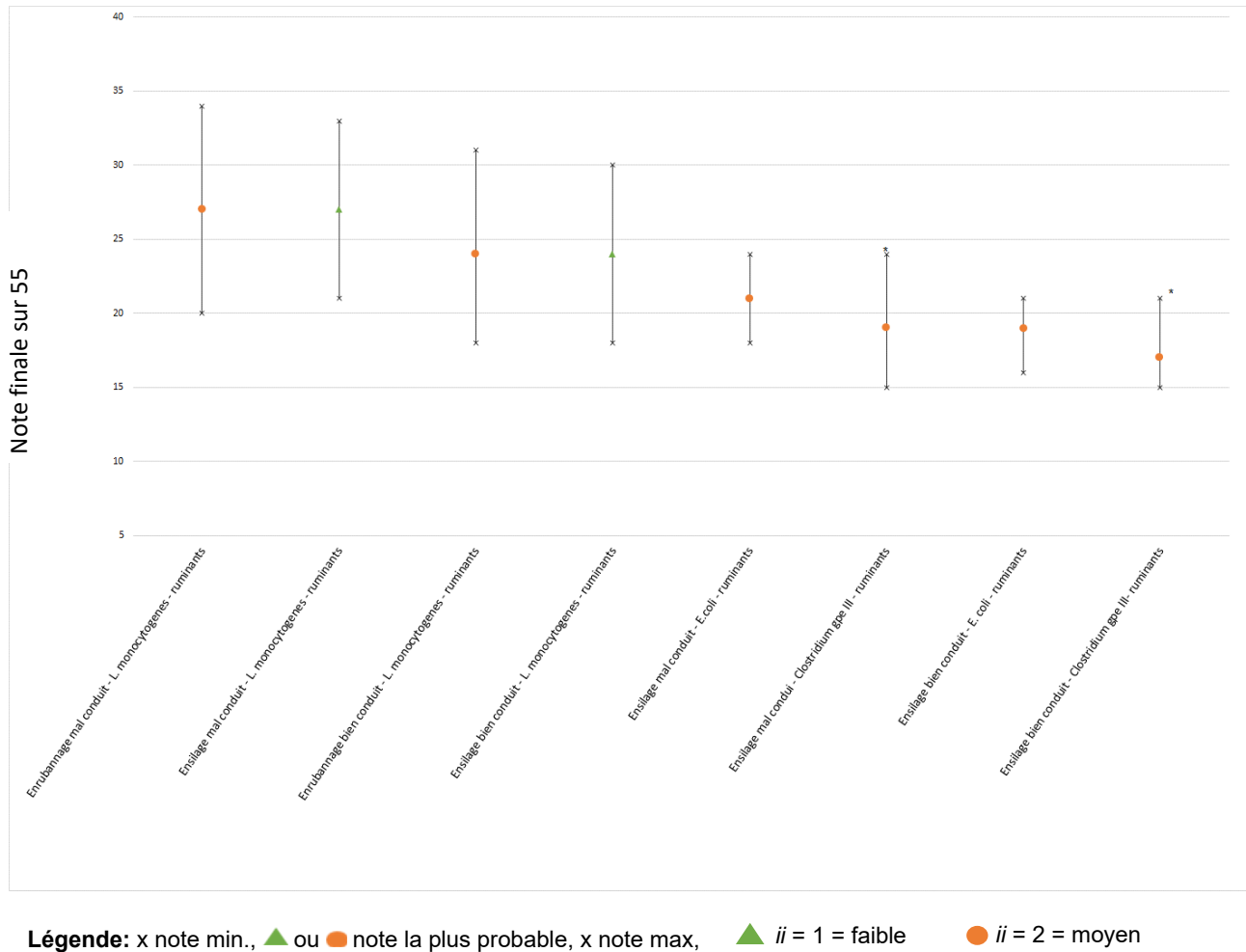


Figure 19 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « ensilage et enrubannage, bien et mal conduit » (sans pondération) (*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1;2)$, la valeur de l' ii modal la plus élevée a été conservée)

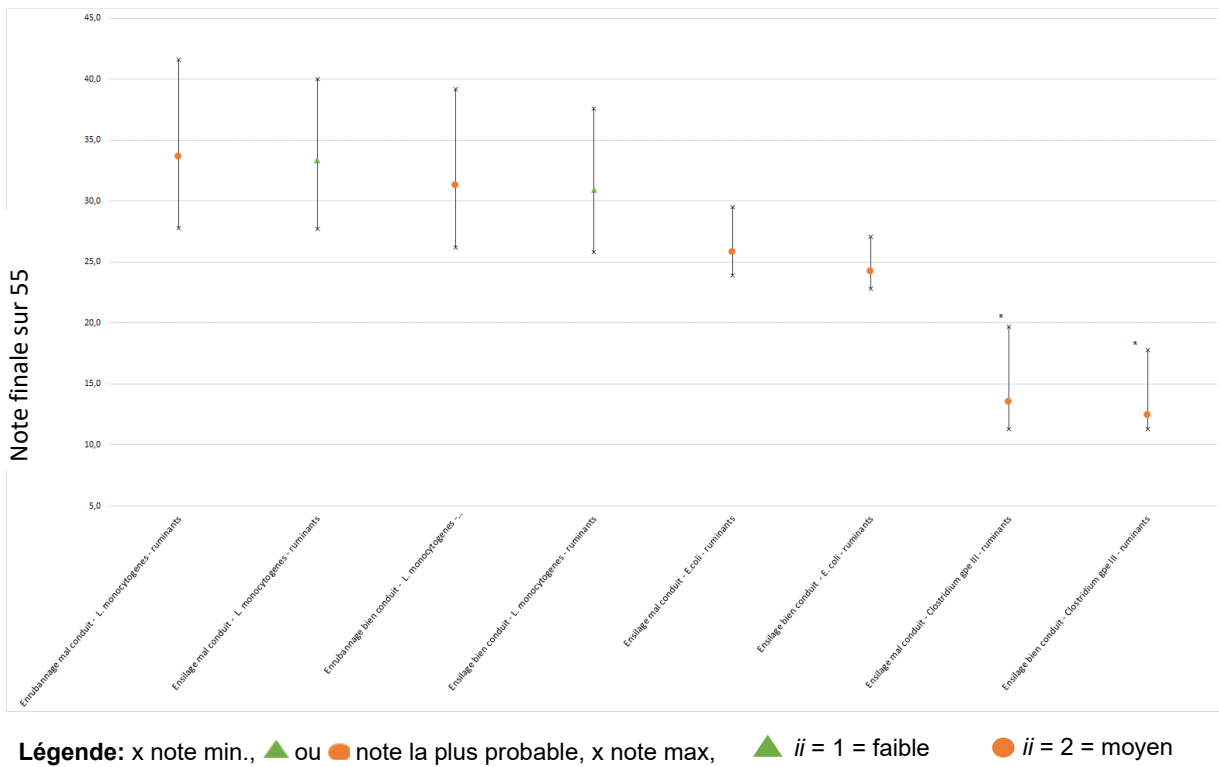


Figure 20 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « ensilage et enrubannage, bien et mal conduit » (avec la pondération « santé publique ») (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ;2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

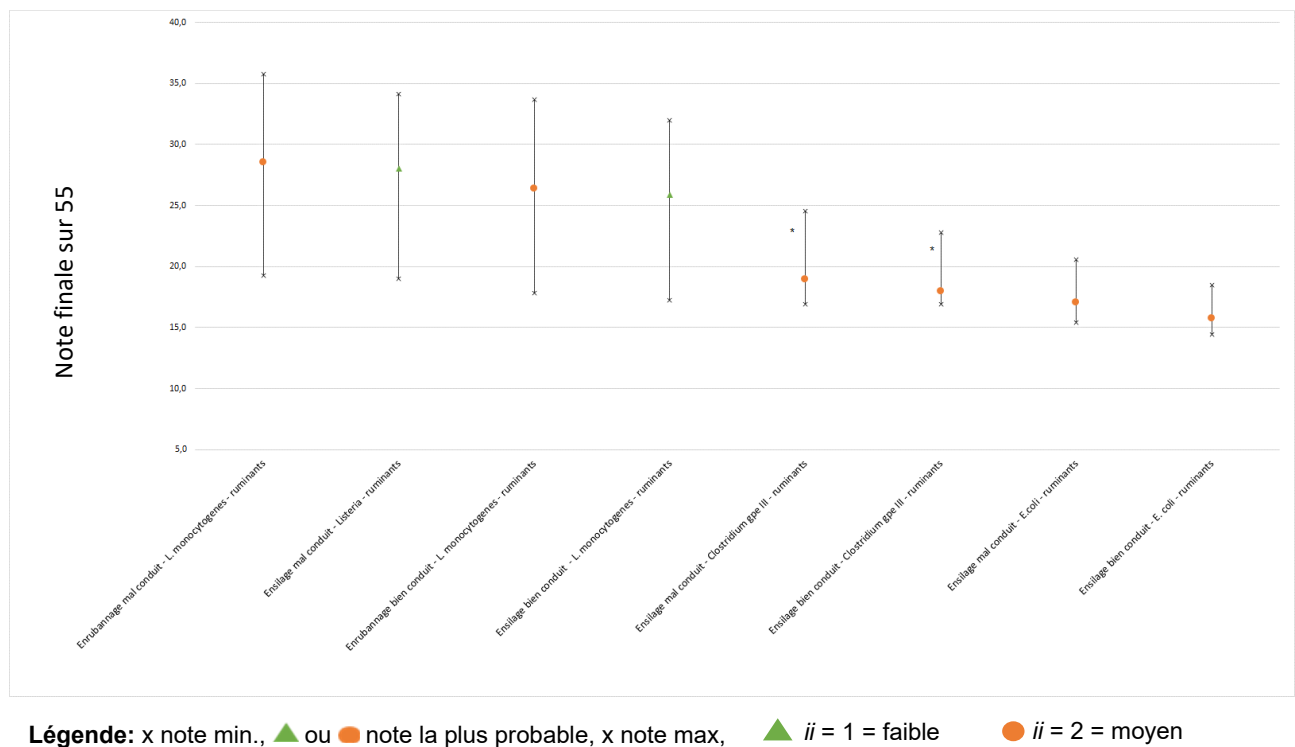


Figure 21 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « ensilage et enrubannage, bien et mal conduit » (avec la pondération « santé animale ») (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ;2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

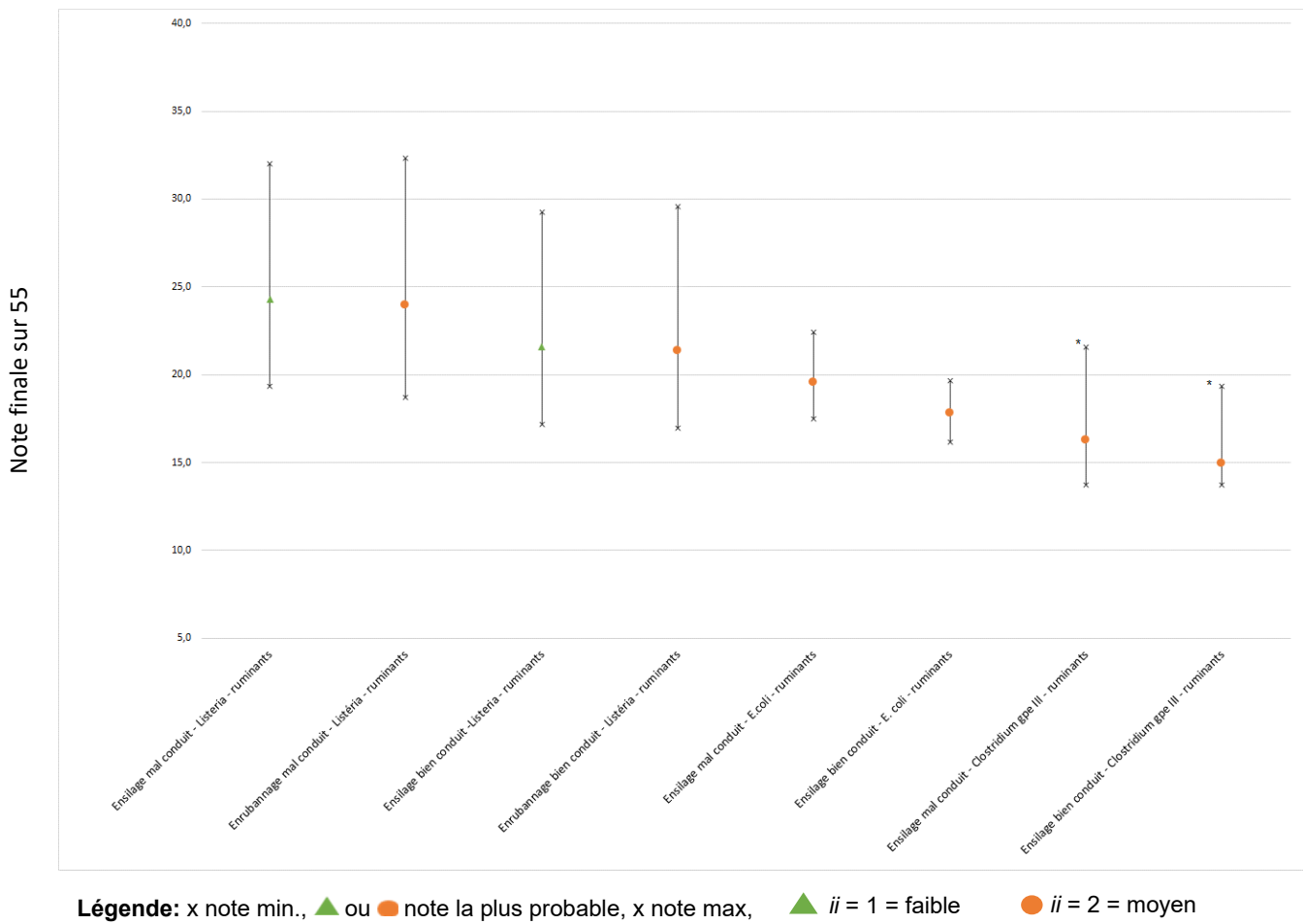


Figure 22 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice «ensilage et enrubannage, bien et mal conduit» (avec la pondération «environnement») (*distribution bimodale des indices d'incertitude *ii*(1 ;2), la valeur de l'*ii* modal la plus élevée a été conservée)

Annexe 11 : Classement des triades, pour la matrice « pâturage et affouragement en vert »

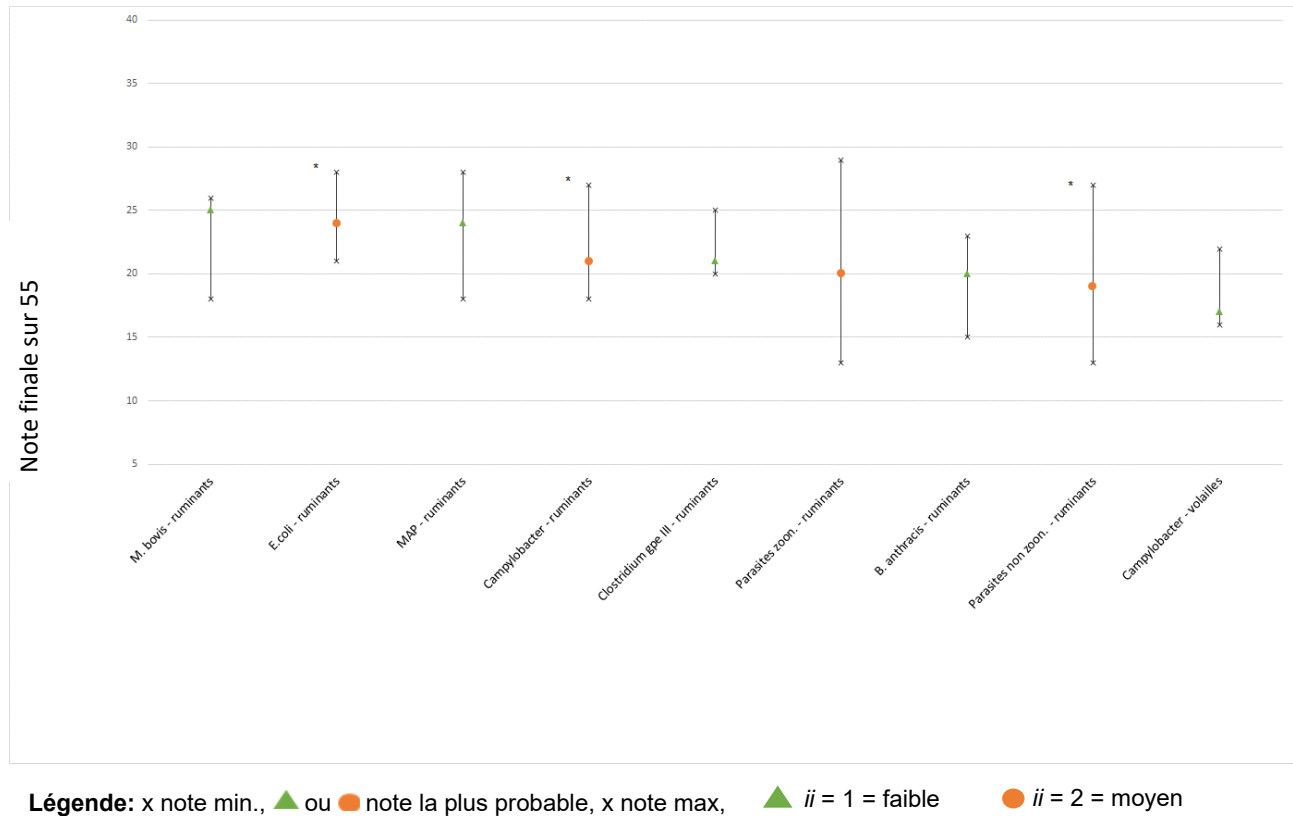


Figure 23 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « pâturage et affouragement en vert » (sans pondération) (*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1;2)$, la valeur de l'*ii* modal la plus élevée a été conservée)

