



anses

Identification des dangers biologiques et chimiques liés à la laine de mouton en suint

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Octobre 2025

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 23 octobre 2025

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

**relatif à « l'identification des dangers biologiques et chimiques
liés à la laine de mouton en suint »**

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 la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux, l'évaluation des propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des aliments et, en évaluant l'impact des produits réglementés, la protection de l'environnement.

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 18 mars 2024 par la Direction générale de l'alimentation (DGAL) pour la réalisation de l'expertise suivante : identification des dangers biologiques et chimiques liés à la laine de mouton en suint.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Selon le texte de la saisine « annuellement, la tonte des moutons, nécessaire à leur bien-être, conduit à la production de laine en suint. La fermeture de certains marchés à l'exportation (Chine), la qualité moyenne voire médiocre de certaines toisons, la faiblesse de la filière nationale de lavage destinant la laine à des usages techniques (textile, construction/isolation, fertilisation, etc.), la limite du recours aux filières de lavage européennes existantes et la diminution d'activité des collecteurs en ferme ont entraîné et entraînent toujours la création de stocks de laine brute (en suint, ni lavée, ni traitée) à l'élevage. Cette problématique a fait l'objet d'un rapport publié par le Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER)¹.

La laine de mouton, est classée comme une matière de catégorie 3 au regard du règlement (CE) 1069/2009 relatif aux sous-produits animaux, qu'elle soit issue d'animaux vivants (art 10 lettre h) ou morts (art 10 point n) « n'ayant présenté aucun signe de maladie transmissible aux

¹ <https://agriculture.gouv.fr/la-valorisation-de-la-laine-et-des-peaux-lainees>

êtres humains ou aux animaux par ce produit ». Si la laine provient d'un animal vivant jugé inapte à l'abattage ou à la consommation humaine, ou trouvé mort et porteur de signe de maladie transmissible à l'homme ou l'animal, la laine est alors classée comme sous-produit animal de catégorie 2 (article 9 du règlement (CE) 1069/2009). Le règlement (CE) 1069/2009 prévoit que la laine en suint de catégorie 3 peut être compostée, convertie en biogaz (article 14 f) ou transformée en engrais organique et amendements (article 14 d) par des méthodes décrites au règlement (UE) 142/2011 (annexe IV, chapitres III et IV, annexe X, chapitre II, hors sections 2, 4, 7, 9 et 10). Pour la même valorisation, la laine de catégorie 2 doit subir, quant à elle, une stérilisation sous pression (méthode n°1, art 13 d du règlement (CE) 1069/2009). Ces activités sont réalisées en « usine » disposant d'un agrément sanitaire au titre du règlement (CE) 1069/2009. Le règlement (UE) 142/2011 définit, en plus des méthodes, les critères microbiologiques à observer lors de la validation des processus de transformation et en autocontrôles réguliers. L'application directe de la laine dans les sols est quant à elle interdite (article 14 I du règlement (CE) 1069/2009) et la réglementation européenne ne prévoit pas que les autorités compétentes nationales puissent l'autoriser, quelle que soit l'évaluation des risques faite au niveau national. »

Il est demandé à l'Anses d'« identifier les dangers biologiques et chimiques que peut représenter la laine en suint et d'identifier les plus importants pour les santés humaine et animale et pour l'environnement. Il est également demandé de proposer des préconisations de maîtrise de ces risques et de tenir compte des pratiques dans la filière notamment des conditions de stockage. »

La saisine ne porte pas sur les peaux lainées mais uniquement sur la laine issue de la tonte. Elle ne porte pas non plus sur les différentes voies d'utilisation ultérieure de la laine (amendement, isolant, textile, lanoline, etc.). Elle prend en compte le stockage de la laine en suint par les éleveurs.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (janvier 2024) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Santé et bien-être des animaux (SABA) ». L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail (GT) « Laine » créé après appel à candidature publique. Les travaux du GT ont été présentés au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques les 21 janvier et 4 juin 2025. Ils ont été adoptés par le CES « SABA » réuni le 1^{er} juillet 2025. La saisine portant uniquement sur l'identification des dangers biologiques et chimiques liés à la laine de mouton en suint, les experts n'ont pas réalisé d'évaluation de risque, i.e. d'estimation des probabilités d'émission du danger, d'exposition des humains, des animaux et de l'environnement au danger, de survenue du danger, et des conséquences de cette survenue. Ils n'ont pas non plus réalisé de hiérarchisation des dangers identifiés. Par ailleurs, l'avis propose quelques recommandations générales sur les moyens de maîtrise de ces dangers. Cependant, les experts ne proposent pas de méthode de maîtrise des risques liés à ces dangers dans la mesure où l'élaboration de ces méthodes - variables en fonction de l'utilisation de la laine de mouton - relève des opérateurs et non de l'Anses.

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

le cadre de l'expertise. Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GT LAINE ET DU CES SABA

3.1. Filière ovine et production de laine en France

La France fait partie des six principaux pays d'élevage ovin dans l'Union européenne, précédée par ordre décroissant d'effectifs par l'Espagne, la Roumanie et la Grèce et suivie par l'Italie et l'Irlande. En 2022, elle comptait 6,6 millions d'ovins et quelque 66 000 élevages, dont plus de 90 % d'élevages allaitants destinés à la production de viande d'agneau par rapport aux élevages laitiers. Les grands bassins de production ovine se situent principalement dans la moitié sud de la France.

L'élevage ovin s'accompagne nécessairement de production de laine en suint issue de la tonte des moutons, notamment pour leur bien-être. Cette laine en suint est un mélange complexe de fibres kératiniques recouvertes de sécrétions issues des glandes sudoripares (suint) et sébacées (lanoline²), d'impuretés environnementales (particules végétales, excréments, etc.). Elle peut également être contaminée par des agents biologiques et des substances chimiques. En moyenne, un ovin produit 1,5 à 3 kg de laine en suint par an. En France, quelque 10 000 tonnes de laine en suint sont produites chaque année selon l'estimation du CGAAER³. Les moutons sont tondus au moins une fois par an, généralement au printemps, mais d'autres périodes de tonte (e.g. été, automne) peuvent également avoir lieu en fonction des spécificités et des contraintes d'élevage, du stade physiologique des animaux, des régions et du système de conduite d'élevage. Lors de la tonte, le tri de la laine en fonction de sa couleur, de sa localisation sur l'animal (ventre, dos, tête, etc.), des souillures (matières fécales, végétaux, etc.) constitue une étape importante avant son stockage dans des curons (grands sacs de toile de 100 à 200 kg), qu'il est recommandé de stocker dans un endroit sec et ventilé, sur des palettes.

Historiquement en France, l'élevage ovin était axé sur la production de laine, avec une sélection de races orientée vers la production de différents types de laine destinés à la fabrication de vêtements, couvertures, etc. À partir du 19^{ème} siècle, l'élevage ovin s'est orienté vers la production de viande et de lait en réponse à une demande croissante de ces produits. En parallèle, la concurrence de laine importée et de fibres naturelles ou synthétiques a conduit à un désintérêt croissant vis-à-vis de la laine en tant que matériau. Progressivement, la filière lainière a décliné pour finalement quasiment disparaître dans les années 1980. En France comme en Europe, la laine en suint est ainsi devenue un sous-produit animal de peu d'intérêt économique en général du fait de sa faible qualité, inappropriée pour la filature, les moutons étant sélectionnés pour la production de viande et/ou de lait et pour la prolificité des brebis au détriment de la sélection sur la qualité de la laine. Actuellement, la faible valeur économique de la laine en suint ne couvre pas le coût de la tonte. Alors que près des trois quarts de la laine produite en France étaient exportés, notamment vers la Chine, depuis 2020, un gel mondial des échanges de laine a entraîné un quasi arrêt de sa collecte dans les élevages en France, d'où un stockage contraint de la laine sur les exploitations. De ce fait, les éleveurs stockent les curons soit dans des granges de l'élevage lui-même, soit dans des structures extérieures à l'élevage (grange ou autre structure abritée d'un autre élevage) qui doivent être louées, d'où un coût supplémentaire, soit encore un stockage en extérieur. Devant les difficultés auxquelles

² La définition large du suint peut comprendre la lanoline.

³ <https://agriculture.gouv.fr/la-valorisation-de-la-laine-et-des-peaux-lainees>

sont confrontés les éleveurs pour valoriser la laine en suint, des débouchés sont recherchés en France. Dans ce contexte, le GT a pour objectif d'identifier les dangers biologiques et chimiques susceptibles d'être présents dans la laine de mouton en suint en France hexagonale et d'identifier les plus importants pour les santés humaine et animale et pour l'environnement.