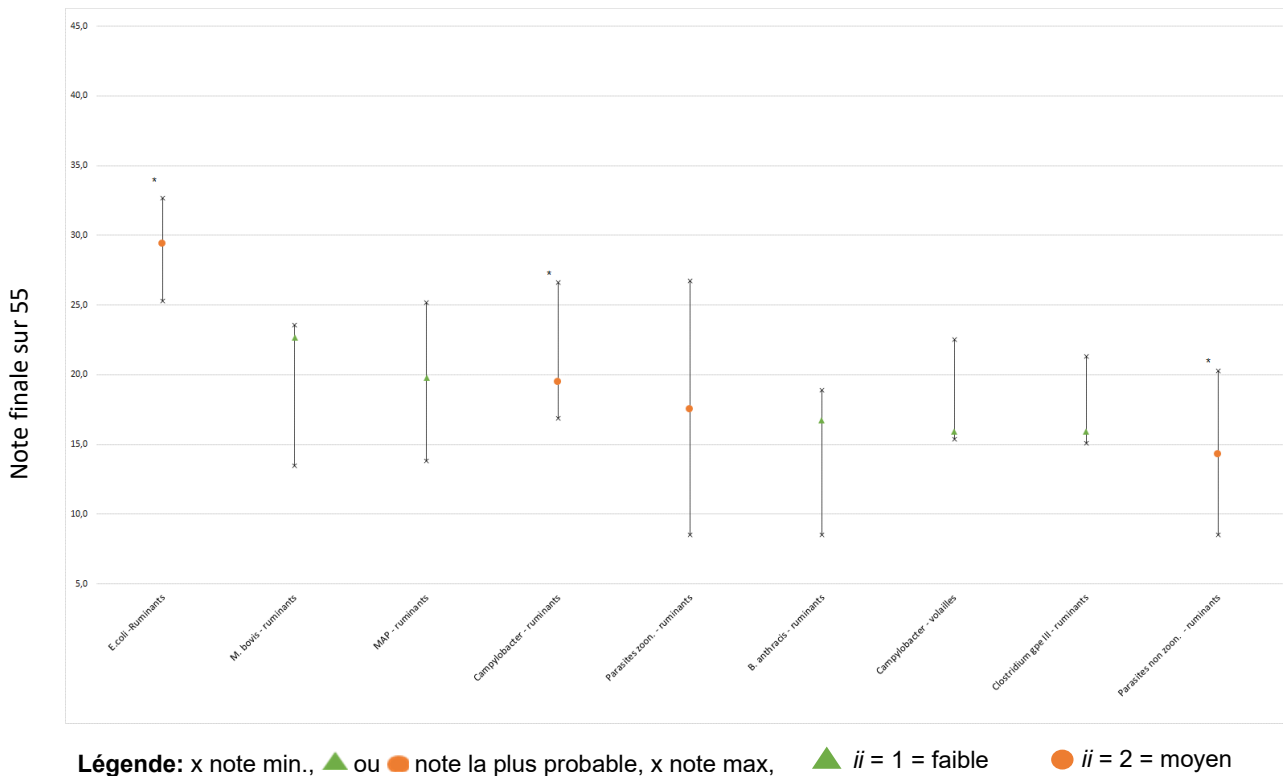


Figure 24 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « pâturage et affouragement en vert » (avec la pondération « santé publique ») (*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

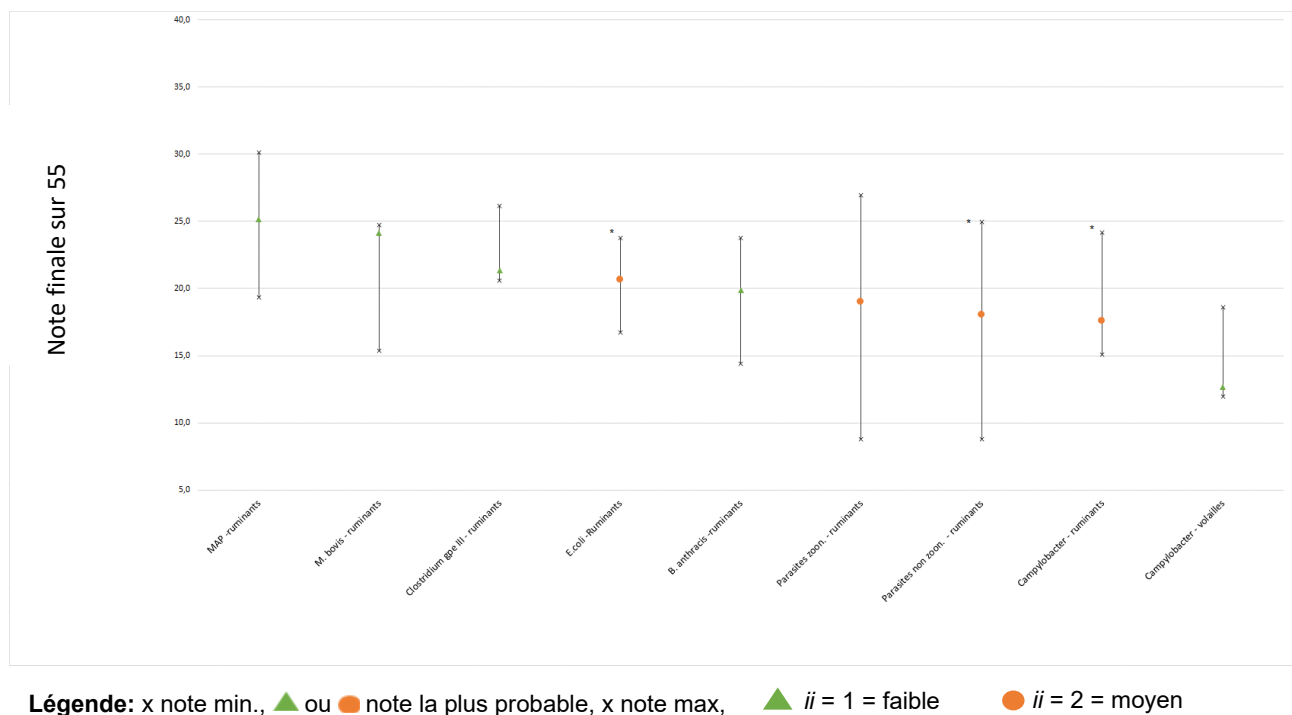


Figure 25 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « pâturage et affouragement en vert » (avec la pondération « santé animale ») (*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

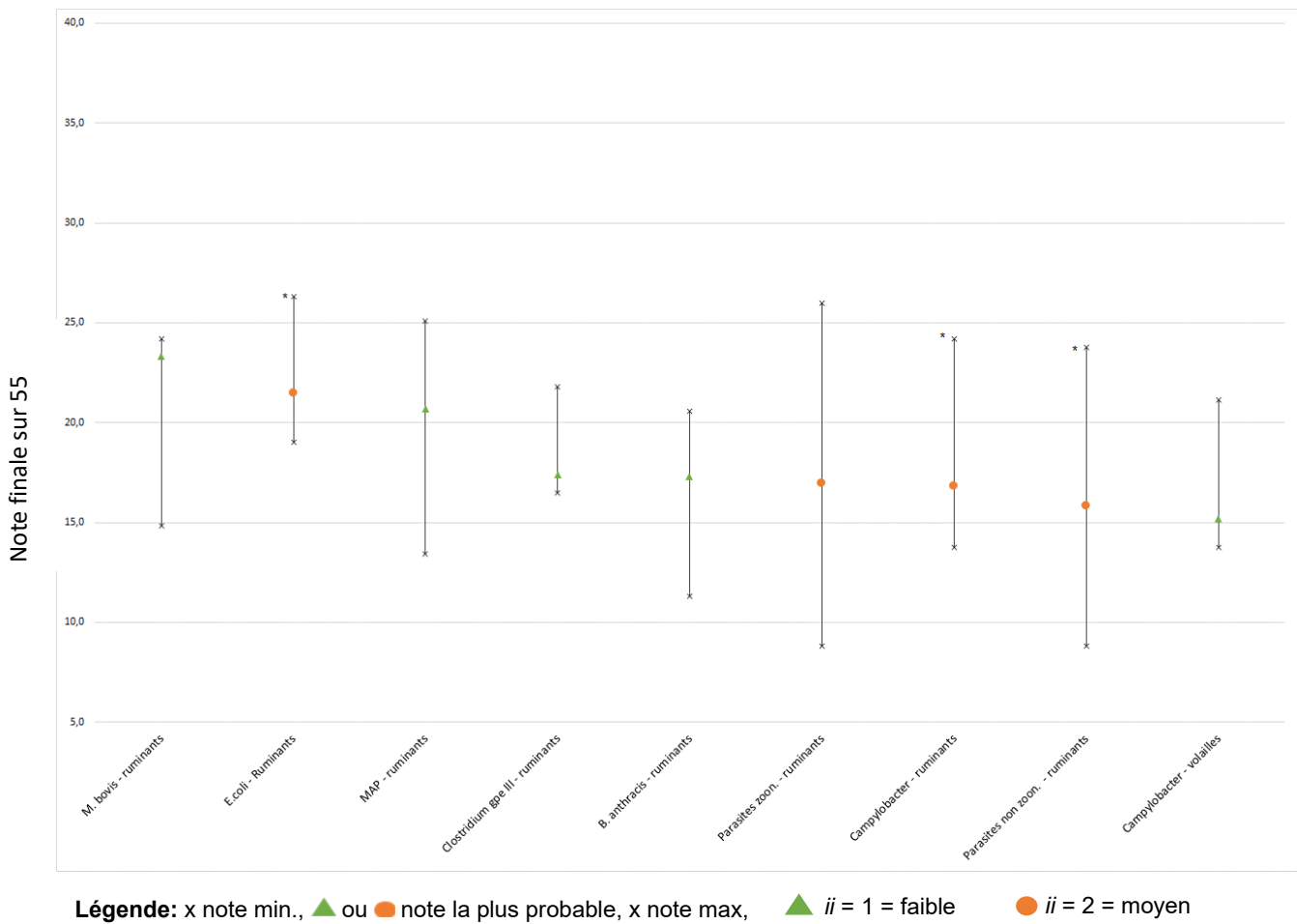
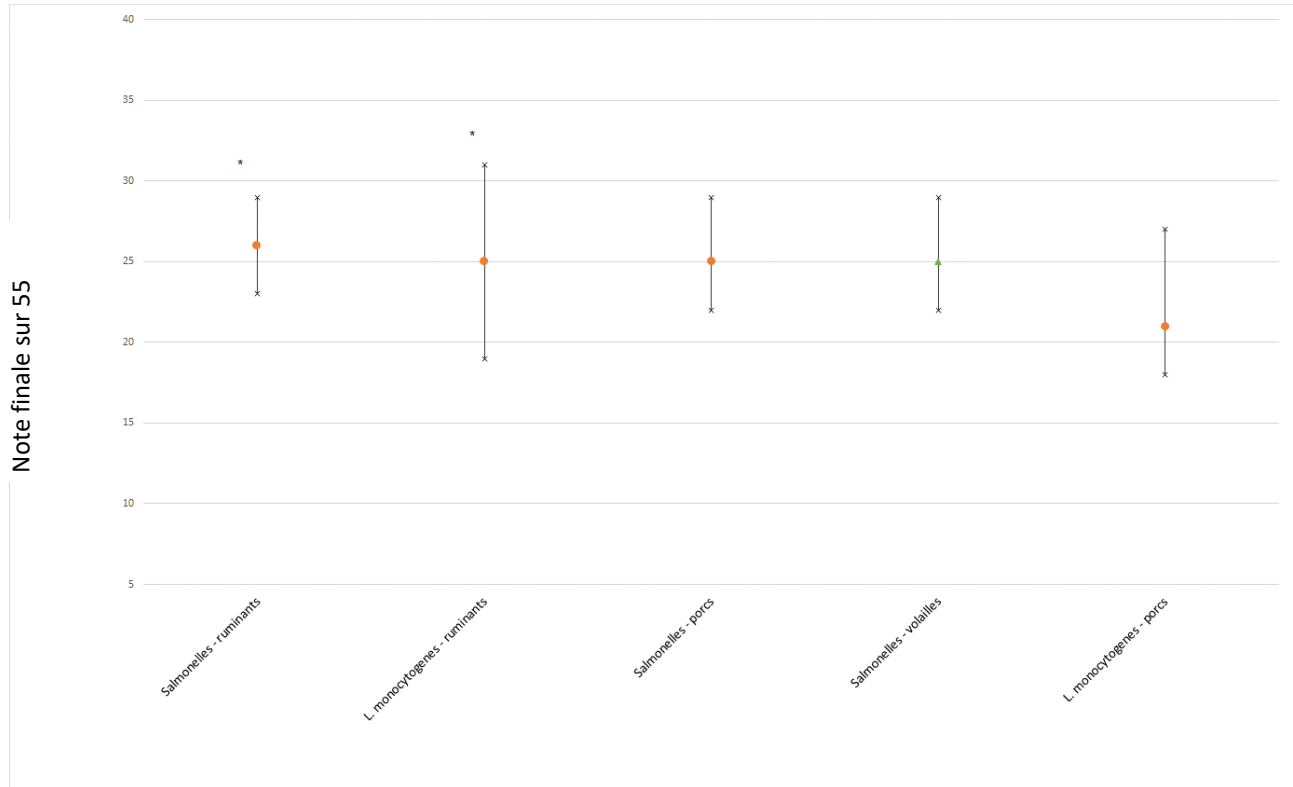


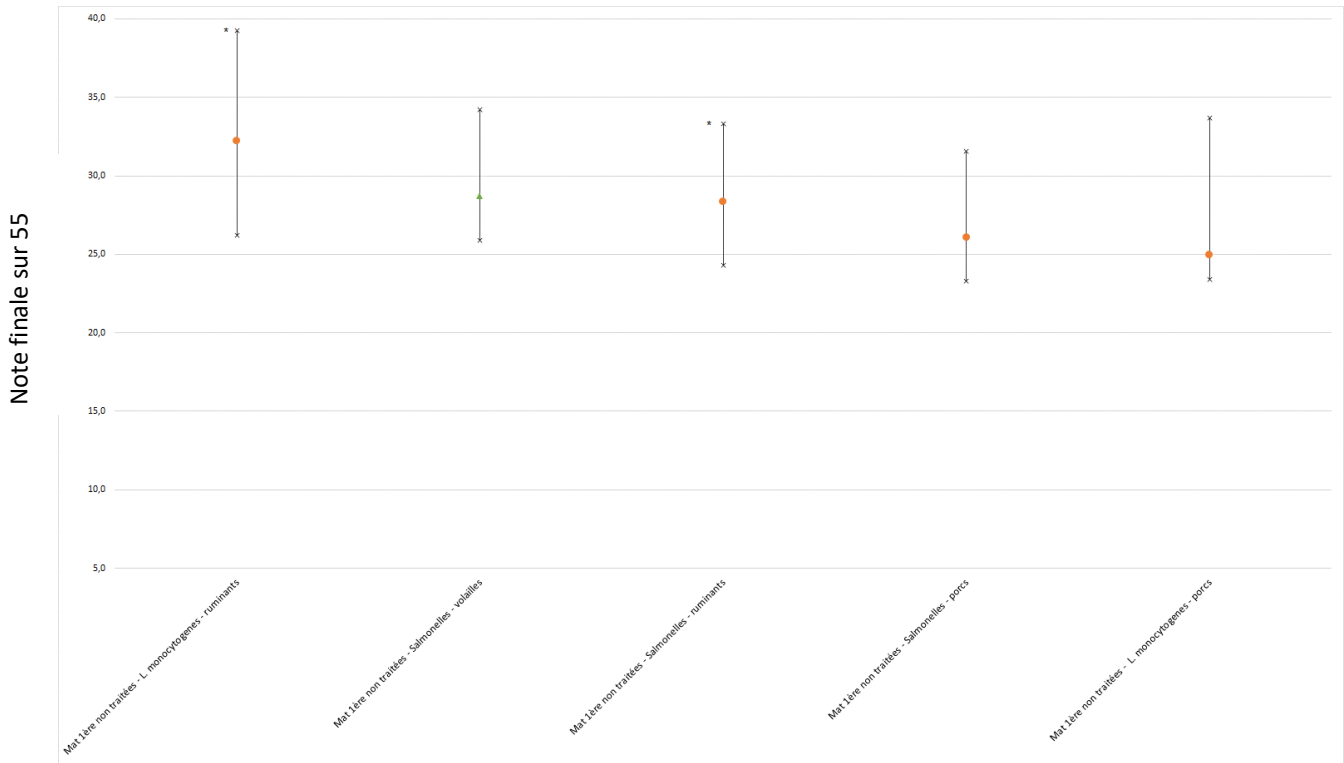
Figure 26 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « pâturage et affouragement en vert » (avec la pondération « environnement ») (*distribution bimodale des indices d'incertitude *ii*(1 ;2), la valeur de l'*ii* modal la plus élevée a été conservée)

Annexe 12: Classement des triades, pour la matrice « matières premières non traitées »



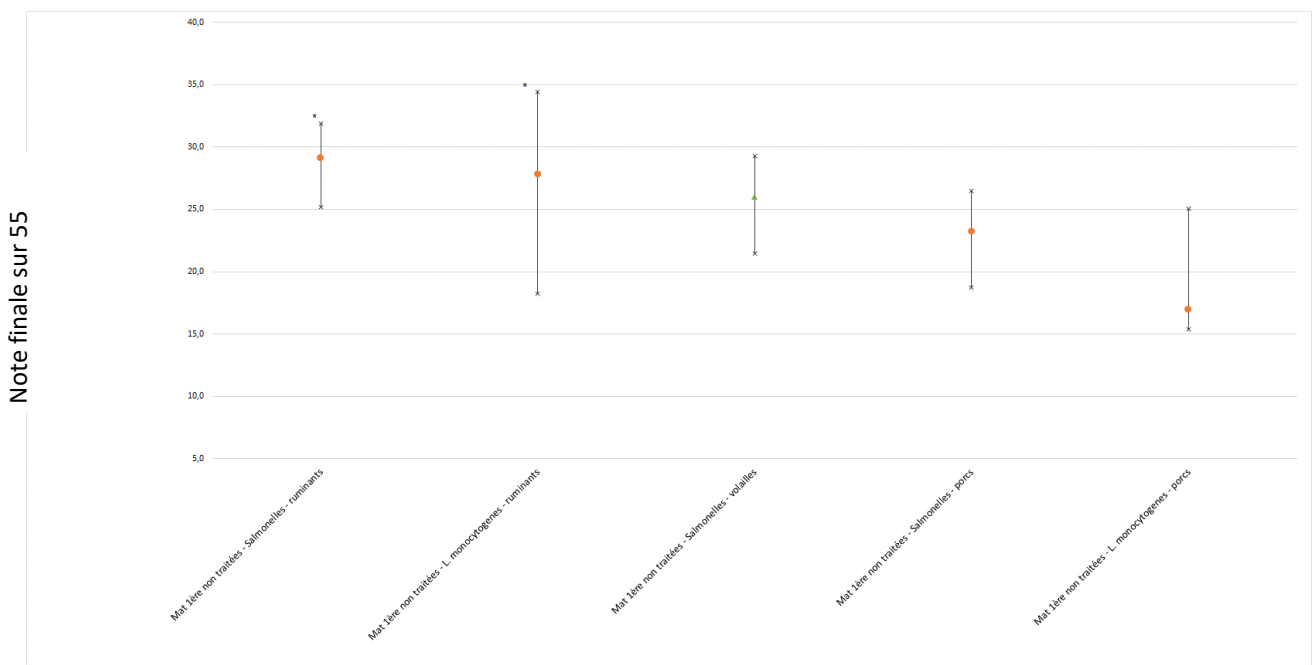
Légende: x note min., ▲ ou ● note la plus probable, x note max, ▲ ii = 1 = faible ● ii = 2 = moyen

Figure 27 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « matières premières non traitées » (sans pondération) (*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1;2)$, la valeur de l' ii modal la plus élevée a été conservée)



Légende: x note min., ▲ ou ● note la plus probable, x note max, ▲ ii = 1 = faible ● ii = 2 = moyen

Figure 28 : Représentation graphique du classement des triades pour la matrice « matières premières non traitées » (avec la pondération « santé publique ») (*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l' ii modal la plus élevée a été conservée)



Légende: x note min., ▲ ou ● note la plus probable, x note max, ▲ ii = 1 = faible ● ii = 2 = moyen

Figure 29 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « matières premières non traitées » (avec la pondération « santé animale ») (*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1 ; 2)$, la valeur de l' ii modal la plus élevée a été conservée)

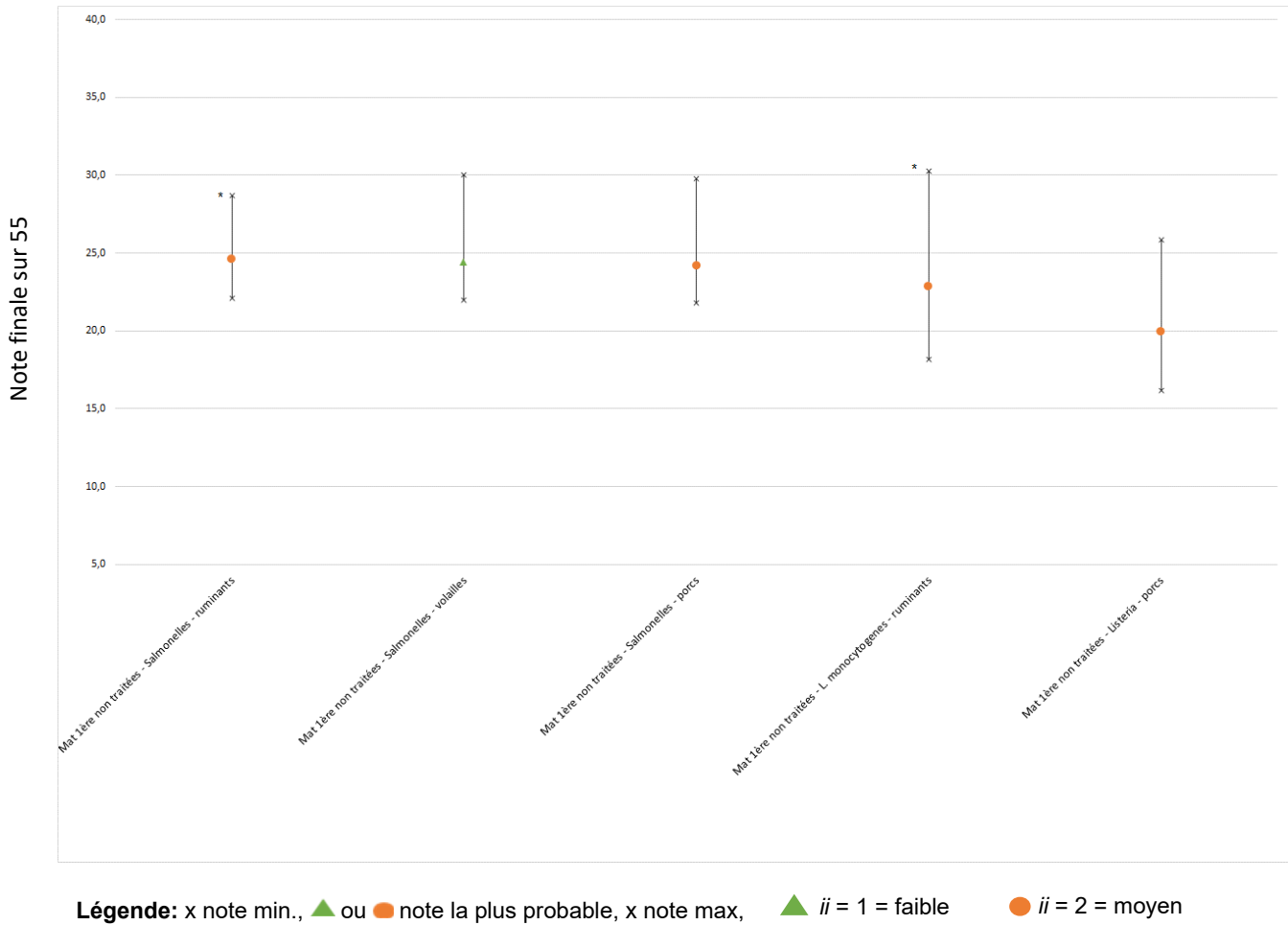


Figure 30 : Représentation graphique du classement des triades avec la matrice « matières premières non traitées » (avec la pondération « environnement ») (*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1;2)$, la valeur de l' ii modal la plus élevée a été conservée)

Annexe 13 : Classement des triades, par filière

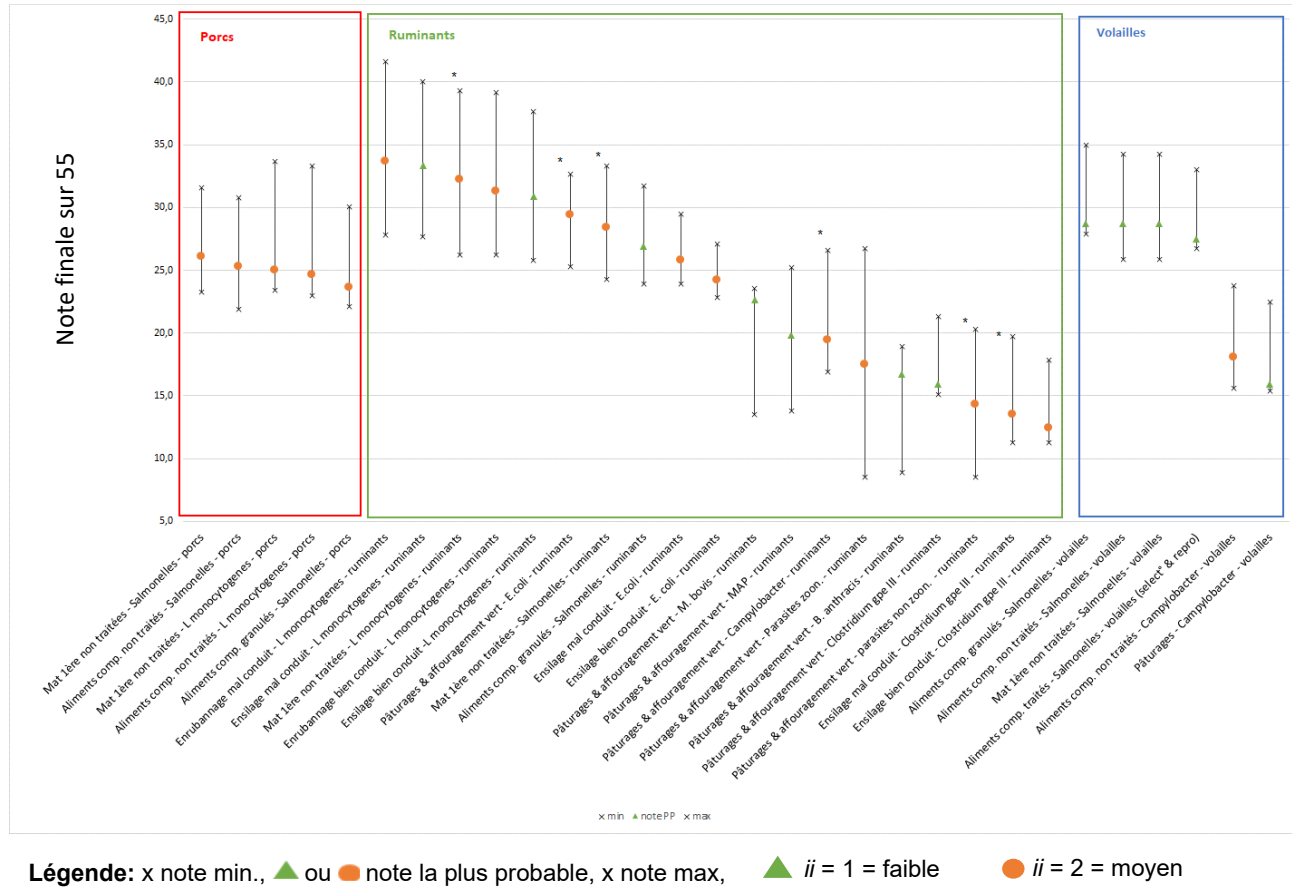
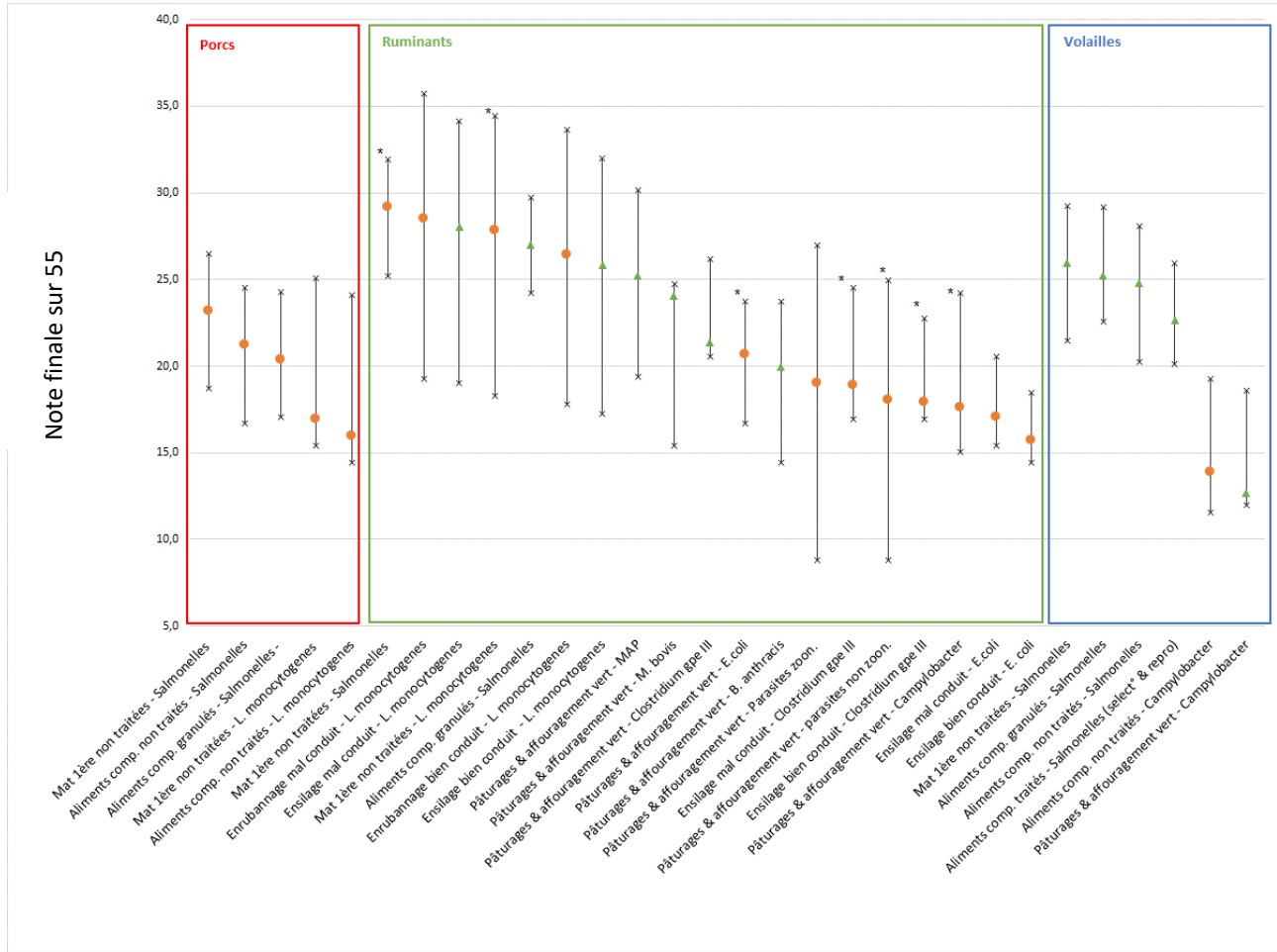
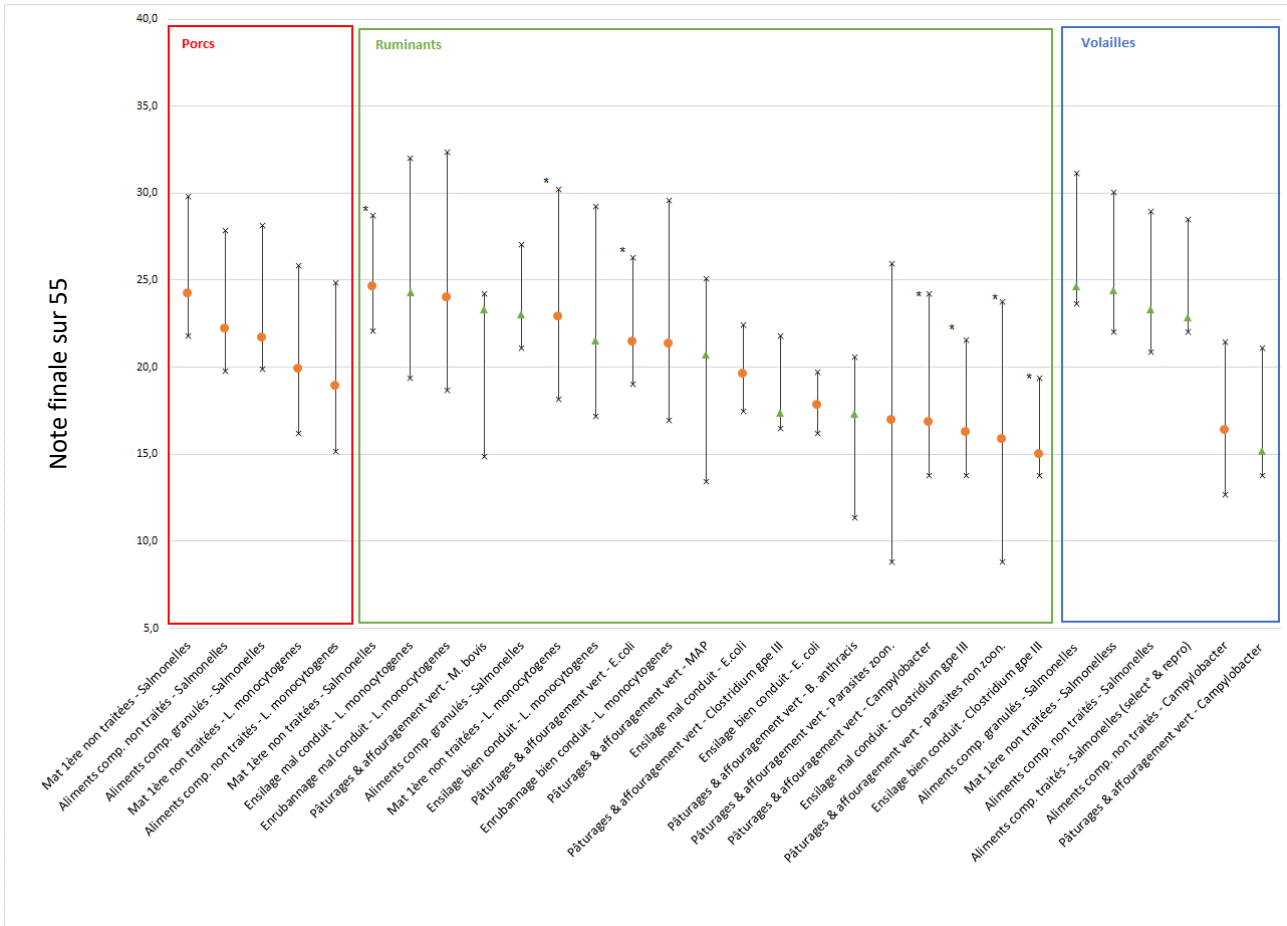