3.2. Dangers biologiques liés à la laine de mouton en suint

3.2.1. Méthode d'expertise

Pour répondre à la question de la saisine relative aux dangers biologiques, les experts du GT ont élaboré trois listes de dangers biologiques en suivant la démarche décrite dans la Figure 1.

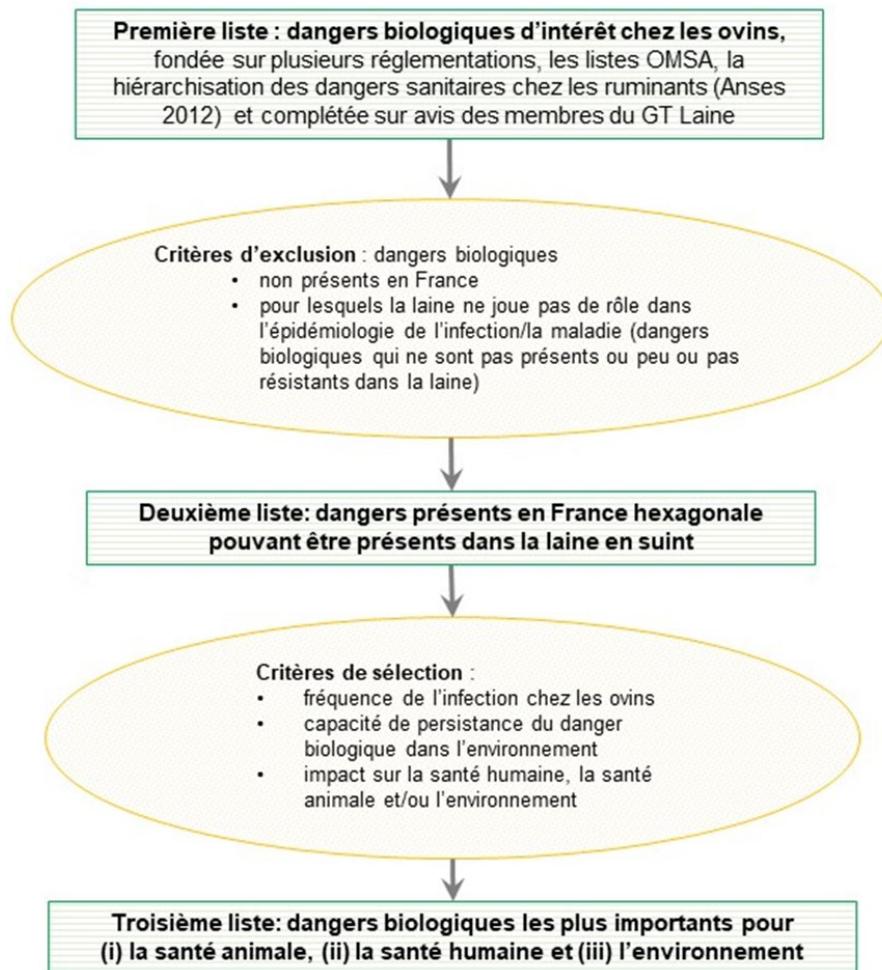


Figure 1 Méthode d'identification des dangers biologiques liés à la laine de mouton en suint les plus importants pour la santé humaine, la santé animale et pour l'environnement en France hexagonale

3.2.2. Etablissement des listes de dangers biologiques

Afin d'identifier les dangers biologiques liés à la laine de mouton en suint, les experts ont constitué une première liste de dangers biologiques en s'appuyant sur différentes sources (réglementation, organisation mondiale de la santé animale (OMSA), avis Anses) (cf. Tableau 1 en annexe). Les experts ont également recensé de manière collective plusieurs dangers biologiques non réglementés mais d'intérêt chez les ovins. Ils ont en outre retenu les tiques en tant que vecteurs d'agents pathogènes pour les ovins, pour d'autres espèces animales et pour les humains. Enfin, ils ont intégré à cette première liste les bactéries antibiorésistantes, indépendamment de leur caractère pathogène, afin de prendre en compte

la possibilité de transfert de résistance(s) aux antibiotiques. Sans être exhaustive, cette liste recense un grand nombre d'agents pathogènes d'intérêt chez les ovins.

À partir de cette première liste, le GT a établi en expertise collective une deuxième liste en retenant les dangers biologiques présents en France hexagonale et pouvant être présents dans la laine en suint suite à différentes modalités de contamination telles que le lieu d'infestation, la présence de lésions cutanées (rupture d'abcès, croûtes, etc.), une excrétion fécale, un avortement, etc. (cf. Tableau 2 en annexe). Ces dangers peuvent persister dans la laine sous une forme infectieuse. Les experts du GT soulignent le manque de données bibliographiques sur la présence effective des dangers biologiques dans la laine et sur le niveau de sa contamination. Les experts ont donc souvent raisonné sur la possibilité théorique d'une présence de ces dangers biologiques dans la laine en suint.

Le GT a exclu les dangers biologiques de la première liste qui ne sont pas présents en France hexagonale au moment de la rédaction du rapport et/ou pour lesquels les experts estiment que la laine n'intervient pas dans l'épidémiologie de l'infection considérée. C'est notamment le cas des agents pathogènes transmis par des vecteurs (e.g. tiques, *Culicoïdes*), qui nécessitent une inoculation et ne résistent pas ou très peu dans le milieu extérieur en dehors de leurs vecteurs et de leurs hôtes. Ainsi, les virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO), de la maladie hémorragique épizootique (MHE) et, pour les animaux infectés, de la fièvre hémorragique de Crimée Congo (FHCC) n'ont pas été retenus dans la deuxième liste. *Mycobacterium bovis* n'a pas été retenu compte tenu de l'absence de liens avérés entre la contamination de la laine et la transmission de cet agent pathogène, de la rareté de la tuberculose chez les ovins et de tuberculose cutanée de chez les ruminants, de l'absence de description d'excréptions fécale et urogénitale chez les ovins susceptibles de contaminer la laine.

Le virus de la fièvre aphteuse (FA) n'a pas été retenu dans la deuxième liste, la France étant actuellement indemne de FA. Néanmoins, expérimentalement, ce virus a été trouvé dans la laine de moutons infectés ou au contact d'animaux infectés où il a pu persister de quelques heures à quelques semaines en fonction de la température. De plus, des mesures de gestion de la laine (e.g. procédés d'inactivation du virus dans la laine, interdiction de mouvements de la laine à partir des zones réglementées autour des foyers de FA) sont prévues réglementairement. Compte tenu de la réémergence de la FA en Allemagne, en Hongrie et en Slovaquie début 2025, le GT souligne la vigilance à adopter en cas d'apparition de foyers en France notamment vis-à-vis de la laine dans laquelle le virus de la FA peut persister.

À partir de cette deuxième liste, en se fondant sur plusieurs critères (fréquence de l'infection, capacité de persistance du danger biologique dans l'environnement, impact sur les santés humaine et animale et sur l'environnement, cf. Figure 1), les experts ont finalement retenu dans une troisième liste, sans les hiérarchiser, six dangers biologiques considérés comme les plus importants pour les santés humaine et animale, aucun d'entre eux n'ayant un impact environnemental : quatre bactéries, *Bacillus anthracis*, *Brucella melitensis*, *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar Ovis et *Coxiella burnetii*, un virus, le *Parapoxvirus Orf*, et un champignon, *Trichophyton verrucosum* (cf. Tableau 3 en annexe). Ces dangers font l'objet d'une courte fiche descriptive en Annexe 4 du rapport du GT. Plusieurs dangers biologiques n'ont pas été retenus par le GT dans la troisième liste dans la mesure où, s'ils peuvent contaminer la laine, celle-ci joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport à d'autres supports ou matrices tels que le sol, les effluents d'élevage (e.g. litière) et/ou excréas (fèces, produits d'avortements, abcès, etc.). De même, le fait que la contamination

ne puisse avoir lieu que par voie orale a également été un critère pris en compte pour exclure certains agents pathogènes.

Les six dangers retenus ont été associés à des infections humaines suite à un contact avec la laine.