Figure 31 : Représentation graphique du classement des triades par filière, avec la pondération « santé publique » (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ;2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)



Légende: x note min., ▲ ou ● note la plus probable, x note max, ▲ $ii = 1$ = faible ● $ii = 2$ = moyen

Figure 32 : Représentation graphique du classement des triades par filière, avec la pondération « santé animale » (*distribution bimodale des indices d'incertitude $ii(1;2)$, la valeur de l' ii modal la plus élevée a été conservée)



Légende: x note min., ▲ ou ● note la plus probable, x note max, ▲ ii = 1 = faible ● ii = 2 = moyen

Figure 33 : Représentation graphique du classement des triades par filière, avec la pondération « environnement » (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ;2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

Annexe 14 : Classement des 30 triades avec pondération

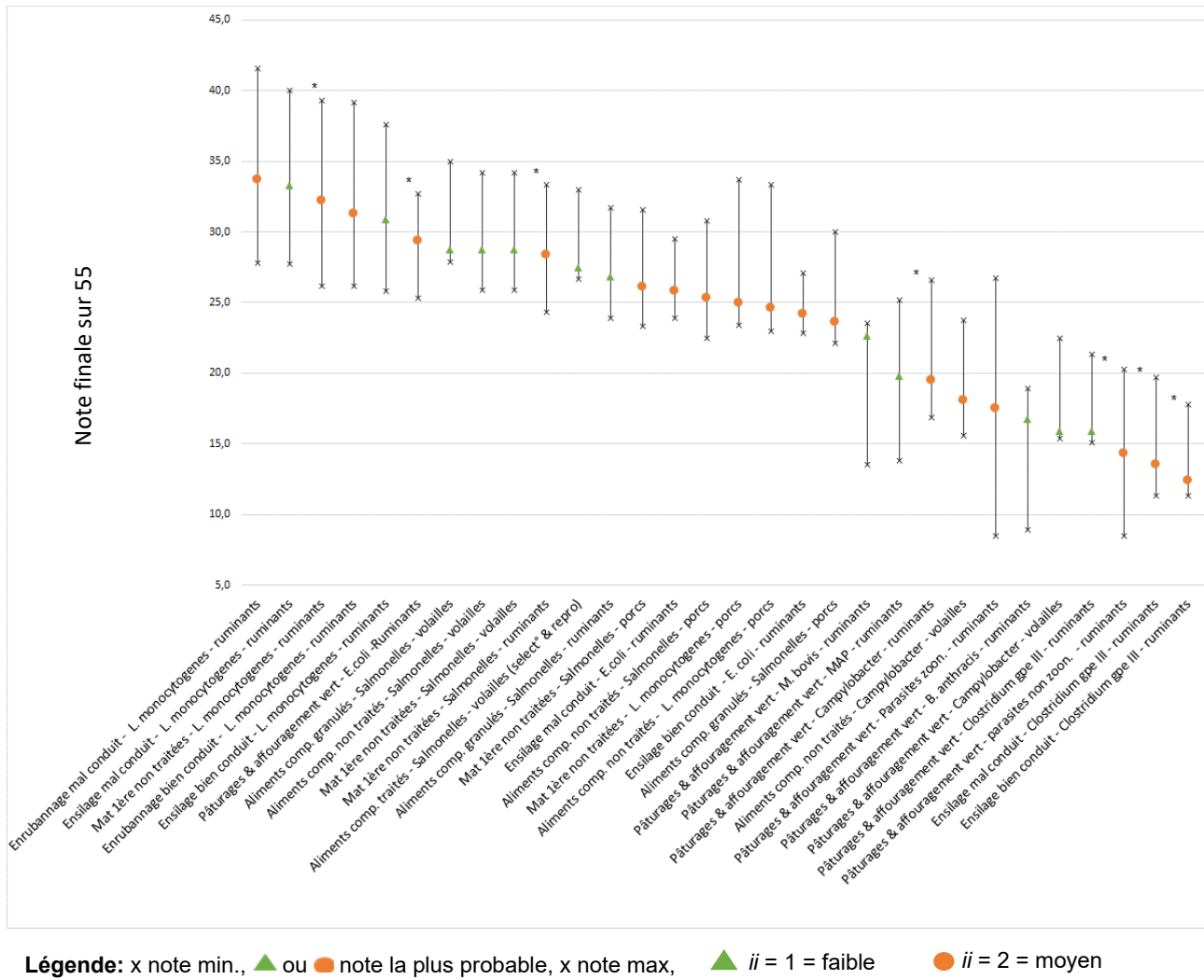


Figure 34 : Représentation graphique du classement des 30 triades avec la pondération « santé publique » (*distribution bimodale des indices d'incertitude ii(1 ;2), la valeur de l'ii modal la plus élevée a été conservée)

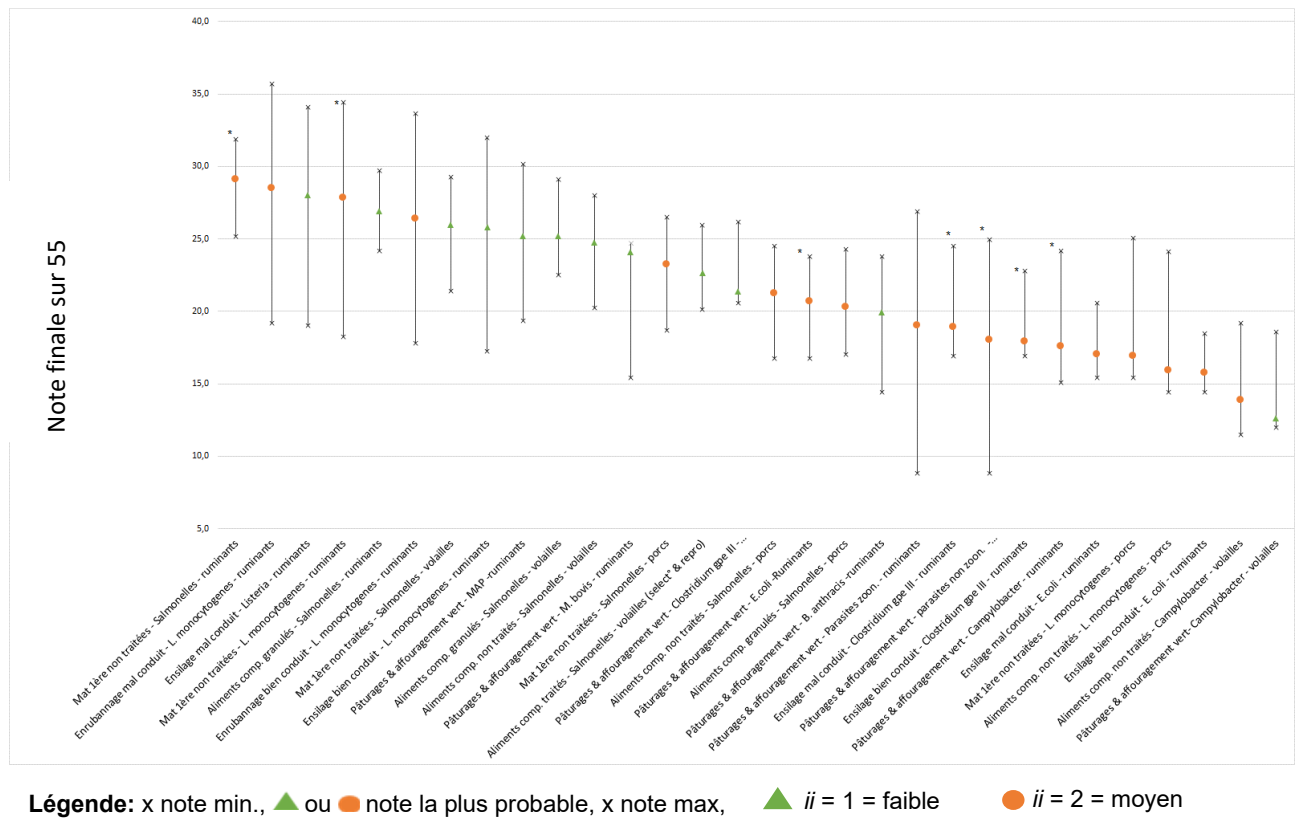


Figure 35 : Représentation graphique du classement des 30 triades avec la pondération « santé animale » (*distribution bimodale des indices d'incertitude *ii*(1 ;2), la valeur de l'*ii* modal la plus élevée a été conservée)

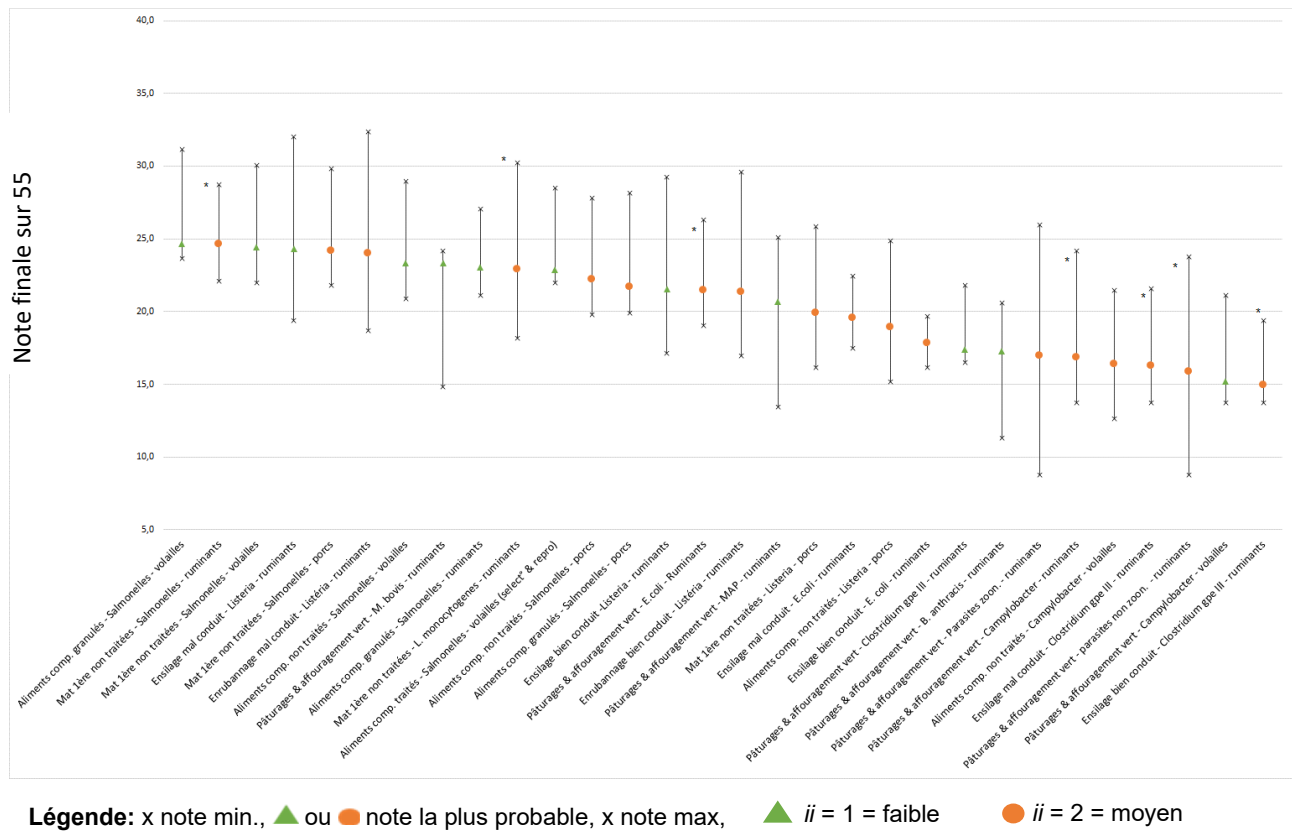


Figure 36 : Représentation graphique du classement des 30 triades avec la pondération « environnement » (*distribution bimodale des indices d'incertitude *ii*(1 ;2), la valeur de l'*ii* modal la plus élevée a été conservée)

Annexe 15 : Analyse de sensibilité pour les 30 triades

Une analyse de sensibilité a été effectuée afin d'évaluer l'importance de chaque critère dans la note finale de la triade et dans son classement final.