- Des infections à *Bacillus anthracis* ont été rapportées dans des usines de traitement de laine aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Suisse et en Nouvelle-Zélande, notamment au 19^{ème} et au début du 20^{ème} siècle (*woolsorters' disease*). Plus récemment, des spores de *B. anthracis* ont été retrouvées dans de telles usines en Belgique associées à une séroprévalence plus élevée chez les personnes exposées, mais les formes cliniques sont très rarement diagnostiquées chez ces employés. Par ailleurs, bien que rares, des foyers sporadiques de fièvre charbonneuse sont identifiés dans les élevages de ruminants chaque année en France.
- *Coxiella burnetii*, agent de la fièvre Q, a également été identifiée dans les années 1950 chez des employés d'usines de traitement de laine et des tondeurs, qui sont toujours considérés à haut risque d'exposition à *C. burnetii* par l'EFSA. En France, 56 % des élevages ovins ont une sérologie positive à *C. burnetii*. La capacité de cet agent pathogène à infecter un large éventail d'hôtes sauvages et domestiques et son importante capacité de résistance dans l'environnement augmentent le risque de propagation de la bactérie entre les fermes et la faune environnante, contribuant à sa présence généralisée dans l'environnement.
- Des infections dues au *Parapoxvirus Orf*, agent de l'ecthyma contagieux, ont été détectées chez les tondeurs et tous les travailleurs en contact avec les petits ruminants sont considérés à risque d'exposition. Le virus peut persister de longues périodes dans les croûtes, et donc probablement dans la laine souillée par ces croûtes. Même si l'ecthyma contagieux n'est généralement pas une maladie grave chez l'être humain, avec un impact clinique modéré et une évolution spontanée vers la guérison, l'impact économique en élevage peut être important du fait de la forte contagiosité de la maladie et de surinfections associées.
- *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar Ovis est responsable de la lymphadénite caséuse ovine, et la plupart des cas humains rapportés (peu nombreux) concerne des travailleurs en contact régulier avec des ovins (éleveurs, travailleurs d'abattoir, tondeurs). La bactérie a une persistance prolongée chez l'animal (nœuds lymphatiques) et une survie de quelques mois dans l'environnement.
- La teigne à *Trichophyton verrucosum* est une maladie répandue chez les moutons, sa transmission à l'être humain se faisant par contact avec un animal infecté. C'est une maladie retrouvée chez les tondeurs. Les spores du champignon peuvent survivre pendant de longues périodes dans l'environnement et dans la laine.
- Enfin, le GT a fait le choix de retenir *Brucella melitensis* dans la troisième liste compte tenu (i) de l'importance majeure de la brucellose à *B. melitensis* pour la santé humaine et la santé animale, (ii) de son importante capacité de transmission entre animaux et à l'être humain (inhalation d'aérosol, contact, très faible dose infectieuse), (iii) du risque potentiel de résurgence chez les ovins en France, (iv) de la moindre vigilance des acteurs de terrain à son égard et (v) de son probable diagnostic tardif chez les ovins.

La sélection de ces dangers a été réalisée avec un niveau d'incertitude estimé faible à moyen⁴ par les experts en fonction des données disponibles dans la littérature. Le GT note que ces résultats convergent avec des identifications de dangers biologiques dans la laine de mouton en suint conduites en Nouvelle-Zélande, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni.

3.3. Dangers chimiques liés à la laine de mouton en suint

En l'absence de réglementation concernant les contaminants chimiques dans la laine en suint, le GT a recensé les substances potentiellement présentes en les classant selon leur origine : substances administrées ou appliquées volontairement aux animaux (médicaments vétérinaires, produits à base d'extraits végétaux, peintures de marquage) et substances issues de l'environnement : produits phytopharmaceutiques (PPP), éléments traces métalliques (ETM), dioxines/ polychlorobiphényles (PCB). Une recherche bibliographique approfondie a été conduite afin d'obtenir des données sur ces différentes substances chimiques dans la laine en suint, qui n'a permis d'obtenir qu'un nombre très limité de publications d'intérêt. Aucune publication pertinente n'a été identifiée pour les produits à base d'extraits végétaux et les peintures de marquage en lien avec la laine de mouton en suint.

Plusieurs substances initialement considérées n'ont finalement pas été retenues comme dangers chimiques pertinents pour la laine de mouton en suint. Les antibiotiques n'ont fait l'objet d'aucune étude sur leur concentration ni sur leur persistance dans la laine, et leur contribution potentielle à l'antibiorésistance par ce support a été jugée négligeable par les experts. De même, les PPP, bien que possiblement présents en raison des conditions d'élevage, n'ont pas fait l'objet d'études spécifiques permettant de quantifier leur présence. Ceci s'explique peut-être par la variété des produits susceptibles d'être retrouvés et/ou par le caractère ponctuel car très spécifique au lieu d'élevage de ces contaminations. Les ETM et les dioxines/PCB peuvent être présents, mais à des concentrations faibles et généralement inférieures à celles mesurées dans d'autres matrices (sols, aliments pour animaux dont les fourrages, denrées alimentaires d'origine animale). Les experts ont donc estimé que la laine en suint joue un rôle mineur par rapport à d'autres sources de contamination pour les humains, les animaux et l'environnement.

Concernant les antiparasitaires, le GT n'a pas retenu les lactones macrocycliques, antiparasitaires externes et internes (endectocides) en tant que danger chimique pour la laine en suint en raison d'une part, et principalement, de leur excrétion majoritairement fécale et urinaire et, d'autre part, de la faible fréquence d'utilisation chez les ovins de la formulation *pour on*⁵ (également excrétée selon les mêmes voies après son absorption).

Finalement, seuls les antiparasitaires externes (APE), dont l'usage est répandu dans les élevages ovins pour lutter contre les parasitoses cutanées (gales, phtirioses, myiases, infestation par les tiques, etc.), ont été retenus par les experts comme dangers chimiques pertinents dans la laine en suint. Plusieurs molécules autorisées en France, aux effets toxiques reconnus, ont été identifiées d'après la bibliographie comme persistantes dans la laine : deux pyréthrinoïdes, la cyperméthrine et la deltaméthrine, un organophosphoré, le phoxime, et un inhibiteur de la croissance larvaire (IGR), le dicyclanil. Les pyréthrinoïdes et le phoxime présentent principalement une neurotoxicité, tandis que le dicyclanil est hépatotoxique. Ces

⁴ Selon l'échelle d'incertitude qualifiant les niveaux de faible, moyen, élevé, l'absence de données ne permettant pas d'attribuer un niveau d'incertitude (voir Tableau 5 du rapport du GT).

⁵ Traitement, le plus souvent antiparasitaire, se présentant sous la forme d'un liquide appliqué sur la ligne dorso-lombaire de l'animal sous forme d'une bande étroite, du garrot jusqu'à la base de la queue.

composés peuvent donc affecter les santés humaine et animale, mais également les écosystèmes, notamment aquatiques (cf. Tableau 4 du rapport). La présence de résidus de ces substances dans la laine de mouton en suint dépend en particulier du moment de la tonte par rapport au moment de l'application du traitement antiparasitaire. À ce titre, les experts soulignent l'intérêt du respect des résumés des caractéristiques des produits (RCP) de ces médicaments vétérinaires lorsque ceux-ci émettent des recommandations sur le moment de la tonte et, par ailleurs, sur la distance entre le site de traitement des moutons et certains sites sensibles (cours d'eau, sources, captage et points d'eau, etc.). Le GT note que certaines pratiques d'élevage (traitement juste avant tonte, mauvaise dilution des produits) augmentent notamment le risque de présence de ces composés dans la laine.

Ce travail met en évidence les limites actuelles de la littérature scientifique sur ce sujet, et souligne la nécessité de réaliser des études ciblées sur la contamination chimique de la laine en suint.

3.4. Stockage de la laine en suint et dangers biologiques et chimiques

Le GT a considéré, d'une part la capacité de persistance, lors du stockage de la laine, des dangers biologiques et chimiques possiblement présents au moment de la tonte et retenus aux paragraphes 3.2 et 3.3, et, d'autre part, la possibilité de contamination supplémentaire, pendant le stockage, par des contaminants qui pourraient être véhiculés par l'environnement et/ou par divers animaux ayant accès au lieu de stockage des curons. Cependant, les conditions physicochimiques (température, pH, humidité, aérobiose/anaérobiose, quantité de matière organique présente) au sein des curons ne sont pas connues. De plus, ces conditions peuvent varier au sein d'un même curon en fonction (i) des saisons (variation de la température et de l'hygrométrie), (ii) de l'état du curon (la présence de curons déchirés est relativement fréquente sur les exploitations), (iii) des conditions du lieu de stockage (abrité et ventilé ou non, curons placés sur des palettes ou posés à même le sol, etc.). La qualité des curons est également variable. Les curons traditionnels en toile de jute sont plus respirants, tandis que ceux en toile de nylon sont plus résistants et plus étanches. La laine en suint est aussi parfois stockée dans des sacs de type *big bag*, ou autres contenants recyclés, initialement non prévus pour cette utilisation. Par ailleurs, il est très difficile, voire impossible, d'évaluer précisément la persistance et le devenir des contaminants au cours du stockage. Or toutes ces conditions, et notamment pour les dangers biologiques, peuvent influencer la durée de leur survie dans la laine, voire permettre théoriquement le développement de certains d'entre eux.

3.4.1. Persistance, lors du stockage de la laine en suint, des dangers biologiques et chimiques déjà présents au moment de la tonte

■ Dangers biologiques

Les curons étant stockés à température ambiante, s'ils sont intègres (sans déchirure du sac), à l'abri de la pluie et de l'humidité et dans un endroit ventilé (e.g. grange ou hangar), les experts considèrent probable que la plupart des bactéries contaminantes ne soient pas capables de persister sur de longues périodes (supérieures à 12 mois) ou de se développer au sein des curons. Par ailleurs, le GT note que la laine en suint peut également contenir des tiques lors de la mise en curon. Il est cependant probable que les conditions d'humidité dans les curons soient défavorables à une survie prolongée des tiques (nécessitant notamment une forte hygrométrie) et donc au maintien de leur potentielle infectiosité.

Parmi les six dangers les plus importants identifiés par le GT, *B. anthracis*, *C. burnetii*, *T. verrucosum* et le *Parapoxvirus Orf* pourraient persister dans la laine en curons lors d'un stockage prolongé de plusieurs années, comme c'est le cas en France depuis 2020, du fait des formes de résistance (spores de *B. anthracis*, formes de survie de *C. burnetii*, arthroconidies de *T. verrucosum*) et de la capacité de persistance prolongée de *Parapoxvirus Orf* dans les croûtes. Par contre, les experts estiment que la survie de *B. melitensis* et de *C. pseudotuberculosis* biovar Ovis devrait être très limitée dans la laine stockée.

■ Contaminants chimiques

La persistance et la dégradation des APE, contaminants chimiques possiblement présents dans la laine lors de la mise en curons retenus par le GT, seront dépendantes des conditions physicochimiques présentes et de la nature de la molécule. Par exemple, les pyréthrinoïdes se dégradent rapidement par photolyse et oxydation, mais sont plus stables dans les milieux aquatiques, en particulier s'ils sont adsorbés. Leur demi-vie dans l'environnement est très variable (entre 2 et 200 jours) selon la nature du sol, les conditions atmosphériques et l'activité bactérienne. En l'absence de connaissances sur les conditions physicochimiques au sein des curons, les experts ne peuvent pas estimer précisément la persistance de ces APE dans la laine stockée. Ces conditions ne sont probablement pas celles rencontrées dans l'environnement naturel, où certains processus biotiques et abiotiques peuvent conduire à leur dégradation, comme la photolyse ou la biodégradation. Il est donc possible qu'à l'intérieur des curons leur persistance ne soit pas diminuée par ces phénomènes et que les APE puissent persister plus longtemps que dans l'environnement naturel, en particulier si les curons sont bien fermés et stockés à l'abri du soleil et du lessivage par l'eau de pluie. Ces conclusions du GT sont néanmoins proposées avec un niveau d'incertitude élevée.

3.4.2. Contamination de la laine en suint lors de son stockage

■ Contamination biologique

Le GT a réalisé une analyse des dangers biologiques possibles en envisageant des scénarii de contamination par des moisissures ambiantes (e.g. *Aspergillus fumigatus*) ou par différentes espèces animales (e.g. rongeurs, chats, oiseaux, renards, chauves-souris) porteuses de divers agents pathogènes lors du stockage de la laine. Cependant, il est probable que toutes ces contaminations potentielles dues à des animaux familiers ou sauvages restent superficielles et très localisées au niveau de certaines parties des curons. Par ailleurs, le GT estime que la contamination par ces différents agents pathogènes est très dépendante des conditions et de la durée du stockage, un stockage à long terme, notamment dans de mauvaises conditions, pouvant favoriser l'occurrence de contaminations externes.

Bien que la survenue de tels évènements de contamination de la laine au cours de son stockage ne puisse être totalement écartée, le rôle de la laine en tant que source de contamination pour l'être humain, l'animal ou l'environnement serait mineur. Du fait du manque de données, le GT se prononce avec un niveau d'incertitude élevé. Le GT souligne que les bonnes pratiques de stockage doivent être respectées pour limiter la survenue de tels évènements.

■ Contamination chimique

Le stockage et l'élimination des PPP sont réglementés. Ainsi, les PPP doivent être stockés dans un local dédié, fermé et aéré permettant de prévenir les risques de contamination des personnes, des denrées et des milieux (eau, air, sol), et notamment de prévenir les fuites de produits. Leur élimination et celle de leurs contenants doivent être réalisées par une filière

dédiée. Il est notamment interdit de les enterrer ou de les jeter directement dans la nature. Par conséquent, si la réglementation est respectée, une contamination des curons par des PPP ne devrait pas se produire ou ne pourrait relever que d'un accident ponctuel, en particulier si les curons sont déchirés ou si la laine est stockée dans des sacs non prévus à cet effet (sacs non-imperméables). De même, si des rodenticides étaient placés à proximité des curons, des rongeurs morts intoxiqués pourraient également être retrouvés dans les curons.

Le GT rappelle l'importance du respect des recommandations relatives aux conditions de tonte, de tri et de stockage de la laine (cf. guide « récolte de la laine »⁶ des professionnels). Ces recommandations soulignent par exemple l'importance d'écartier la laine souillée par des fèces, de l'usage uniquement de curons qui devront être bien fermés et stockés sur des palettes dans un endroit sec et ventilé, à l'abri des intempéries. Il rappelle également la nécessité du respect de la réglementation relative au stockage et à l'élimination des PPP et de leurs contenants.

3.5. Conclusions et recommandations du groupe de travail

3.5.1. Réponse aux questions

Parmi les dangers biologiques d'intérêt initialement identifiés par le GT comme présents chez les ovins, seuls ceux présents en France hexagonale et pouvant être présents dans la laine ont été retenus dans une seconde phase. Une analyse fondée sur des critères établis par le GT a ensuite permis de déterminer une liste restreinte de six dangers biologiques prioritaires (présentés par ordre alphabétique) :

- *Bacillus anthracis* (agent du charbon bactéridien) ;
- *Brucella melitensis* (agent de la brucellose) ;
- *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *Ovis* (agent de la lymphadénite caséeuse) ;
- *Coxiella burnetii* (agent de la fièvre Q) ;
- le *Parapoxvirus Orf* (agent de l'ecthyma contagieux) ;
- *Trichophyton verrucosum* (agent de la teigne des bovins).

Ces agents pathogènes ont été considérés comme les plus préoccupants en raison de leur persistance dans l'environnement, de leur potentiel zoonotique et/ou pathogène pour les animaux (ovins, autres ruminants, animaux domestiques), et du rôle possible de la laine en suint comme support de transmission de ces agents.

Concernant les dangers chimiques, le GT a identifié plusieurs catégories de contaminants chimiques potentiellement présents dans la laine en suint, mais seul un groupe a été retenu comme représentant un danger pertinent : les antiparasitaires externes (APE), régulièrement utilisés dans les élevages ovins pour contrôler les ectoparasites, i.e. deux pyréthrinoïdes (la cyperméthrine et la deltaméthrine), un organophosphoré (le phoxime) et un IGR (le dicyclanil). Ces substances peuvent persister dans la toison après traitement, être présentes dans la laine au moment de la tonte et conserver leur toxicité dans l'environnement. Les autres contaminants envisagés (résidus d'antibiotiques, ETM, dioxines/PCB, PPP) n'ont pas été retenus par le GT, soit en raison de leur absence probable, soit de leur présence à des niveaux jugés négligeables au regard des usages actuels et des concentrations constatées dans d'autres matrices.

⁶ Conditions préconisées par le guide pratique « récolte de la laine » <https://www.filaturedeniaux.com/wp-content/uploads/2022/01/Conseils-recolte-de-laine-ATM-reseau-limousin.pdf>

Le stockage de la laine en suint, fréquemment observé dans les élevages français en raison de l'absence de débouchés économiques, constitue une étape critique dans la gestion des dangers identifiés. Si la persistance des agents biologiques et chimiques est très variable selon leur nature, les experts soulignent l'absence de données quantitatives sur la survie ou l'évolution de ces dangers dans les conditions réelles de stockage (température, humidité, aération, durée). En l'état actuel des connaissances, les experts considèrent donc que la laine en suint peut, dans certaines situations, constituer une source de certains dangers biologiques et chimiques.