Cette analyse permet de mettre en évidence les critères discriminants ou non, c'est-à-dire les critères qui ont une forte influence sur les notes finales et ceux qui ont une moindre influence.

Cette analyse de sensibilité a été réalisée de la manière suivante : le rang initial de chaque triade est obtenu en classant les triades au moyen de la note finale la plus probable sans pondération. Puis, le rang de la triade est recalculé en enlevant chacun des critères, un à un, du calcul de la note finale. Le Tableau 13 permet de visualiser toute modification de rang par le retrait du critère considéré.

Lorsque le rang initial de classement de la triade est modifié de deux places ou moins, le classement effectué sur la base de la note finale est considérée comme assez « robuste ». Lorsque le rang initial de classement de la triade est modifié de plus de deux places (cases grisées dans Tableau 13), le classement effectué sur la base de la note finale est considéré comme influencé de façon importante par ce critère.

Les résultats de cette analyse sont présentés dans le Tableau 13. L'analyse est faite uniquement à partir des résultats du classement établi sans pondération.

En cas d'ordonnement avec des triades *ex aequo*, le GT a choisi (selon la méthode proposée dans la saisine 2017-SA-0250⁷³) d'appliquer la règle suivante : le 1^{er} rang de classement des *ex aequo* est pris en compte. Le rang de classement reprend après le décompte du nombre d'*ex aequo* (exemple : si trois triades sont *ex aequo* à partir du rang 6, elles seront toutes présentées en « 6^{ème} *ex aequo* » et la suite de l'ordonnement reprend au rang 9). Le GT a choisi d'appliquer cette règle pour l'ordonnement « note finale tous critère » et « note finale obtenue après retrait d'un critère ».

Des variations supérieures à deux rangs sont observées pour la plupart des triades après retrait d'un ou plusieurs critères. Les triades pour lesquelles le classement est le moins modifié sont les deux premières triades qui occupent *ex-aequo* le rang 1^{ex}/30 dans le classement initial : « Ensilage mal conduit - *Listeria monocytogenes* – ruminants » et « Enrubannage mal conduit – *Listeria monocytogenes* - ruminants » ainsi que les triades « Matières premières non traitées – *Salmonella* spp. – volailles » (rang initial 4^{ex}/30), « Aliments composés granulés – *Salmonella* spp. – porcs » (rang initial 17/30) et la dernière triade (rang initial 29^{ex}/30) « Ensilage – *Clostridium botulinum* gpe III – ruminants ».

⁷³ Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la hiérarchisation des dangers sanitaires d'intérêt présents ou susceptibles d'être introduits en Guyane chez les ruminants. <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2017SA0250.pdf> (lien consulté le 02/01/2020).

Les triades les plus influencées par le retrait de critère un a un sont : « Affouragement en vert et pâturage – *E. coli* – ruminants » et « Affouragement en vert et pâturage - MAP – ruminants ». Pour ces triades, 9 critères sur les 11 influencent le classement (Tableau 13).

Les critères dont le retrait a le plus d'effet sur le classement sont le C1 (Danger pour l'être humain) et le C4 (Impact du DM sur la santé et le bien-être animal) avec 16 triades sur 30 affectées. Par exemple, la triade « Affouragement en vert et pâturage - *M. bovis* – ruminants » passe du 4^{em} ex au 1^{er} ex rang après retrait du C1 (cela est lié au caractère non zoonotique de ce DM), et la triade « Matières premières non traitées – *Salmonella* spp. – ruminants » passe du 3^{em} au 7^{ème} ex rang après retrait du C4.

Les critères dont le retrait a le moins d'effet sur le classement sont le C10 (Voies d'introduction du DM dans la matrice) avec une seule triade affectée par son retrait et le C6 (Danger pour l'environnement) avec 4 triades affectées, ce qui montre que ces critères sont peu discriminants.

En termes de classement, la triade « Ensilage mal conduit – *Listeria monocytogenes* – ruminants » conserve le 1^{er} rang après retrait des C1, C2, C3, C4, C5, C6, C8, C10 et C11. La triade « Enrubannage mal conduit – *Listeria monocytogenes* - ruminants » 1^{ere} ex-aequo conserve son 1^{er} rang après retrait des C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 et C10. La triade « Matières premières non traitées – *Salmonella* spp. – ruminants » conserve son 3^{em} rang après retrait des C1, C6, C7, C10 et C11, et prend le rang 1^{ex} après retrait des C3, C5, C8, et C9.

Cette analyse de sensibilité reflète également le fait que la réglementation en place permet de mieux maîtriser les salmonelles dans la filière volailles à l'étage sélection et reproduction. En effet, après retrait du C11 (Existence d'outils de gestion), la triade « Aliments traités thermiquement - *Salmonella* spp. - volailles » passe du 15^{em} au 5^{em} rang.

Tableau 13: Analyse de sensibilité des résultats du classement des triades (sans pondération)

	Rang initial	Rang sans C1	Rang sans C2	Rang sans C3	Rang sans C4	Rang sans C5	Rang sans C6	Rang sans C7	Rang sans C8	Rang sans C9	Rang sans C10	Rang sans C11	Nbre de critères pour lesquels le classement de la triade est modifié de plus de deux places
Ensilage mal conduit – <i>L. Monocytogenes</i> - Ruminants	1 ^{ex}	3 ^{ex}	1 ^{ex}	1 ^{ex}	1 ^{ex}	1 ^{ex}	1 ^{ex}	2	1 ^{ex}	6 ^{ex}	1 ^{ex}	1 ^{ex}	1
Enrubannage mal conduit – <i>L. monocytogenes</i> - Ruminants	1 ^{ex}	3 ^{ex}	1 ^{ex}	1 ^{ex}	1 ^{ex}	1 ^{ex}	1 ^{ex}	1	1 ^{ex}	6 ^{ex}	1 ^{ex}	2	1
Matières 1 ^{ere} non traitées - <i>Salmonelles</i> - Ruminants	3	3 ^{ex}	9 ^{ex}	1 ^{ex}	7 ^{ex}	1 ^{ex}	3 ^{ex}	3 ^{ex}	1 ^{ex}	1	3	3 ^{ex}	2
Affouragement en vert et pâturage - <i>M. bovis</i> - Ruminants	4 ^{ex}	1 ^{ex}	3	4	7 ^{ex}	5	10 ^{ex}	7 ^{ex}	10 ^{ex}	6 ^{ex}	4 ^{ex}	5 ^{ex}	5
Matières 1 ^{ere} non traitées - <i>Salmonelles</i> - Volailles	4 ^{ex}	6 ^{ex}	13 ^{ex}	5 ^{ex}	3 ^{ex}	6 ^{ex}	5 ^{ex}	3 ^{ex}	4 ^{ex}	2 ^{ex}	4 ^{ex}	5 ^{ex}	1
Matières 1 ^{ere} non traitées - <i>Salmonelles</i> - Porc	4 ^{ex}	6 ^{ex}	13	5 ^{ex}	3 ^{ex}	1 ^{ex}	5 ^{ex}	7 ^{ex}	4 ^{ex}	2 ^{ex}	4 ^{ex}	5 ^{ex}	3

	Rang initial	Rang sans C1	Rang sans C2	Rang sans C3	Rang sans C4	Rang sans C5	Rang sans C6	Rang sans C7	Rang sans C8	Rang sans C9	Rang sans C10	Rang sans C11	Nbre de critères pour lesquels le classement de la triade est modifié de plus de deux places
Matières 1 ^{ère} non traitées - L. monocytogenes Ruminants	4 ^{ex}	9 ^{ex}	4 ^{ex}	5 ^{ex}	7 ^{ex}	6 ^{ex}	3 ^{ex}	5 ^{ex}	4 ^{ex}	2 ^{ex}	4 ^{ex}	5 ^{ex}	2
Aliments composés granulés - Salmonelles - Volailles	4 ^{ex}	6 ^{ex}	9 ^{ex}	5 ^{ex}	3 ^{ex}	6 ^{ex}	5 ^{ex}	7 ^{ex}	4 ^{ex}	2 ^{ex}	4 ^{ex}	3 ^{ex}	2
Affouragement en vert et pâturage - E Coli - Ruminants	9 ^{ex}	13 ^{ex}	4 ^{ex}	5 ^{ex}	3 ^{ex}	6 ^{ex}	10 ^{ex}	13 ^{ex}	15 ^{ex}	6 ^{ex}	9 ^{ex}	12 ^{ex}	9
Affouragement en vert et pâturage - MAP - Ruminants	9 ^{ex}	1 ^{ex}	4 ^{ex}	5 ^{ex}	15 ^{ex}	6 ^{ex}	10 ^{ex}	13 ^{ex}	15 ^{ex}	14 ^{ex}	9 ^{ex}	12 ^{ex}	9
Ensilage bien conduit - L. monocytogenes - Ruminants	9 ^{ex}	13 ^{ex}	4 ^{ex}	12 ^{ex}	11 ^{ex}	13 ^{ex}	5 ^{ex}	7 ^{ex}	10 ^{ex}	6 ^{ex}	9 ^{ex}	5 ^{ex}	7
Enrubannage bien conduit - L. monocytogenes - Ruminants	9 ^{ex}	13 ^{ex}	4 ^{ex}	12 ^{ex}	11 ^{ex}	13 ^{ex}	5 ^{ex}	5 ^{ex}	10 ^{ex}	6 ^{ex}	9 ^{ex}	12 ^{ex}	8
Aliments composés non traités - Salmonelles - Volailles	9 ^{ex}	9 ^{ex}	9 ^{ex}	12 ^{ex}	7 ^{ex}	13 ^{ex}	10 ^{ex}	7 ^{ex}	8 ^{ex}	6 ^{ex}	9 ^{ex}	12 ^{ex}	4
Aliments composés granulés - Salmonelles - Ruminants	9 ^{ex}	9 ^{ex}	13 ^{ex}	5 ^{ex}	15 ^{ex}	6 ^{ex}	10 ^{ex}	7 ^{ex}	8 ^{ex}	6 ^{ex}	9 ^{ex}	5 ^{ex}	6
Aliments composés non traités - Salmonelles - Porcs	15 ^{ex}	13 ^{ex}	13 ^{ex}	15 ^{ex}	11 ^{ex}	6 ^{ex}	15 ^{ex}	15 ^{ex}	10 ^{ex}	14 ^{ex}	15 ^{ex}	16 ^{ex}	3
Aliments composés traités thermiquement - Salmonelles - Volailles (sélect° et reproduction)	15 ^{ex}	13 ^{ex}	9 ^{ex}	15 ^{ex}	11 ^{ex}	20 ^{ex}	15 ^{ex}	17 ^{ex}	10 ^{ex}	14 ^{ex}	15 ^{ex}	5 ^{ex}	5
Aliments composés granulés - Salmonelles - Porcs	17	18 ^{ex}	19 ^{ex}	18 ^{ex}	15 ^{ex}	13 ^{ex}	17 ^{ex}	15 ^{ex}	15	17	17 ^{ex}	16 ^{ex}	1
Affouragement en vert et pâturage - Campylobacter - Ruminants	18 ^{ex}	18 ^{ex}	19 ^{ex}	18 ^{ex}	20 ^{ex}	13 ^{ex}	17 ^{ex}	19 ^{ex}	21 ^{ex}	18 ^{ex}	19 ^{ex}	19 ^{ex}	2
Affouragement en vert et pâturage - Clostridium gpe III - Ruminants	18 ^{ex}	9 ^{ex}	17 ^{ex}	15 ^{ex}	23 ^{ex}	13 ^{ex}	19 ^{ex}	19 ^{ex}	21 ^{ex}	20 ^{ex}	17 ^{ex}	23 ^{ex}	6
Ensilage mal conduit - E. coli - Ruminants	18 ^{ex}	24 ^{ex}	17 ^{ex}	18 ^{ex}	15 ^{ex}	20 ^{ex}	19 ^{ex}	17 ^{ex}	19 ^{ex}	20 ^{ex}	19 ^{ex}	18	2
Matières 1 ^{ère} non traitées - L. monocytogenes Porcs	18 ^{ex}	24 ^{ex}	19 ^{ex}	18 ^{ex}	15 ^{ex}	13 ^{ex}	19 ^{ex}	19 ^{ex}	18	18 ^{ex}	19 ^{ex}	19 ^{ex}	3
Affouragement en vert et pâturage - B. anthracis - Ruminants	22 ^{ex}	18 ^{ex}	19 ^{ex}	18 ^{ex}	26	20 ^{ex}	22 ^{ex}	22 ^{ex}	23 ^{ex}	25 ^{ex}	19 ^{ex}	19 ^{ex}	7

	Rang initial	Rang sans C1	Rang sans C2	Rang sans C3	Rang sans C4	Rang sans C5	Rang sans C6	Rang sans C7	Rang sans C8	Rang sans C9	Rang sans C10	Rang sans C11	Nbre de critères pour lesquels le classement de la triade est modifié de plus de deux places
Affouragement en vert et pâturage - parasites zoon. - Ruminants	22 ^{ex}	18 ^{ex}	19 ^{ex}	18 ^{ex}	23 ^{ex}	24 ^{ex}	22 ^{ex}	22 ^{ex}	23 ^{ex}	20 ^{ex}	23 ^{ex}	19 ^{ex}	4
Aliments composés non traités - L. monocytogenes - Porcs	22 ^{ex}	27 ^{ex}	19 ^{ex}	24 ^{ex}	20 ^{ex}	20 ^{ex}	22 ^{ex}	22 ^{ex}	19 ^{ex}	20 ^{ex}	23 ^{ex}	23 ^{ex}	3
Affouragement en vert et pâturage - parasites non Zoon. - Ruminants	25 ^{ex}	18 ^{ex}	25 ^{ex}	24 ^{ex}	26 ^{ex}	26 ^{ex}	25 ^{ex}	28 ^{ex}	28	25 ^{ex}	25 ^{ex}	23 ^{ex}	3
Ensilage - E coli - Ruminants	25 ^{ex}	29 ^{ex}	25 ^{ex}	27	22	26 ^{ex}	25 ^{ex}	22 ^{ex}	23 ^{ex}	20 ^{ex}	25 ^{ex}	23 ^{ex}	4
Ensilage mal conduit - Clostridium gpe III - Ruminants	25 ^{ex}	18 ^{ex}	25 ^{ex}	24 ^{ex}	29	24 ^{ex}	25 ^{ex}	22 ^{ex}	23 ^{ex}	28 ^{ex}	25 ^{ex}	23 ^{ex}	4
Aliments composés non traités - Campylobacter - Volailles	28	27 ^{ex}	28	29	23 ^{ex}	26 ^{ex}	25 ^{ex}	28 ^{ex}	23 ^{ex}	27	28 ^{ex}	28 ^{ex}	3
Affouragement en vert et pâturage - Campylobacter - Volailles	29 ^{ex}	29	30	30	26 ^{ex}	29 ^{ex}	29	22 ^{ex}	30	28 ^{ex}	28 ^{ex}	28 ^{ex}	2
Ensilage - Clostridium gpe III - Ruminants	29 ^{ex}	24 ^{ex}	29	28	30	29 ^{ex}	30	30	29	30	28 ^{ex}	28 ^{ex}	1
Nbre de triades pour lesquelles le classement est modifié de plus de deux places par retrait du critère considéré	-	16	13	9	16	13	4	10	10	11	1	10	-

Case grisées, les écarts de plus de deux rangs par rapport au classement initial tous critères

Annexe 16 : Fichiers de notations des 30 triades retenues à partir de l'analyse bibliographique

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C1= Danger pour l'être humain					C2= Nombre de filières atteintes par le DM					C3= Capacité des espèces atteintes à disséminer le DM					C4= Impact du DM sur la santé et le bien être animal						
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude							
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max									
Affouragement en vert et pâturage	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants		4	4	4	peu de cas référencés mais pouvant être graves (SHU enfants de moins de 15 ans)	2	1	1	1				1	2	2	2	en France, prévalence et charge fécale faible (prévalence STECHP<5%, Bibbal et al 2015, et excrétion de STEC 104 à 105 ufc/g de fèces; Fremaux et al 2010)	1	0	0	0	pas d'atteinte clinique	1
	<i>Campylobacter sp.</i>	Ruminants		2	2	3	il est reconnu que la filière bovine (consommation de lait cru) joue un rôle dans les campylobactérioses humaines (le plus souvent entérite aigue mais rarement bactériémie et syndrome de Guillain-Barré) (Anses 2018)	2	2	2	2	ruminants et volailles	1	1	2	3	peu documenté (prévalence dans les matières fécales des vaches laitières de 54 %, Adhikari et al 2004)	3	1	1	2	quelques cas de campylobactériose clinique (avortement), mais bactérie difficile à mettre en évidence donc incertitude sur l'impact réel et probable sous estimation	1		
		Volailles	parcours herbeux	2	2	3	50 à 80% des campylobactérioses en Europe sont attribuées au réservoir "volailles" (EFSA 2011), le plus souvent entérite aigue mais rare bactériémie et syndrome de Guillain-Barré (Anses 2018)	2	2	2	2	ruminants et volailles	1	3	4	4	charge fécale et taux de prévalence importants	1	0	0	1	portage asymptomatique	1		
	<i>Clostridium botulinum</i> groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et B/C	0	0	1	faible sensibilité de l'homme aux types C et D	1	1	1	1	les volailles ne se contaminent pas par l'aliment	1	1	1	2	peu documenté	2	3	3	4	infection peu fréquente mais signes cliniques pouvant être très sévères avec taux de mortalité élevé	1		