3.5.2. Recommandations

■ Recommandations relatives à la tonte

Afin de limiter la présence ou la diffusion de dangers biologiques et chimiques dans la laine en suint, les experts recommandent les mesures suivantes :

- appliquer de bonnes pratiques de tonte, notamment un tri systématique de la laine lors de la tonte, afin de séparer les toisons saines de la laine souillée (matières fécales, lochies, pus, sang, peinture de marquage, etc.), le nettoyage et la désinfection systématiques du matériel et du parquet de tonte, en particulier en cas d'épisodes infectieux dans le troupeau ou entre deux lots d'animaux, afin de limiter les contaminations croisées ;
- éliminer la laine des animaux cliniquement malades ou porteurs de lésions cutanées visibles (abcès, gale, ecthyma contagieux, teigne, etc.), en les tondant après les animaux cliniquement sains, afin de limiter la contamination des équipements ;
- encourager la formation et la professionnalisation des tondeurs, notamment (i) en promouvant la formation des tondeurs et trieurs à la reconnaissance des lésions propres à certaines affections cutanées ovines, et à la conduite à tenir en cas de doute, (ii) en intégrant, dans les formations existantes, des modules sur les bonnes pratiques de biosécurité et d'hygiène visant à éviter la contamination de la laine pendant la tonte ;
- respecter le délai mentionné entre l'application du traitement antiparasitaire externe et la tonte (en l'occurrence actuellement, seulement dans le RCP du dicyclanil), en vue de limiter le niveau de résidus de substance active présente dans la laine. Le GT recommande que la mention d'un tel délai, entre application du traitement antiparasitaire externe et tonte, soit intégrée dans les RCP de l'ensemble de ces médicaments.

■ Recommandations relatives au stockage de la laine

Les experts recommandent que la laine en suint soit stockée dans des conditions permettant de limiter la persistance ou la contamination secondaire par des agents pathogènes ou des substances chimiques. Les toisons doivent être entreposées dans des contenants adaptés (curons en toile ou équivalents), placés sur palettes, dans des locaux propres, secs et ventilés, et en empêchant au maximum l'accès aux animaux. L'utilisation de contenants non respirants ou souillés (notamment les *big bags* ayant contenu des engrains ou semences) est à éviter, car elle peut favoriser le développement microbien ou la contamination chimique.

■ Recommandations de recherche

Les travaux du GT ont mis en évidence des lacunes importantes dans les connaissances concernant la présence, la persistance et le devenir des dangers biologiques et chimiques dans la laine de mouton en suint. En particulier, pour les six dangers biologiques retenus par les experts (*Bacillus anthracis*, *Brucella melitensis*, *Corynebacterium pseudotuberculosis*

biovar Ovis, *Coxiella burnetii*, *Parapoxvirus Orf* et *Trichophyton verrucosum*) et les APE (phoxime, cyperméthrine, deltaméthrine, dicyclanil), les données disponibles sont insuffisantes pour caractériser leur niveau de contamination initial à la tonte, leur persistance dans la laine stockée, et leur évolution au cours du temps.

En conséquence, les experts recommandent :

- **la conduite d'études** permettant de mesurer la présence et les niveaux de ces agents biologiques et chimiques dans la laine en suint (i) immédiatement après la tonte et (ii) à différentes étapes du stockage, en conditions réelles dans les élevages ;
- **la caractérisation des conditions physicochimiques** dans les curons utilisés pour le stockage (humidité, température, aération, pH, aérobiose/anaérobiose) et leur évolution, selon les pratiques et les saisons, afin d'identifier les facteurs favorables ou défavorables à la survie des agents pathogènes et la persistance des APE et de leurs éventuels métabolites ;
- la mise en place **d'expérimentations en laboratoire**, en conditions contrôlées, consistant à inoculer des échantillons de laine avec certains des agents pathogènes et dangers chimiques les plus préoccupants, afin de suivre leur persistance en reproduisant les principales conditions observées sur le terrain.

Ces travaux devraient également inclure des tests de **survie des vecteurs** potentiels tels que les tiques, dont la présence dans la laine a été rapportée mais reste mal documentée.

Enfin, s'agissant de ***Bacillus anthracis***, dont la détection dans la laine est techniquement difficile, les experts recommandent le développement (ou l'adaptation) de méthodes sensibles et spécifiques de détection dans la laine de mouton en suint.

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 du GT Laine et du CES SABA relatives à l'identification des dangers biologiques et chimiques liés à la laine de mouton en suint.

La saisine s'inscrit dans un contexte d'accumulation de stocks de laine en suint par les éleveurs ovins français, laine de faible qualité pour divers motifs (génétique, tonte, tri de la laine en suint, abandon de la filière lainière dans les années 1980, etc.). Face à cette situation, les acteurs impliqués dans la production et la valorisation de la laine ont engagé des réflexions qui ont conduit, en 2024, à l'élaboration d'une feuille de route nationale pour la structuration de filières laines françaises⁷. La présente expertise constitue une contribution au déploiement de la feuille route, en déterminant les principaux dangers biologiques et chimiques dans le contexte d'élevage et la situation épidémiologique en France.

Le cadre légal qui s'applique aux utilisations de la laine en suint est le règlement européen (UE) n°142/2011 qui concerne l'ensemble des sous-produits animaux dont cette laine fait partie. L'agence estime que l'identification de dangers biologiques et chimiques liés à la laine de mouton en suint conforte les modalités prévues par cette réglementation. Par ailleurs, l'Anses souligne que la connaissance des dangers biologiques et chimiques identifiés dans le présent avis apporte des éléments scientifiques pour la mise en œuvre de ce règlement pour les différents types d'usages envisagés dans cette feuille de route. En effet, qu'il s'agisse de traiter de la laine en vue d'intégration dans différents types de produits, de la

⁷ <https://www.collectiftricolor.org/feuille-de-route-nationale>

valoriser ou - en dernier ressort - de l'éliminer, des contraintes d'ordre sanitaire sont à saisir, qu'une bonne connaissance des dangers permet de préciser. Selon le type de finalité, les possibilités de dispersion de ces dangers vers l'être humain, l'animal et/ou l'environnement ne sont pas équivalentes. A ce titre, les mesures de maîtrise des risques sont à adapter en conséquence, en déployant des démarches classiques de type HACCP⁸. La variété des utilisations et des technologies ne permettait pas d'en faire un traitement dans le cadre de la présente saisine.

In fine, l'Anses fait le constat que la laine en suint constitue aujourd'hui un produit d'origine naturelle qui s'accumule par manque de débouchés et pèse sur ceux qui la génèrent, mais dont certaines propriétés peuvent être d'intérêt. Elle constitue de fait une ressource disponible, potentielle alternative de produits manufacturés. Néanmoins, la laine en suint n'est pas exempte de dangers sanitaires chimiques ou biologiques, qui sont désormais explicités. Dès lors, et dans une approche de soutenabilité par une réutilisation accrue, l'Anses encourage les acteurs de la filière lainière à poursuivre les réflexions initiées dans cette feuille de route, notamment à l'aide des conclusions et recommandations du présent avis.

Pr Benoît Vallet

⁸ Hazard Analysis Critical Control Point : système d'analyse des dangers - points critiques pour leur maîtrise.

MOTS-CLÉS

Laine en suint, laine brute, ovin, mouton, dangers biologiques, dangers chimiques
Greasy wool, raw wool, ovine, sheep, biological hazards, chemical hazards

CITATION SUGGÉRÉE

Anses. (2025). Avis relatif à l'identification des dangers biologiques et chimiques liés à la laine de mouton en suint. Saisine 2024-SA-0037. Maisons-Alfort : Anses, 18 p.

ANNEXE

Tableau 1 Première liste : dangers biologiques d'intérêt chez les ovins d'après des listes établies par différents organismes

Danger biologique Maladie	Liste OMSA ¹	Règlement (UE) 2018/1882 ²	Arrêté du 3 mai 2022 ³	Directive 2003/99/CE ⁴	Décision (UE) 2018/945 ⁵	Décret 2023-716 ⁶	Liste établie par l'INRS ⁷	Anses 2012 ⁸
<i>Anaplasma phagocytophilum</i> , <i>A. ovis</i> , <i>Mycoplasma ovis</i> Anaplasmosse								
<i>Bacillus anthracis</i> Fièvre charbonneuse	X	X			X	X		X
Bactéries antibiorésistantes								
<i>Bovicola (=Damalinia) ovis</i> Phtiriose								
<i>Brucella melitensis</i> Brucellose	X	X		X	X	X		
<i>Brucella ovis</i> Épididymite ovine	X	X						X
<i>Campylobacter jejuni</i> et <i>C. coli</i> Campylobactérose				X	X			
<i>Campylobacter fetus</i> Campylobactérose								
Capripoxvirus Clavelée (variole ovine)	X	X						
<i>Chlamydia abortus</i> Avortement enzootique des brebis ou chlamydiose ovine	X							X
<i>Clostridium botulinum</i> Botulisme			X	X	X	X		
<i>Clostridium chauvoei</i> Charbon symptomatique								
<i>Clostridium perfringens</i> (types A, B, C et D) et <i>septicum</i> Enterocolites, enterotoxémie, toxiinfection alimentaire (TIA)								
<i>Clostridium tetani</i> Tétanos								
<i>Corynebacterium</i> <i>pseudotuberculosis</i> (biovar Ovis) Lymphadénite caséuseuse								X