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C5= Impact du DM sur la/les filière(s) atteinte(s)					C6= Impact du DM sur l'environnement					C7= Utilisation de la matrice					C8= Faisabilité/facilité de l'échantillonnage et sensibilité de la méthode				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max		
Affouragement en vert et pâturage	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants		2	3	3	retrait-rappel de lots, impact sur la filière OV-CP fromage au lait cru	2	1	1	2	contamination possible de la faune sauvage (notamment des sangliers autour des points d'alimentation)	3	3	4	5	pâturage et affouragement en vert dans toutes les filières mais pas exclusif	1	4	4	4	il existe des méthodes de quadrillage et des normes d'échantillonnage mais cela reste contraignant et interrogation sur la représentativité de l'échantillon (homogène?)	1
	<i>Campylobacter</i> sp.	Ruminants		1	1	1		2	0	0	1	non documenté	3	3	4	5		1	4	4	4	il existe des méthodes de quadrillage et des normes d'échantillonnage mais cela reste contraignant et interrogation sur la représentativité de l'échantillon (homogène?)	1
		Volailles	parcours herbeux	1	1	1	pas de critère microbiologique à l'élevage, pas de retrait de lot, mise en place de surveillance à l'abattoir	2	0	0	1	non documenté	3	1	1	2		1	4	4	4	il existe des méthodes de quadrillage et des normes d'échantillonnage mais cela reste contraignant et interrogation sur la représentativité de l'échantillon (homogène?)	1
	<i>Clostridium botulinum</i> groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	1	1	1	sporadique	1	1	1	1	réservoir tellurique, contamination de l'environnement mais pas forcément liée à l'aliment, possible émergence du fait du réchauffement climatique	2	3	4	5		1	4	4	4	il existe des méthodes de quadrillage et des normes d'échantillonnage mais cela reste contraignant et interrogation sur la représentativité de l'échantillon (homogène?)	1

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C9= Comportement du DM dans la matrice					C10= Voies d'introduction du DM dans la matrice					C11= Existence outils de gestion efficaces concernant le DM et/ou la matrice				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max		
Affouragement en vert et pâturage	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants		1	1	2	différents sérogroupes peuvent persister sur de longues périodes (plusieurs mois) dans les fèces des animaux ou sur les sols (différences de persistance pouvant être dues aux conditions climatiques, à la composition des sols et aux propriétés intrinsèques des souches (Bolton et al 1999 et 2011))	2	2	2	2	animaux d'élevage, épandage, faune sauvage, eau	2	1	2	3	délai d'attente avant remise en pâture d'un autre troupeau (rotation), hygiénisation des épandages	2
	<i>Campylobacter sp.</i>	Ruminants		1	1	1	survie courte (inférieure à une semaine dans fèces déposées sur pâturages, Gilpin et al 2009)	2	2	2	2	animaux d'élevage, épandage, faune sauvage	3	1	2	3	délai d'attente avant remise en pâture d'un autre troupeau (rotation), hygiénisation des épandages et effluents	2
		Volailles	parcours herbeux	1	1	1		2	1	1	1	animaux d'élevage, faune sauvage	3	1	1	2	60 jours d'attente entre 2 bandes	2
	<i>Clostridium botulinum</i> groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	2	2	2	survie à long terme des spores	1	1	1	1	épandage fumier de volailles (Relun et al 2017)et faune sauvage	2	3	3	3	réglementation épandage peu efficace sur les bactéries sporulées	2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	Note min finale sans pondération	Note la plus probable finale sans pondération	Note max finale sans pondération	Indice d'incertitude modal ("sii bimodal)	Note min finale avec "pondération santé publique"	Note la plus probable finale avec "pondération santé publique"	Note max finale avec "pondération santé publique"	Note min finale avec "pondération santé animale"	Note la plus probable finale avec "pondération santé animale"	Note max finale avec "pondération santé animale"	Note min finale avec "pondération environnement"	Note la plus probable finale avec "pondération environnement"	Note max finale avec "pondération environnement"
Affouragement en vert et pâturage	Escherichia coli (STEC)	Ruminants		21,0	24,0	28,0	2*	25,3	29,4	32,7	16,7	20,7	23,8	19,0	21,5	26,3
		Ruminants														
	Campylobacter sp.	Ruminants		18,0	21,0	27,0	2*	16,9	19,5	26,6	15,1	17,6	24,2	13,8	16,8	24,2
		Volailles	parcours herbeux		16,0	17,0	22,0	1	15,4	16,0	22,5	12,0	12,6	18,6	13,7	15,2
	Clostridium botulinum groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	20,0	21,0	25,0	1	15,1	15,9	21,3	20,6	21,3	26,2	16,5	17,4	21,8

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C1= Danger pour l'être humain					C2= Nombre de filières atteintes par le DM					C3= Capacité des espèces atteintes à disséminer le DM					C4= Impact du DM sur la santé et le bien être animal					
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude						
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max								
Affouragement en vert et pâturage	<i>Mycobacterium bovis</i>	Ruminants		0	1	1	quelques cas humains attribuables à <i>M.bovis</i> (Santé Publique France)	2	1	1	1			1	1	2	2	excrétion fécale fréquente	2	1	2	2	infection peu fréquente mais signes cliniques pouvant être très sévères avec taux de mortalité élevé	1
	<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i> (MAP)	Ruminants		0	0	1	suspicion implication dans la maladie de Crohn, mais pas d'informations sur le type de souches (Mc Nees 2015)	3	1	1	1			1	1	2	3	excrétion fécale et transmission pseudo verticale	3	3	3	4	infection peu fréquente mais signes cliniques pouvant être très sévères avec taux de mortalité élevé	1
	<i>Bacillus anthracis</i>	Ruminants		0	1	1	maladie à déclaration obligatoire, signes cliniques sévères mais incidence faible	1	1	1	1			1	1	1	2	lié à la persistance dans les cadavres	1	3	3	4	infection peu fréquente mais signes cliniques pouvant être très sévères avec taux de mortalité élevé	1
	Parasites zoonotiques (<i>Toxoplasma gondii</i> , <i>Cryptosporidium</i> spp, <i>Taenia</i>)	Ruminants	pour <i>Giardia duodenalis</i> , différences entre les souches homme/animal (fiche anses)	0	1	2		2	1	1	3	note la plus probable de 1 car prise en compte essentiellement des ruminants (autres filières atteintes: volailles et porcs)	1	1	1	3	excrétion fécale (variabilité de capacité de survie dans l'environnement)	2	0	2	2			2
	Parasites non zoonotiques (<i>Neospora caninum</i> , coccidies)	Ruminants	seuls les ruminants sont pris en compte car le risque est lié à la matrice pâturage	0	0	0		1	1	1	3	note la plus probable de 1 car prise en compte essentiellement des ruminants (autres filières atteintes: volailles et porcs)	1	1	1	3	excrétion fécale (variabilité de capacité de survie dans l'environnement)	2	0	2	2			2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C5= Impact du DM sur la/les filière(s) atteinte(s)					C6= Impact du DM sur l'environnement					C7= Utilisation de la matrice					C8= Faisabilité/facilité de l'échantillonnage et sensibilité de la méthode				
				Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude				
				Min	la plus probable			Max	Min			la plus probable	Max			Min	la plus probable			Max	Min	la plus probable	Max
Affouragement en vert et pâturage	<i>Mycobacterium bovis</i>	Ruminants		2	3	3	abattage total dans certains élevages	1	1	2	2	contamination occasionnelle de la faune sauvage (sangliers, blaireaux, cerfs)	3	3	4	5	1	4	4	4	il existe des méthodes de quadrillage et des normes d'échantillonnage mais cela reste contraignant et interrogation sur la représentativité de l'échantillon (homogène?)	1	
	<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i> (MAP)	Ruminants		2	3	3	perte de production, plan de surveillance par le GDS	1	0	1	1	Contamination de la faune sauvage non documentée (à partir de la faune domestique) mais théoriquement possible	3	3	4	5	1	4	4	4	il existe des méthodes de quadrillage et des normes d'échantillonnage mais cela reste contraignant et interrogation sur la représentativité de l'échantillon (homogène?)	1	
	<i>Bacillus anthracis</i>			0	1	1	rare	1	0	1	1	aucun cas dans la faune sauvage en France mais cas avérés en Europe du sud, possible émergence liée au réchauffement climatique	2	3	4	5	1	4	4	4		1	
	Parasites zoonotiques (<i>Toxoplasma gondii</i> , <i>Cryptosporidium</i> spp, <i>Taenia</i>)	Ruminants	pour <i>Giardia duodenalis</i> , différences entre les souches homme/animal (fiche anses)	1	2	2	coût des traitements anti-parasitaire, impact sur la production si infestation chronique	2	0	1	1	contamination de la faune sauvage non documentée (à partir de la faune domestique) mais théoriquement possible	3	3	4	5	1	4	4	4	il existe des méthodes de quadrillage et des normes d'échantillonnage mais cela reste contraignant et interrogation sur la représentativité de l'échantillon (homogène?)	1	
	Parasites non zoonotiques (<i>Neospora caninum</i> , coccidies)	Ruminants	seuls les ruminants sont pris en compte car le risque est lié à la matrice pâturage	1	2	2	coût des traitements anti-parasitaire, impact sur la production si infestation chronique	2	0	1	1	contamination de la faune sauvage non documentée (à partir de la faune domestique) mais théoriquement possible	3	3	4	5	1	4	4	4	il existe des méthodes de quadrillage et des normes d'échantillonnage mais cela reste contraignant et interrogation sur la représentativité de l'échantillon (homogène?)	1	

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C9= Comportement du DM dans la matrice					C10= Voies d'introduction du DM dans la matrice					C11= Existence outils de gestion efficaces concernant le DM et/ou la matrice				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max		
Affouragement en vert et pâturage	<i>Mycobacterium bovis</i>	Ruminants		2	2	2	survie à long terme, 14 jours à 6 mois selon les conditions climatiques (Tanner et Michel 1999)	1	2	2	animaux d'élevage, épandage, lombrics, faune sauvage	2	1	2	2	biosécurité faune sauvage, hygiénisation des épandages, délai d'attente	2	
	<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i> (MAP)	Ruminants		1	2	2	survie à long terme, plusieurs mois selon les conditions climatiques	2	2	2	animaux d'élevage, faune sauvage, eau (compte tenu de la survie de la bactérie dans l'environnement)	2	1	2	2	biosécurité, vaccination possible (autorisation DDPP) mais peu utilisée car réaction croisée avec la tuberculose	2	
	<i>Bacillus anthracis</i>			2	2	2		1	1	1	champs "maudits" (cadavres ouverts)	2	0	1	1	équarissage, vaccination, maladie réglementée	2	
	Parasites zoonotiques (<i>Toxoplasma gondii</i> , <i>Cryptosporidium</i> spp, <i>Taenia</i>)	Ruminants	pour <i>Giardia duodenalis</i> , différences entre les souches homme/animal (fiche anses)	0	1	2	oocystes: survie plusieurs mois mais pas de multiplication	1	2	2	2	animaux, faune sauvage, eau, épandage	2	1	1	3	délai d'attente avant remise en pâture d'un autre troupeau (rotation), hygiénisation des épandages, traitements anti-parasitaire, peu d'outils de gestion pour certains parasites	2
	Parasites non zoonotiques (<i>Neospora caninum</i> , coccidies)	Ruminants	seuls les ruminants sont pris en compte car le risque est lié à la matrice pâturage	0	1	2	oocystes: survie plusieurs mois mais pas de multiplication	1	2	2	2	animaux, faune sauvage, eau, épandage	2	1	1	3	délai d'attente avant remise en pâture d'un autre troupeau (rotation), hygiénisation des épandages, traitement anti-parasitaire, peu d'outils de gestion pour certains parasites	2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	Note min finale sans pondération	Note la plus probable finale sans pondération	Note max finale sans pondération	Indice d'incertitude modal ("ii bimodal)	Note min finale avec "pondération santé publique"	Note la plus probable finale avec "pondération santé publique"	Note max finale avec "pondération santé publique"	Note min finale avec "pondération santé animale"	Note la plus probable finale avec "pondération santé animale"	Note max finale avec "pondération santé animale"	Note min finale avec "pondération environnement"	Note la plus probable finale avec "pondération environnement"	Note max finale avec "pondération environnement"
Affouragement en vert et pâturage	<i>Mycobacterium bovis</i>	Ruminants		18,0	25,0	26,0	1	13,5	22,7	23,5	15,4	24,1	24,8	14,9	23,3	24,2
	<i>Mycobacterium avium</i> subsp. paratuberculosis (MAP)	Ruminants		18,0	24,0	28,0	1	13,8	19,8	25,2	19,4	25,2	30,1	13,4	20,7	25,1
	<i>Bacillus anthracis</i>	Ruminants		15,0	20,0	23,0	1	8,9	16,7	18,9	14,4	19,9	23,8	11,3	17,3	20,6
	Parasites zoonotiques (<i>Toxoplasma gondii</i> , <i>Cryptosporidium</i> spp, <i>Taenia</i>)	Ruminants	pour <i>Giardia duodenalis</i> , différences entre les souches homme/animal (fiche anses)	13,0	20,0	29,0	2	8,5	17,5	26,7	8,8	19,0	27,0	8,8	16,9	26,0
	Parasites non zoonotiques (<i>Neospora caninum</i> , coccidies)	Ruminants	seuls les ruminants sont pris en compte car le risque est lié à la matrice pâturage	13,0	19,0	27,0	2*	8,5	14,3	20,3	8,8	18,0	25,0	8,8	15,8	23,8

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C1= Danger pour l'être humain				C2= Nombre de filières atteintes par le DM				C3= Capacité des espèces atteintes à disséminer le DM				C4= Impact du DM sur la santé et le bien être animal							
				Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude				
				Min	la plus probable			Max	Min			la plus probable	Max			Min	la plus probable			Max	Min	la plus probable	Max
Ensilage bien conduit	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants		4	4	4	peu de cas référencés mais pouvant être graves (SHU enfants de moins de 15 ans)	2	1	1	1	bovins (filières viande et fromages au lait cru), ovins et caprins (filières lait cru)	1	2	2	2	en France, prévalence et charge fécale faible	1	0	0	0	pas d'atteinte clinique	1
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		4	4	5	signes cliniques pouvant être graves (méningite, encéphalite ou septicémie) chez les personnes âgées ou immunodéficientes et chez la femme enceinte, 20 à 30% mortalité	1	1	1	1	les porcs ne se contaminent pas par l'aliment	1	3	3	4	excrétion fécale importante et excrétion possible dans le lait	1	0	2	3	atteinte clinique variable, allant du portage asymptomatique à une encéphalite mortelle	1
	<i>Clostridium botulinum</i> groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	0	0	1	faible sensibilité de l'homme aux types C et D	1	1	1	1	les volailles ne se contaminent pas par l'aliment	1	1	1	2	peu documenté	2	3	3	4	infection peu fréquente mais signes cliniques pouvant être très sévères avec taux de mortalité élevé	1

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C5= Impact du DM sur la/les filière(s) atteinte(s)					C6= Impact du DM sur l'environnement					C7= Utilisation de la matrice					C8= Faisabilité/facilité de l'échantillonnage et sensibilité de la méthode				
				Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude				
				Min	la plus probable			Max	Min			la plus probable	Max			Min	la plus probable			Max	Min	la plus probable	Max
Ensilage bien conduit	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants		2	2	3	rappel/retrait de lots , impact sur la filière OV-CP fromage au lait cru (certaines AOP interdisent l'ensilage)	2	1	1	1		3	2	3	4	forte variabilité entre les petits ruminants et les bovins en bâtiment	2	2	3	3	échantillonnage plus facile que dans les pâturages, inspection visuelle possible de cette matrice	2
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		3	4	4	rappel / retrait de lots, atteinte de l'ensemble de la filière lait cru , contrôles réglementaires fréquents sur les denrées alimentaires	2	0	0	1	contamination de la faune sauvage pas documentée mais théoriquement possible	3	2	3	4	forte variabilité entre les petits ruminants et les bovins en bâtiment	2	2	3	3	échantillonnage plus facile que dans les pâturages, inspection visuelle possible de cette matrice	2
	<i>Clostridium botulinum</i> groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	1	1	1	sporadique	1	1	1	1	réservoir tellurique, contamination de l'environnement mais pas forcément liée à l'aliment, possible émergence du fait du réchauffement climatique	3	2	3	4	forte variabilité entre les petits ruminants et les bovins en bâtiment	2	2	3	3	échantillonnage plus facile que dans les pâturages, inspection visuelle possible de cette matrice	2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C9= Comportement du DM dans la matrice				C10= Voies d'introduction du DM dans la matrice				C11= Existence outils de gestion efficaces concernant le DM et/ou la matrice						
				Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude			
				Min	la plus probable			Max	Min			la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max
Ensilage bien conduit	<i>Escherichia coli</i> (STEC)	Ruminants		0	0	0	études expérimentales uniquement (Avery et al 2004, Bach et al 2002, Byrne et al 2002, Pedroso et al 2010)	2	1	2	2	animaux d'élevage, faune sauvage, eau (compte tenu de la survie de la bactérie dans l'environnement), différence selon ensilage maïs ou herbe	3	1	1	1	il existe des moyens de s'assurer que l'ensilage est bien conduit (GBP)	2
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		1	1	2	survit mieux en milieu acide qu' <i>E.coli</i>	1	1	2	2	animaux d'élevage, faune sauvage (rongeurs, oiseaux)	3	1	1	1	il existe des moyens de s'assurer que l'ensilage est bien conduit (GBP)	2
	<i>Clostridium botulinum</i> groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	2	2	2	sporulation, forme de résistance	1	1	1	1	épandage fumier de volailles et faune sauvage	2	1	1	1	il existe des moyens de s'assurer que l'ensilage est bien conduit (GBP)	2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	Note min finale sans pondération	Note la plus probable finale sans pondération	Note max finale sans pondération	Indice d'incertitude modal (*=ii bimodal)	Note min finale avec "pondération santé publique"	Note la plus probable finale avec "pondération santé publique"	Note max finale avec "pondération santé publique"	Note min finale avec "pondération santé animale"	Note la plus probable finale avec "pondération santé animale"	Note max finale avec "pondération santé animale"	Note min finale avec "pondération environnement"	Note la plus probable finale avec "pondération environnement"	Note max finale avec "pondération environnement"
Ensilage bien conduit	Escherichia coli (STEC)	Ruminants		16,0	19,0	21,0	2	22,8	24,2	27,1	14,4	15,7	18,5	16,2	17,8	19,7
	Listeria monocytogenes	Ruminants		18,0	24,0	30,0	1	25,8	30,9	37,6	17,3	25,9	32,0	17,2	21,6	29,3
	Clostridium botulinum groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	15,0	17,0	21,0	2*	11,3	12,4	17,8	16,9	17,9	22,8	13,8	15,0	19,4

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C1= Danger pour l'être humain					C2= Nombre de filières atteintes par le DM					C3= Capacité des espèces atteintes à disséminer le DM					C4= Impact du DM sur la santé et le bien être animal				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude					
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max							
Ensilage mal conduit	<i>Escherichia coli (STEC)</i>	Ruminants	pour cette matrice, beaucoup de publications avec inoculation expérimentale	4	4	4	peu de cas référencés mais pouvant être graves (SHU enfants de moins de 15 ans)	2	1	1	1	bovins (filières viande et fromages au lait cru), ovins et caprins (filières lait cru)	1	2	2	2	en France, prévalence et charge fécale faible	1	0	0	0	pas d'atteinte clinique	1
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		4	4	5	signes cliniques pouvant être graves (méningite, encéphalite ou septicémie) chez les personnes âgées ou immunodéficientes et chez la femme enceinte, 20 à 30% mortalité	1	1	1	1	les porcs ne se contaminent pas par l'aliment	1	3	3	4	excrétion fécale importante et excrétion possible dans le lait	1	0	2	3	atteinte clinique variable, allant du portage asymptomatique à une encéphalite mortelle	1
	<i>Clostridium botulinum</i> groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	0	0	1	faible sensibilité de l'homme aux types C et D	1	1	1	1	les volailles ne se contaminent pas par l'aliment	1	1	1	2	peu documenté	2	3	3	4	infection peu fréquente mais signes cliniques pouvant être très sévères avec taux de mortalité élevé	1
Enrubannage bien conduit	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		4	4	5	signes cliniques pouvant être graves (méningite, encéphalite ou septicémie) chez les personnes âgées ou immunodéficientes et chez la femme enceinte, 20 à 30% mortalité	1	1	1	1		1	3	3	4	excrétion fécale importante et excrétion possible dans le lait	1	0	2	3	atteinte clinique variable, allant du portage asymptomatique à une encéphalite mortelle	1
Enrubannage mal conduit	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		4	4	5	signes cliniques pouvant être graves (méningite, encéphalite ou septicémie) chez les personnes âgées ou immunodéficientes et chez la femme enceinte, 20 à 30% mortalité	1	1	1	1		1	3	3	4	excrétion fécale importante et excrétion possible dans le lait	1	0	2	3	atteinte clinique variable, allant du portage asymptomatique à une encéphalite mortelle	1

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C5= Impact du DM sur la/les filière(s) atteinte(s)				C6= Impact du DM sur l'environnement				C7= Utilisation de la matrice				C8= Faisabilité/facilité de l'échantillonnage et sensibilité de la méthode							
				Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude				
				Min	la plus probable			Max	Min			la plus probable	Max			Min	la plus probable			Max	Min	la plus probable	Max
Ensilage mal conduit	<i>Escherichia coli (STEC)</i>	Ruminants	pour cette matrice, beaucoup de publications avec inoculation expérimentale	2	2	3	rappel/retrait de lots, impact sur la filière OV-CP fromage au lait cru (certaines AOP interdisent l'ensilage)	2	1	1	1	contamination possible de la faune sauvage	3	2	3	4	forte variabilité entre les petits ruminants et les bovins en bâtiment	2	2	3	3	échantillonnage plus facile que dans les pâturages, inspection visuelle possible de cette matrice	2
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		3	4	4	rappel / retrait de lots, atteinte de l'ensemble de la filière lait cru, contrôles réglementaires fréquents sur les denrées alimentaires	2	0	0	1	contamination de la faune sauvage non documentée mais théoriquement possible	3	2	3	4	forte variabilité entre les petits ruminants et les bovins en bâtiment	2	2	3	3	échantillonnage plus facile que dans les pâturages, inspection visuelle possible de cette matrice	2
	<i>Clostridium botulinum</i> groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	1	1	1	sporadique	1	1	1	1	réservoir tellurique, contamination de l'environnement mais pas forcément liée à l'aliment, possible émergence du fait du réchauffement climatique	3	2	3	4	forte variabilité entre les petits ruminants et les bovins en bâtiment	2	2	3	3	échantillonnage plus facile que dans les pâturages, inspection visuelle possible de cette matrice	2
Enrubannage bien conduit	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		3	4	4	rappel / retrait de lots, atteinte de l'ensemble de la filière lait cru, contrôles réglementaires fréquents sur les denrées alimentaires	2	0	0	1	contamination de la faune sauvage pas documentée mais théoriquement possible	3	1	2	3		2	2	3	3	échantillonnage plus facile que dans les pâturages, inspection visuelle possible de cette matrice	2
Enrubannage mal conduit	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		3	4	4	rappel / retrait de lots, atteinte de l'ensemble de la filière lait cru, contrôles réglementaires fréquents sur les denrées alimentaires	2	0	0	1	contamination de la faune sauvage pas documentée mais théoriquement possible	3	1	2	3		2	2	3	3	échantillonnage plus facile que dans les pâturages, inspection visuelle possible de cette matrice	2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C9= Comportement du DM dans la matrice					C10= Voies d'introduction du DM dans la matrice					C11= Existence outils de gestion efficaces concernant le DM et/ou la matrice				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max		
Ensilage mal conduit	<i>Escherichia coli (STEC)</i>	Ruminants	pour cette matrice, beaucoup de publications avec inoculation expérimentale	1	2	3	différentes études montrent que lorsque l'ensilage subit une détérioration aérobie, les STEC (O157 ou O26) survivent voire se développent (Dunière et al 2011)	3	2	2	2	animaux d'élevage, animaux sauvages (rongeurs, oiseaux), eau, locaux élevage	3	1	1	1	il existe des moyens de s'assurer que l'ensilage est bien conduit (GBP)	2
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		3	4	5	la capacité de multiplication est très forte dans un ensilage mal conduit (10 ⁶ ufc/g, Fenlon et al 1989)	1	2	2	2	animaux d'élevage, animaux sauvages (rongeurs, oiseaux), sol	3	1	1	1	il existe des moyens de s'assurer que l'ensilage est bien conduit (GBP)	2
	<i>Clostridium botulinum</i> groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	2	3	4	peut se multiplier si l'ensilage est mal conduit	1	1	2	2	épandage fumier de volailles et faune sauvage, sol	2	1	1	1	il existe des moyens de s'assurer que l'ensilage est bien conduit (GBP)	2
Enrubannage bien conduit	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		1	1	2		2	1	2	2		3	2	2	3	pas de GBP validé	2
Enrubannage mal conduit	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		3	4	5		2	1	2	2		3	2	2	3	pas de GBP validé	2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	Note min finale sans pondération	Note la plus probable finale sans pondération	Note max finale sans pondération	Indice d'incertitude modal (*=ii bimodal)	Note min finale avec "pondération santé publique"	Note la plus probable finale avec "pondération santé publique"	Note max finale avec "pondération santé publique"	Note min finale avec "pondération santé animale"	Note la plus probable finale avec "pondération santé animale"	Note max finale avec "pondération santé animale"	Note min finale avec "pondération environnement"	Note la plus probable finale avec "pondération environnement"	Note max finale avec "pondération environnement"	
Ensilage mal conduit		<i>Escherichia coli (STEC)</i>	Ruminants	pour cette matrice, beaucoup de publications avec inoculation expérimentale	18,0	21,0	24,0	2	23,9	25,8	29,5	15,4	17,1	20,6	17,5	19,6	22,4
		<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		21,0	27,0	33,0	1	27,7	33,3	40,0	19,0	28,0	34,1	19,4	24,3	32,0
		<i>Clostridium botulinum</i> groupe III	Ruminants	types C,D et mosaïques C/D et D/C	15,0	19,0	24,0	2*	11,3	13,5	19,7	16,9	18,9	24,5	13,8	16,3	21,6
Enrubannage bien conduit		<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		18,0	24,0	31,0	2	26,2	31,3	39,2	17,8	26,4	33,7	16,9	21,3	29,6
Enrubannage mal conduit		<i>Listeria monocytogenes</i>	Ruminants		20,0	27,0	34,0	2	27,8	33,7	41,6	19,2	28,5	35,8	18,7	24,0	32,3

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C1= Danger pour l'être humain					C2= Nombre de filières atteintes par le DM					C3= Capacité des espèces atteintes à disséminer le DM					C4= Impact du DM sur la santé et le bien être animal				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude					
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max							
Matières premières non traitées (céréales, tourteaux, etc)	Salmonella spp.	Ruminants		3	3	4	syndromes gastroentériques, transmission par voie alimentaire très élevée (Van Cauteren 2016)	1	4	4	4	dont lapins (pas d'article sur le poisson)	2	2	2	2	1	3	3	3	peu fréquent mais signes cliniques graves (avortement, diarrhée sévère, mortalité sur les jeunes) ; Chazel et al 2007	1	
		Volailles		3	3	4		1	4	4	4	dont lapins (pas d'article sur le poisson)	2	3	3	4	charge fécale importante et espèce cible privilégiée	1	0	1	1	atteinte clinique extrêmement rare	1
		Porcs		3	3	4	salaisons, viande pas assez cuite	1	4	4	4	dont lapins (pas d'article sur le poisson)	2	3	3	4	charge fécale intermittente mais importante	2	0	1	1	rare atteintes cliniques	2
	Listeria monocytogenes	Ruminants		4	4	5	signes cliniques pouvant être graves (méningite, encéphalite ou septicémie) chez les personnes âgées ou immunodéficientes et chez la femme enceinte, 20 à 30% mortalité	1	2	2	2		1	3	3	4	excrétion fécale importante et excrétion possible dans le lait	1	0	2	3	atteinte clinique variable, allant du portage asymptomatique à une encéphalite mortelle	1
	Listeria monocytogenes	Porcs		4	4	5	signes cliniques pouvant être graves (méningite, encéphalite ou septicémie) chez les personnes âgées ou immunodéficientes et chez la femme enceinte, 20 à 30% mortalité	1	2	2	2		1	2	2	3	plus forte excrétion si alimentation à base de soupe (par rapport à un aliment sec); Beloeil 2003	3	0	0	1	portage asymptomatique	1

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C5= Impact du DM sur la/les filière(s) atteinte(s)				C6= Impact du DM sur l'environnement				C7= Utilisation de la matrice				C8= Faisabilité/facilité de l'échantillonnage et sensibilité de la méthode							
				Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude	Note		Commentaires	Note incertitude				
				Min	la plus probable			Max	Min			la plus probable	Max			Min	la plus probable			Max	Min	la plus probable	Max
Matières premières non traitées (céréales, tourteaux, etc)	Salmonella spp.	Ruminants		2	3	3	retrait-rappel de lots, atteinte de l'ensemble de la filière lait cru, contrôles réglementaires fréquents sur les denrées alimentaires	2	1	1	2	contamination possible de la faune sauvage	3	2	3	3	aliment distribué en continu toute l'année	2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1
		Volailles		4	4	4	impact des mesures réglementaires	1	1	1	2	atteinte de passereaux suite consommation de grains contaminés	3	1	2	2	élevages plein air, FAF rare	2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1
		Porcs		2	2	2	retrait/rappel de lot, peu fréquent	2	1	1	2	peu documenté	3	3	4	4	FAF	2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1
	Listeria monocytogenes	Ruminants		3	4	4	rappel / retrait de lots, atteinte de l'ensemble de la filière lait cru, contrôles réglementaires fréquents sur les denrées alimentaires	2	0	0	1	contamination de la faune sauvage pas documentée mais théoriquement possible	3	2	3	3	aliment distribué en continu toute l'année	2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1
	Listeria monocytogenes	Porcs		1	1	2	rare rappels de lots	2	0	1	1	contamination de la faune sauvage non documentée mais théoriquement possible	3	3	4	4	FAF	2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C9= Comportement du DM dans la matrice					C10= Voies d'introduction du DM dans la matrice					C11= Existence outils de gestion efficaces concernant le DM et/ou la matrice				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max		
Matières premières non traitées (céréales, tourteaux, etc)	Salmonella spp.	Ruminants		1	1	1	matrice à taux de MS élevé	1	2	2	2		2	1	2	3	GBP sur la production de matières premières	2
		Volailles		1	1	1	matrice à taux de MS élevé	1	2	2	2	matières premières, faune sauvage, locaux	2	1	2	3	GBP sur la production de matières premières, plan échantillonnage	2
		Porcs		1	1	1	matrice à taux de MS élevé	1	2	2	2	matières premières, locaux, faune sauvage	2	1	2	3	GBP sur la production de matières premières, plan échantillonnage	2
	Listeria monocytogenes	Ruminants		1	1	2		2	1	2	2	matières premières, locaux? (peu d'info sur survie dans locaux de stockage d'aliments), faune sauvage	2	1	2	3	GBP sur la production de matières premières	2
	Listeria monocytogenes	Porcs		1	1	2		2	1	2	2	matières premières, locaux? (peu d'info sur survie dans locaux de stockage d'aliments), faune sauvage	2	2	2	3	GBP sur la production de matières premières	2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	Note min finale sans pondération	Note la plus probable finale sans pondération	Note max finale sans pondération	Indice d'incertitude modal ("=ii bimodal)	Note min finale avec "pondération santé publique"	Note la plus probable finale avec "pondération santé publique"	Note max finale avec "pondération santé publique"	Note min finale avec "pondération santé animale"	Note la plus probable finale avec "pondération santé animale"	Note max finale avec "pondération santé animale"	Note min finale avec "pondération environnement"	Note la plus probable finale avec "pondération environnement"	Note max finale avec "pondération environnement"
Matières premières non traitées (céréales, tourteaux, etc)	Salmonella spp.	Ruminants		23,0	26,0	29,0	2*	24,3	28,4	33,3	25,2	29,2	31,9	22,1	24,6	28,7
		Volailles		22,0	25,0	29,0	1	25,9	28,7	34,2	21,5	26,0	29,3	22,0	24,4	30,0
		Porcs		22,0	25,0	29,0	2	23,3	26,1	31,6	18,7	23,2	26,5	21,8	24,2	29,8
	Listeria monocytogenes	Ruminants		19,0	25,0	31,0	2*	26,2	32,2	39,3	18,3	27,8	34,4	18,2	22,9	30,3
		Porcs		18,0	21,0	27,0	2	23,4	25,0	33,7	15,4	16,9	25,1	16,2	19,9	25,9