Avis de l'Anses
Saisine n° « 2024-SA-0037 »

Danger biologique Maladie	Liste OMSA ¹	Règlement (UE) 2018/1882 ²	Arrêté du 3 mai 2022 ³	Directive 2003/99/CE ⁴	Décision (UE) 2018/945 ⁵	Décret 2023-716 ⁶	Liste établie par l'INRS ⁷	Anses 2012 ⁸
<i>Coxiella burnetii</i> Fièvre Q	X	X			X		X	X
<i>Cryptosporidium parvum</i> Cryptosporidiose				X	X			X
<i>Dermatophilus congolensis</i> Dermatophilose								
<i>Dichelobacter nodosus</i> et <i>Fusobacterium necrophorum</i> Piétin du mouton								
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> Rouget								
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) productrices de shigatoxines (STEC) (<i>Shigatoxin producing E.</i> <i>coli</i>) Infection à STEC				X	X			X
<i>Francisella tularensis</i> subsp <i>tularensis</i> et <i>holartica</i> Tularémie	X		X		X	X	X	
<i>Giardia spp.</i> Giardiose								
<i>Leptospira spp.</i> Leptospirose				X	X	X		X
<i>Listeria monocytogenes</i> Listériose				X	X	X		X
Mouches (<i>Lucilia sericata</i> et <i>Wohlfahrtia magnifica</i>) Myases								
<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i> Paratuberculose	X	X						X
<i>Mycobacterium bovis</i> Tuberculose bovine	X	X		X		X		X
<i>Mycoplasma agalactiae</i> Agalactie contagieuse (AC)	X		X					X
<i>Mycoplasma</i> autres que <i>M.</i> <i>agalactiae</i> Mycoplasmoses ovines autres que AC ovine								X
<i>Parapoxvirus Orf</i> Ecthyma contagieux							X	X
<i>Pestivirus ovis</i> Border Disease								X
Prion Tremblantes classique et atypique	X		X					X
<i>Psoroptes ovis</i> Gale								X
<i>Salmonella abortus ovis</i> Salmonellose	X			X	X « entérite à salmonelle »			X
<i>Salmonella diarizonae</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Dublin</i> Salmonellose								
<i>Staphylococcus</i> et autres bactéries de surinfection (<i>Streptococcus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>) Surinfections bactériennes								

Avis de l'Anses
Saisine n° « 2024-SA-0037 »

Danger biologique Maladie	Liste OMSA ¹	Règlement (UE) 2018/1882 ²	Arrêté du 3 mai 2022 ³	Directive 2003/99/CE ⁴	Décision (UE) 2018/945 ⁵	Décret 2023-716 ⁶	Liste établie par l'INRS ⁷	Anses 2012 ⁸
<i>Taenia hydatigena</i> Cysticercose				X				
<i>Toxoplasma gondii</i> Toxoplasmose				X	X « toxoplasmose congénitale »			X
<i>Trichophyton verrucosum</i> Dermatophytose								
<i>Trypanosoma evansi</i> Surra	X	X						
Virus de la fièvre aphteuse (FA) (FMDV) FA	X	X						
Virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO) (BTV) FCO	X	X						X
Virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo Fièvre hémorragique de Crimée- Congo	X							
Virus de la maladie hémorragique épizootique (MHE) MHE	X	X						
Virus rabique Rage	X	X			X	X		
Virus de visna-maëdi Visna-Maëdi	X							X
Virus de la fièvre de la vallée du Rift (FVR) FVR	X	X						
Virus de la peste des petits ruminants (PPR) PPR	X	X						
<i>Yersinia enterocolitica</i> Yersiniose				X	X (et <i>Y. pseudo</i> <i>tuberculosis</i>)			
Tiques Maladies animales et humaines dûes à des agents pathogènes transmis par des tiques								

¹ liste de l'organisation mondiale de la santé animale (OMSA) des maladies affectant les animaux terrestres (chapitre 1.3. du Code sanitaire pour les animaux terrestres)

² règlement d'exécution (UE) 2018/1882 de la Commission du 3 décembre 2018 sur l'application de certaines dispositions en matière de prévention et de lutte contre les maladies à des catégories de maladies répertoriées et établissant une liste des espèces et des groupes d'espèces qui présentent un risque considérable du point de vue de la propagation de ces maladies répertoriées

³ arrêté du 3 mai 2022 listant les maladies animales réglementées d'intérêt national en application de l'article L. 221-1 du code rural et de la pêche maritime

⁴ directive 2003/99/CE du Parlement européen et du Conseil 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

⁵ décision d'exécution (UE) 2018/945 de la Commission du 22 juin 2018 relative aux maladies transmissibles et aux problèmes sanitaires particuliers connexes qui doivent être couverts par la surveillance épidémiologique ainsi qu'aux définitions de cas correspondantes

⁶ décret n° 2023-716 du 2 août 2023 relatif à la liste des maladies devant faire l'objet d'un signalement en application de l'article L. 3113-1 du code de la santé publique

⁷ Institut National de Recherche et Sécurité (INRS)
https://www.inrs.fr/publications/bdd/baobab/rechercherechercheAgent.html?baobab_typeagent=&baobab_nomagent=&baobab_maladies=&baobab_autorisationafssaps=&baobab_tableauregimegeneral=&baobab_tableauregimeagricole=&baobab_declarationobligatoire=&baobab_especesreservoirs=&baobab_systemesreservoirs=laine&baobab_zonegeo=&efi_termes=&valid_CRITERES=Rechercher&introspection

⁸ Anses. 2012. Hiérarchisation de 103 maladies animales présentes dans les filières ruminants, équidés, porcs, volailles et lapins en France métropolitaine. Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2010sa0280Ra.pdf>, 327 p.

Tableau 2 Deuxième liste : parmi les dangers biologiques de la première liste, dangers présents en France hexagonale pouvant être présents dans la laine en suint

Dangers biologiques des ovins	Maladies
<i>Bacillus anthracis</i>	Fièvre charbonneuse
Bactéries antibiorésistantes	Sans objet
<i>Bovicola ovis</i>	Phtiriose
<i>Brucella melitensis</i>	Brucellose
<i>Brucella ovis</i>	Épididymite ovine
<i>Campylobacter jejuni</i> et <i>C. coli</i>	Campylobactériose
<i>Chlamydia abortus</i>	Avortement enzootique des brebis ou chlamydiose ovine
<i>Clostridium botulinum</i>	Botulisme
<i>Clostridium chauvoei</i>	Charbon symptomatique
<i>Clostridium perfringens</i>	Entérotoxémie
<i>Clostridium tetani</i>	Tétanos
<i>Corynebacterium pseudotuberculosis</i> biovar Ovis	Lymphadénite caséeuse
<i>Coxiella burnetii</i>	Fièvre Q
<i>Dichelobacter nodosus</i> et <i>Fusobacterium necrophorum</i>	Piétin du mouton
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) productrices de shigatoxines (STEC)	Infection à STEC
<i>Leptospira</i> spp.	Leptospirose
<i>Listeria monocytogenes</i>	Listériose
<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i>	Paratuberculose
<i>Parapoxvirus Orf</i>	Ecthyma contagieux
Prion (ou PrPSc)	Tremblante classique et atypique
<i>Psoroptes ovis</i>	Gales
<i>Salmonella Abortusovis</i>	Salmonellose
<i>Salmonella diarizonae</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Dublin</i>	Salmonellose
<i>Trichophyton verrucosum</i>	Dermatophytose
Tiques (<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Hyalomma marginatum</i> , <i>Rhipicephalus bursa</i>)	Maladies liées à des agents pathogènes transmis par ces tiques*

*Nécessité de transmission vectorielle, les agents pathogènes ne résistent pas dans l'environnement, donc dans la laine, sauf exception

Troisième liste : parmi les dangers biologiques de la deuxième liste, dangers les plus importants pour la santé humaine, la santé animale et pour l'environnement (par ordre alphabétique)

Danger sanitaire Maladie	Fréquence de la maladie chez les moutons	Persistance du danger biologique dans l'environnement	Impact sur la santé					
			Santé humaine		Santé animale (mammifères domestiques et sauvages autres que les ovins, abeille domestique <i>Apis mellifera</i>)		Environnement (poissons, insectes, communautés microbiennes, flore)	
			Oui/non	Niveau de gravité ¹	Oui/non	Niveau de gravité ¹	Oui/non	Niveau de gravité ¹
<i>Bacillus anthracis</i> Fièvre charbonneuse	Faible	Longue (spores, des années)	Oui	Élevé ²	Oui (ruminants en particulier)	Élevé	Non	SO
<i>Brucella melitensis</i> Brucellose	Pas de cas chez les ovins depuis 2003 ³	Courte à moyenne	Oui	Élevé	Oui (ruminants en particulier)	Élevé	Non	SO
<i>Corynebacterium</i> <i>pseudotuberculosis</i> biovar <i>Ovis</i> Lymphadénite caséuseuse	Moyenne	Moyenne (deux à huit mois)	Oui (rare)	Élevé	Oui, fréquent chez les caprins (cheval)	Moyen (forte morbilité, pas de mortalité)	Non	SO
<i>Coxiella burnetii</i> Fièvre Q	Élevée	Moyenne à longue (pseudo- spores)	Oui	Faible à moyen (rares cas graves) ⁴	Oui (ruminants)	Faible à moyen ⁴	Non	SO
<i>Parapoxvirus Orf</i> Ecthyma contagieux	Élevée	Longue (plusieurs années dans les croûtes)	Oui (rare)	Faible	Oui (ovidés, caprins)	Variable, formes graves rares	Non	SO
<i>Trichophyton</i> <i>verrucosum</i> Dermatophytose (teigne)	Faible	Longue (arthroconidies, jusqu'à plus de quatre ans)	Oui	Faible	Oui (tous les mammifères)	Faible	Non	SO

¹ Niveau de gravité : faible, moyen, élevé, sans objet (SO)

² Dans la littérature, plus de 90 % des cas humains dans les usines de traitement de laine sont des formes cutanées

³ Présence d'un réservoir sauvage dans les massifs du Bargy et des Aravis

⁴ L'infection par *Coxiella burnetii* est souvent asymptomatique chez les humains et les animaux

Identification des dangers biologiques et chimiques liés à la laine de mouton en suint

Saisine « 2024-SA-0037 Laine »

RAPPORT d'expertise collective

« Comité d'expert spécialisé Santé et Bien-Être des Animaux »

« Groupe de travail Laine »

Juillet 2025

Citation suggérée

Anses. (2025). Identification des dangers biologiques et chimiques liés à la laine de mouton en suint. (Saisine 2024-SA-0037). Maisons-Alfort : Anses, 95 p.

Mots clés

Laine en suint, laine brute, ovin, mouton, danger biologique, danger chimique

Greasy wool, raw wool, ovine, sheep, biological hazard, chemical hazard

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 (GT) « LAINE »

Président

Mme Évelyne FORANO – Chargée de mission - Directrice de recherche honoraire de l'INRAe + microbiologie, microbiote digestif des animaux, agents pathogènes - probiotiques, ruminants

Vice-Président

M. Étienne GIRAUD – Chargé de recherche, INRAe Toulouse + microbiologie, bactériologie générale, antibiorésistance, environnement, écologie microbienne

Membres

M. Pierre AUTEF – Vétérinaire praticien + Médecine vétérinaire, médicament vétérinaire, maladies des ovins.

Mme Corine BAYOURTHE – Professeure, Toulouse INP - ENSAT + zootechnie des ruminants.

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

M. Hervé JUIN – Retraité de l'INRAe Centre Poitou-Charentes – Bien-être animal, élevage ovin, réglementation des sous-produits animaux.

M. Alberto MANTOVANI – Retraité de l'Istituto Superiore di Sanità (ISS), Italie + toxicologie, résidus, médecine vétérinaire.

Mme Carine PARAUD – Cheffe d'unité adjointe, Unité de Pathologie et bien-être des ruminants (PBER), Anses - Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, site de Niort + parasitologie des petits ruminants.

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

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

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

- CES Santé et Bien-Être des Animaux (CES SABA) – Dates : 27 janvier 2025, 3 juin 2025 et 1^{er} juillet 2025

Président

M. Gilles MEYER – Professeur, ENVT + virologie, immunologie, vaccinologie.

Membres

M. Xavier BAILLY – Ingénieur de Recherche, INRAe Saint Genes Champanelle - Épidémiologie moléculaire, écologie de la santé, épidémio-surveillance, modélisation, bactériologie.

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

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

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

Mme Séverine BOULLIER – Professeur, École Nationale Vétérinaire de Toulouse – Immunologie, vaccinologie.

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

Mme Aurélie COURCOUL – Directrice de la Recherche et des Études Doctorales, Oniris - École Nationale Vétérinaire de Nantes - Épidémiologie, appréciation des risques (modélisation), réglementation.

Mme Alice DE BOYER DES ROCHEZ – Professeur, VetAgro Sup - Bien-être animal, animaux de rente, douleur, comportement, zootechnie.

Mme Barbara DUFOUR – Professeur émérite, École Nationale Vétérinaire d'Alfort - Épidémiologie, maladies infectieuses, analyse du risque, zoonoses, lutte collective.

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

M. Étienne GIRAUD – Chargé de recherche, INRAe Toulouse – Microbiologie, antibiotiques, antibiorésistance, environnement, écologie microbienne.

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

Mme Claire GUINAT – Chargée de Recherche, INRAe Toulouse - Épidémiologie, génétique (analyses phylodynamiques), maladies infectieuses.

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

Mme Karine HUBER – Directrice de recherche, INRAe - Entomologie médicale et vétérinaire, maladies vectorielles, épidémiologie.

Mme Elsa JOURDAIN – Chargée de recherche, INRAe Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes-Zoonoses, épidémiologie, interface faune sauvage-animaux domestiques.

M. Hervé JUIN – Retraité de INRAe Centre Poitou-Charentes – Bien-être animal, physiologie et nutrition des volailles, élevage ovin.

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

Mme Caroline LE MARÉCHAL – Chargée de projet - Responsable LNR Botulisme aviaire, Unité HQPAP, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Bactériologie, diagnostic de laboratoire, zoonose, botulisme aviaire, clostridies.

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

M. Yves MILLEMANN – Professeur, École Nationale Vétérinaire d'Alfort – Pathologie des ruminants, infectiologie, antibiorésistance, médicament vétérinaire.

M. Pierre MORMÈDE – Directeur de recherche émérite INRAe - Bien-être animal, stress.

Mme Carole PEROZ – Maître de conférences, VetAgro Sup – 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.

Mme Céline RICHOMME – Chargée de projets scientifiques, Anses-Laboratoire de la rage et la faune sauvage de Nancy - Épidémiologie, faune sauvage, interface faune sauvage-animaux domestiques, écologie.

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

M. Jean-François VALARCHER – Professeur, Swedish university of agricultural sciences (SLU) – Pathologie des ruminants, infectiologie, immunologie, épidémiologie.

Mme Isabelle VALLÉE – Chef de l'unité BIPAR, Responsable LNR Parasites transmis par les aliments, Anses Maisons-Alfort – Parasitologie, zoonoses, immunologie, diagnostic.

Mme Agnès WARET-SZKUTA – Maître de conférences, École Nationale Vétérinaire de Toulouse – Pathologie porcine, épidémiologie.

Mme Natacha WORONOFF-REHN – Directrice, laboratoire vétérinaire départemental du Doubs – Infectiologie, parasitologie immunologie, biologie moléculaire, diagnostic.