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C1= Danger pour l'être humain					C2= Nombre de filières atteintes par le DM					C3= Capacité des espèces atteintes à disséminer le DM					C4= Impact du DM sur la santé et le bien être animal									
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude										
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max												
Aliments composés non traités (farine)	Salmonella spp.	Volailles		3	3	4					1	2	2	2				3	3	4	charge fécale importante et espèce cible privilégiée	1	0	1	1	atteinte clinique extrêmement rare	1	
		Porcs	utilisation telle quelle en post sevrage à sec, et essentiellement sous forme de soupe en engraissement et pour les reproducteurs	3	3	4	salaisons, viande pas assez cuite	1	2	2	2								3	3	4	charge fécale intermittente mais importante	2	0	1	1	rare atteintes cliniques	2
	Campylobacter sp.	Volailles		2	2	3	50 à 80% des campylobactériose en Europe sont attribuées au réservoir "volailles" (EFSA 2011), le plus souvent entérite aigue mais rare bactériémie et syndrome de Guillain-Barré (Anses 2018)	2	1	1	1								3	4	4	charge fécale et taux de prévalence importants	1	0	0	1	portage asymptomatique	1
	Listeria monocytogenes	Porcs		4	4	5	signes cliniques pouvant être graves (méningite, encéphalite ou septicémie) chez les personnes âgées ou immunodéficientes et chez la femme enceinte, 20 à 30% mortalité	1	1	1	1								2	2	3		3	0	0	1	portage asymptomatique	1

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C5= Impact du DM sur la/les filière(s) atteinte(s)					C6= Impact du DM sur l'environnement					C7= Utilisation de la matrice					C8= Faisabilité/facilité de l'échantillonnage et sensibilité de la méthode				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max		
Aliments composés non traités (farine)	Salmonella spp.	Volailles		4	4	4	impact des mesures réglementaires	1	1	1	2	accès à l'alimentation à l'extérieur pour les canards PAG	3	2	3	3		2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1
		Porcs	utilisation telle quelle en post sevrage à sec, et essentiellement sous forme de soupe en engraissement et pour les reproducteurs	2	2	2	retrait/rappel de lot, peu fréquent	2	1	1	2	peu documenté	3	3	4	4	distribution de farine (non traitée) à sec ou essentiellement sous forme de soupe (charcutiers et reproducteurs)	2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1
	Campylobacter sp.	Volailles		1	1	1	pas de critère microbiologique, pas de retrait de lot, mise en place de surveillance à l'abattoir	2	0	0	1	non documenté	3	2	3	3		2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1
	Listeria monocytogenes	Porcs		1	1	2	rare rappels de lots	2	0	1	1	contamination de la faune sauvage non documentée mais théoriquement possible	3	3	4	4	distribution de farine (non traitée) à sec ou essentiellement sous forme de soupe (charcutiers et reproducteurs)	2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C9= Comportement du DM dans la matrice					C10= Voies d'introduction du DM dans la matrice					C11= Existence outils de gestion efficaces concernant le DM et/ou la matrice				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max		
Aliments composés non traités (farine)	Salmonella spp.	Volailles		1	1	1	matrice à taux de MS élevé	1	2	2	2	matières premières, faune sauvage, locaux, unité de fabrication	2	1	2	3	existence GBPH fabrication des aliments à l'usine (ciblé Salmonelle)	2
		Porcs	utilisation telle quelle en post sevrage à sec, et essentiellement sous forme de soupe en engraissement et pour les reproducteurs	1	1	1	matrice à taux de MS élevé	1	2	2	2	matières premières, faune sauvage, locaux, unité de fabrication	2	1	2	3	existence GBPH fabrication des aliments à l'usine	2
	Campylobacter sp.	Volailles		0	1	1	survie faible mais possibles formes viables non cultivables (Jacobs-Reitsma et al, 1995)	3	1	2	2	matières premières, faune sauvage (survie très faible dans les locaux)	2	2	2	3	GBPH mais non spécifique pour Campylobacter	2
	Listeria monocytogenes	Porcs		1	1	2		2	1	2	2	matières premières, locaux? (peu d'info sur survie dans locaux de stockage), faune sauvage	2	2	2	3	GBPH mais non spécifique pour Listeria monocytogenes	2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	Note min finale sans pondération	Note la plus probable finale sans pondération	Note max finale sans pondération	Indice d'incertitude modal (*=ii bimodal)	Note min finale avec "pondération santé publique"	Note la plus probable finale avec "pondération santé publique"	Note max finale avec "pondération santé publique"	Note min finale avec "pondération santé animale"	Note la plus probable finale avec "pondération santé animale"	Note max finale avec "pondération santé animale"	Note min finale avec "pondération environnement"	Note la plus probable finale avec "pondération environnement"	Note max finale avec "pondération environnement"
Aliments composés non traités (farine)	Salmonella spp.	Volailles		21,0	24,0	28,0	1	25,9	28,7	34,2	20,2	24,7	28,0	20,9	23,3	28,9
		Porcs	utilisation telle quelle en post-sevrage à sec, et essentiellement sous forme de soupe en engraissement et pour les reproducteurs	20,0	23,0	27,0	2	22,5	25,3	30,8	16,7	21,2	24,5	19,8	22,2	27,8
	Campylobacter sp.	Volailles		14,0	18,0	22,0	2	15,6	18,1	23,8	11,6	13,9	19,2	12,7	16,4	21,4
	Listeria monocytogenes	Porcs		17,0	20,0	26,0	2	23,0	24,6	33,3	14,4	15,9	24,1	15,2	18,9	24,9

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C1= Danger pour l'être humain					C2= Nombre de filières atteintes par le DM					C3= Capacité des espèces atteintes à disséminer le DM					C4= Impact du DM sur la santé et le bien être animal				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude					
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max							
Aliments composés traités thermiquement	Salmonella spp.	Volailles (étages sélection et reproduction uniquement)	aliment destiné aux étages sélection et reproduction uniquement	3	3	4		1	1	1	1		1	3	3	4	charge fécale importante et espèce cible privilégiée	1	0	1	1	atteinte clinique extrêmement rare	1
		Ruminants		3	3	4	syndromes gastroentériques, transmission par voie alimentaire très élevée (Van Cauteren 2016)	1	3	3	3		1	2	2	2		1	3	3	3	peu fréquent mais signes cliniques graves (avortement, diarrhée sévère, mortalité sur les jeunes) ; Chazel et al 2007	1
Aliments composés granulés	Salmonella spp.	Volailles	la granulation n'a pas pour effet de détruire les microorganismes, procédé à but zootechnique et nutritionnel, effet limité sur Salmonella spp. si mal conduit	3	3	4		1	3	3	3		1	3	3	4	charge fécale importante et espèce cible privilégiée	1	0	1	1	atteinte clinique extrêmement rare	1
		Porcs		3	3	4	salaisons, viande pas assez cuite	1	3	3	3		1	3	3	4	charge fécale intermittente mais importante	2	0	1	1	rare atteintes cliniques	2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C5- Impact du DM sur la/les filière(s) atteinte(s)					C6- Impact du DM sur l'environnement					C7- Utilisation de la matrice					C8- Faisabilité/facilité de l'échantillonnage et sensibilité de la méthode				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude					
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max							
Aliments composés traités thermiquement	<i>Salmonella</i> spp.	Volailles (étages sélection et reproduction uniquement)	aliment destiné aux étages sélection et reproduction uniquement	4	4	4	impact des mesures réglementaires	1	1	1	2		3	5	5	5	réglementation	1	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1
			Ruminants	2	3	3	retrait-rappel de lots, atteinte de l'ensemble de la filière lait cru, contrôles réglementaires fréquents sur les denrées alimentaires	2	1	1	2		3	2	3	3	aliment distribué en continu toute l'année	2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1
Aliments composés granulés	<i>Salmonella</i> spp.	Volailles	la granulation n'a pas pour effet de détruire les microorganismes, procédé à but zootechnique et nutritionnel, effet limité sur <i>Salmonella</i> spp. si mal conduit	4	4	4	impact des mesures réglementaires	1	1	1	2		3	4	4	5	présentation d'aliment la plus utilisée quantitativement	1	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1
			Porcs	2	2	2	retrait/rappel de lot, peu fréquent	2	1	1	2	peu documenté	3	2	3	4	tous les porcelets premier âge, et majorité des porcelets 2ème âge	2	2	2	2	méthode d'échantillonnage normalisée dans GBPH mais problème de représentativité de l'échantillon (grand tonnage)	1

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	C9= Comportement du DM dans la matrice					C10= Voies d'introduction du DM dans la matrice					C11= Existence outils de gestion efficaces concernant le DM et/ou la matrice				
				Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude	Note			Commentaires	Note incertitude
				Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max			Min	la plus probable	Max		
Aliments composés traités thermiquement	<i>Salmonella spp.</i>	Volailles (étages sélection et reproduction uniquement)	aliment destiné aux étages sélection et reproduction uniquement	1	1	1	matrice à taux de MS élevé	1	2	2	2	matières premières, faune sauvage, locaux, unité de fabrication	2	0	0	1	contamination possible post traitement (mais rare)	1
				1	1	1	matrice à taux de MS élevé	1	2	2	2	matières premières, faune sauvage, locaux, unité de fabrication	2	1	1	2		2
Aliments composés granulés	<i>Salmonella spp.</i>	Volailles	la granulation n'a pas pour effet de détruire les microorganismes, procédé à but zootechnique et nutritionnel, effet limité sur <i>Salmonella spp.</i> si mal conduit	1	1	1	matrice à taux de MS élevé	1	2	2	2	matières premières, faune sauvage, locaux, unité de fabrication	2	1	1	2		2
				1	1	1	matrice à taux de MS élevé	1	2	2	2	matières premières, faune sauvage, locaux, unité de fabrication	2	1	1	2		2

Matrice	Danger microbien (DM)	Espèces atteintes	Commentaires	Note min finale sans pondération	Note la plus probable finale sans pondération	Note max finale sans pondération	Indice d'incertitude modal ("=ii bimodal)	Note min finale avec "pondération santé publique"	Note la plus probable finale avec "pondération santé publique"	Note max finale avec "pondération santé publique"	Note min finale avec "pondération santé animale"	Note la plus probable finale avec "pondération santé animale"	Note max finale avec "pondération santé animale"	Note min finale avec "pondération environnement"	Note la plus probable finale avec "pondération environnement"	Note max finale avec "pondération environnement"
Aliments composés traités thermiquement	Salmonella spp.	Volailles (étages sélection et reproduction uniquement)	aliment destiné aux étages sélection et reproduction uniquement	22,0	23,0	27,0	1	26,7	27,5	33,0	20,1	22,7	26,0	22,0	22,9	28,5
		Ruminants		22,0	24,0	27,0	1	23,9	26,8	31,7	24,2	27,0	29,7	21,1	23,0	27,1
Aliments composés granulés	Salmonella spp.	Volailles	la granulation n'a pas pour effet de détruire les microorganismes, procédé à but zootechnique et nutritionnel, effet limité sur Salmonella spp. si mal conduit	24,0	25,0	30,0	1	27,9	28,7	35,0	22,6	25,2	29,2	23,7	24,6	31,1
		Porcs		20,0	22,0	27,0	2	22,1	23,7	30,0	17,0	20,3	24,3	19,9	21,7	28,2

Annexe 17 : suivi des modifications du rapport

Paragraphe	Description de la modification
Chapitre 4, § 4.1, obtention de la note finale	« Le calcul des notes finales pour une triade « matrice/danger/filière » donnée est le suivant (la note maximale est de 65) » est remplacé par « Le calcul des notes finales pour une triade « matrice/danger/filière » donnée est le suivant (la note maximale est de 55) »
Chapitre 4, § 4.1, obtention de la note finale	« avec agrégation utilisant par exemple la pondération « santé publique » : Note finale= [(C1*32) + (C2*4) + (C3*6) + (C4*8) + (C5*21) + (C6*5) + (C7*8) + (C8*3) + (C9*8) + (C10*3) + (C11*12) / 11] » est remplacé par : « avec agrégation utilisant par exemple la pondération « santé publique » : Note finale= [(C1*32) + (C2*4) + (C3*6) + (C4*8) + (C5*21) + (C6*5) + (C7*8) + (C8*3) + (C9*8) + (C10*3) + (C11*12) / 10] »
Dans toutes les représentations graphiques des résultats	« Note finale sur 65 » est remplacé par « Note finale sur 55 »
Chapitre 4, § 4.2.2.1	La Figure 37 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades avec la pondération « santé publique » a été modifiée (les notes ont été multipliées par 1,1)
Chapitre 4, § 4.2.2.1	« Il est à noter que l'écart entre les notes minimales et les notes maximales peut être important avec cette pondération en particulier pour les premières triades (entre 13 et 15 points), traduisant une grande variété de situations ». est remplacé par « Il est à noter que l'écart entre les notes minimales et les notes maximales peut être important avec cette pondération en particulier pour les premières triades (entre 12 et 13 points), traduisant une grande variété de situations ».
Chapitre 4, § 4.2.2.2	La Figure 13 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades avec la pondération « santé animale » a été modifiée (les notes ont été multipliées par 1,1)
Chapitre 4, § 4.2.2.2	« Il convient de remarquer que la triade « Matières premières non traitées / <i>Salmonella</i> spp / ruminants » occupe le premier rang (note pp 26,5), et donc un rang plus élevé que lors du classement avec la pondération « santé publique » (10 ^{ème} rang, note pp 25,8) » a été remplacé par « Il convient de remarquer que la

	triade « Matières premières non traitées / <i>Salmonella</i> spp / ruminants » occupe le premier rang (note pp 29,2), et donc un rang plus élevé que lors du classement avec la pondération « santé publique » (10 ^{ème} rang, note pp 28,4) »
Chapitre 4, § 4.2.2.3	La Figure 14 : Représentation graphique du classement des 14 premières triades avec la pondération « environnement » a été modifiée (les notes ont été multipliées par 1,1)
Chapitre 4, § 4.2.2.3	« Les notes finales obtenues avec cette pondération sont plus resserrées (13,6 à 22,4) que pour les classements précédents (note pp de 11,3 à 30,6 pour le classement « santé publique », 11,5 à 26,5 pour le classement « santé et bien-être animal ») » a été remplacé par « Les notes finales obtenues avec cette pondération sont plus resserrées (15 à 24,6) que pour les classements précédents (note pp de 12,4 à 33,7 pour le classement « santé publique », 12,7 à 29,2 pour le classement « santé et bien-être animal ») »
Annexe 9	Les figures 16, 17 et 18 ont été modifiées (les notes ont été multipliées par 1,1)
Annexe 10	Les figures 20, 21 et 22 ont été modifiées (les notes ont été multipliées par 1,1)
Annexe 11	Les figures 24, 25 et 26 ont été modifiées (les notes ont été multipliées par 1,1)
Annexe 12	Les figures 28, 29 et 30 ont été modifiées (les notes ont été multipliées par 1,1)
Annexe 13	Les figures 31, 32 et 33 ont été modifiées (les notes ont été multipliées par 1,1)
Annexe 14	Les figures 34, 35 et 36 ont été modifiées (les notes ont été multipliées par 1,1)
Annexe 16	Pour toutes les triades, la formule pour le calcul de la note minimale finale avec « pondération santé publique » a été corrigée et remplacée par la formule suivante : $=((E4*32) + (J4*4) + (O4*6) + (T4*8) + (Y4*21) + (AD4*5) + (AI4*8) + (AN4*3) + (AS4*8) + (AX4*3) + (BC4*12))/10$
Annexe 16	Pour toutes les triades, les notes finales avec pondération ont été modifiées (les notes ont été multipliées par 1,1)



Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
14 rue Pierre et Marie Curie
F94701 Maisons-Alfort cedex
www.anses.fr
[@Anses_fr](https://twitter.com/Anses_fr)