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Catherine COLLIGNON – Cheffe de projet scientifique – Direction de l'évaluation des risques (DER), Unité d'évaluation des risques liés à la santé, à l'alimentation et au bien-être des animaux et aux vecteurs (UBSA2V)

Mme Caroline BOUDERGUE – Adjointe à la cheffe d'unité – DER, UBSA2V

Secrétariat administratif

M. Régis MOLINET – Anses

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

Association des tondeurs de moutons (ATM)

Mme Lucie GRANCHER – Présidente

Fédération nationale ovine (FNO)

Mme Michèle BOUDOIN – Présidente

Mme Audrey DESORMEAUX – Chargée de mission

M. Jean-Roch LEMOINE – Trésorier

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Sigles et abréviations.....	8
Liste des tableaux	9
Liste des figures.....	10
1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise.....	11
1.1 Contexte	11
1.2 Objet de la saisine	11
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	12
1.3.1 Sollicitation des points focaux de l'EFSA.....	12
1.3.2 Auditions	13
1.3.3 Recherche bibliographique.....	13
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts	13
2 Filière ovine et production de laine en France	14
2.1 Présentation de la filière ovine française.....	14
2.2 Historique de la filière lainière française.....	15
2.3 Composition et production de la laine en suint.....	15
2.3.1 Composition de la laine en suint.....	15
2.3.2 Production de laine en suint	16
2.3.3 Tonte et tri de la laine en suint	16
2.3.4 Stockage et collecte de la laine en suint.....	18
2.3.5 Utilisation de la laine en suint	18
3 Dangers biologiques liés à la laine de mouton en suint	20
3.1 Méthode d'expertise	20
3.2 Première liste : dangers biologiques d'intérêt chez les moutons	21
3.3 Établissement de la deuxième liste de dangers biologiques : dangers présents en France hexagonale pouvant être présents dans la laine en suint	23
3.3.1 Dangers biologiques non retenus	23
3.3.2 Dangers biologiques retenus dans la deuxième liste	26
3.4 Troisième liste : dangers biologiques les plus importants pour (i) la santé animale, (ii) la santé humaine et (iii) l'environnement	28
3.5 Résumé	32
4 Dangers chimiques liés à la laine de mouton en suint	33
4.1 Méthode d'expertise	33
4.2 Médicaments vétérinaires	33
4.2.1 Antiparasitaires (AP)	33

4.2.2 Antibiotiques	39
4.3 Contaminants d'origine environnementale	39
4.3.1 Produits phytopharmaceutiques (PPP).....	39
4.3.2 Éléments traces métalliques (ETM).....	40
4.3.3 Dioxine/PCB.....	41
4.4 Résumé	42
5 Stockage de la laine en suint et dangers biologiques et chimiques.....	43
5.1 Persistance, lors du stockage de la laine en suint, des dangers biologiques et chimiques déjà présents au moment de la tonte.....	43
5.1.1 Dangers biologiques.....	43
5.1.2 Contaminants chimiques	44
5.2 Contamination de la laine en suint lors de son stockage.....	45
5.2.1 Contamination biologique	45
5.2.2 Contamination chimique	46
5.3 Résumé	46
6 Incertitudes	47
7 Conclusions et recommandations du groupe de travail.....	50
7.1 Conclusion : réponse aux questions	50
7.2 Recommandations	51
8 Bibliographie.....	53
8.1 Publications	53
8.2 Normes	65
8.3 Législation et réglementation	65
Annexe 1 : Lettre de saisine	69
Annexe 2 : Recherche bibliographique.....	71
Annexe 3 : Première liste de dangers biologiques d'intérêt présents chez les ovins...75	
Annexe 4 : Fiches des dangers d'intérêt	78
Annexe 5 : Dangers non retenus dans la troisième liste des dangers biologiques	89
Annexe 6 : Périodes usuelles de traitements antiparasitaires (Autef communication personnelle, exemple pour la zone d'élevage centre-ouest).....	94
Annexe 7 : Tableaux relatifs aux ETM dans la laine de mouton en suint.....	95

Sigles et abréviations

ADI	:	Acceptable daily intake (dose journalière acceptable)
ARfD	:	Acute reference dose (dose de référence aiguë)
ATM	:	Association des tondeurs de moutons
BTV	:	Bluetongue Virus (virus de la FCO)
CCHFV	:	Crimean-Congo haemorrhagic fever virus (virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo)
CES	:	Comité d'experts spécialisé
CGAAER	:	Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux
DGAL	:	Direction générale de l'alimentation
EFSA	:	Autorité européenne pour la sécurité sanitaire
EM	:	États Membres
ETM	:	Éléments traces métalliques
FA	:	Fièvre aphteuse
FCO	:	Fièvre catarrhale ovine
FMDV	:	Virus de la fièvre aphteuse (<i>Foot-and-mouth disease virus</i>)
FNO	:	Fédération nationale ovine
GT	:	Groupe de travail
IGR	:	<i>Insect growth regulator</i> (inhibiteur de la croissance larvaire)
INRS	:	Institut national de recherche et de sécurité
MHE	:	Maladie hémorragique épizootique
NL	:	Nœud lymphatique
OMSA	:	Organisation mondiale de la santé animale (<i>World Organisation for Animal Health</i>)
(WOAH)	:	
PCB	:	Polychlorobiphényles
PO	:	Pyrénées-Orientales
POPs	:	Polluants organiques persistants
PPP	:	Produits phytopharmaceutiques
PPR	:	Peste des petits ruminants
RCP	:	Résumé des caractéristiques du produit
SABA	:	Santé et bien-être des animaux
STEC (ou VTEC)	:	<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) productrices de shigatoxines (<i>Shigatoxin producing E. coli</i>) (ou productrices de vérotoxines, <i>Verotoxin producing E. coli</i>)
TBEV	:	Virus de l'encéphalite à tiques
TCDD	:	2,3,7,8-tétra-chloro-dibenzo-para-dioxine
TIA	:	Toxi-infection alimentaire
UE	:	Union européenne

Liste des tableaux

Tableau 1 Deuxième liste : parmi les dangers biologiques de la première liste, dangers présents en France hexagonale pouvant être présents dans la laine en suint	27
Tableau 2 Troisième liste : dangers biologiques les plus importants pour la santé humaine, la santé animale et pour l'environnement	29
Tableau 3 Substances chimiques susceptibles d'être présentes dans la laine de mouton en suint	33
Tableau 4 Fréquence d'utilisation, persistance dans l'environnement et impact des APE	37
Tableau 5 Modalités d'expression et d'attribution des indices d'incertitude	47
Tableau 6 Sources, types d'incertitudes et conséquences	48
Tableau 7 Première liste : dangers d'intérêt chez les ovins d'après des listes établies par différents organismes	75
Tableau 8 Teneurs (mg/kg) en éléments trace métalliques dans la laine de mouton en suint	95
Tableau 9 Teneurs (mg/kg) comparées en certains ETM dans le sol, le fourrage et la laine brute	95

Liste des figures

Figure 1 Répartition du cheptel ovin en France en 2022 (source : Interbev (2024)).....	14
Figure 2 Méthode d'identification des dangers biologiques liés à la laine de mouton en suint les plus importants pour la santé humaine, la santé animale et pour l'environnement en France hexagonale.....	21
Figure 3 Diagramme de flux « pesticide »	72
Figure 4 Diagramme de flux « ETM »	73
Figure 5 Diagramme de flux « <i>sheep shearer</i> * ».....	74
Figure 6 Abcès rénal et pulmonaire chez des ovins atteints de lymphadénite caséeuse (photo Autef)	81
Figure 7 Lésions d'ecthyma contagieux (photos Autef).....	86

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

1.1 Contexte

Selon le texte de la saisine, « annuellement, la tonte des animaux, nécessaire à leur bien-être, conduit à la production de laine en suint.

La fermeture de certains marchés à l'exportation (Chine), la qualité moyenne voire médiocre de certaines toisons, la faiblesse de la filière nationale de lavage destinant la laine à des usages techniques (textile, construction/isolation, fertilisation, etc.), la limite du recours aux filières de lavage européennes existantes et la diminution d'activité des collecteurs en ferme ont entraîné et entraînent toujours la création de stocks de laine brute (en suint, ni lavée, ni traitée) à l'élevage. Cette problématique a fait l'objet d'un rapport publié par le Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux CGAAER¹.

La laine de mouton, est classée comme une matière de catégorie 3 au regard du règlement (CE) 1069/2009 relatif aux sous-produits animaux, qu'elle soit issue d'animaux vivants (art 10 lettre h) ou morts (art 10 point n) « n'ayant présenté aucun signe de maladie transmissible aux êtres humains ou aux animaux par ce produit ». Si la laine provient d'un animal vivant jugé inapte à l'abattage ou à la consommation humaine, ou trouvé mort et porteur de signe de maladie transmissible à l'homme ou l'animal, la laine est alors classée comme sous-produit animal de catégorie 2 (article 9 du règlement (CE) 1069/2009). Le règlement (CE) 1069/2009 prévoit que la laine en suint de catégorie 3 peut être compostée, convertie en biogaz (article 14 f) ou transformée en engrais organique et amendements (article 14 d) par des méthodes décrites au règlement (UE) 142/2011 (annexe IV, chapitres III et IV, annexe X, chapitre II, hors sections 2, 4, 7, 9 et 10). Pour la même valorisation, la laine de catégorie 2 doit subir, quant à elle, une stérilisation sous pression (méthode n°1, art 13 d du règlement (CE) 1069/2009). Ces activités sont réalisées en « usine » disposant d'un agrément sanitaire au titre du règlement (CE) 1069/2009. Le règlement (UE) 142/2011 définit, en plus des méthodes, les critères microbiologiques à observer lors de la validation des processus de transformation et en autocontrôles réguliers. L'application directe de la laine dans les sols est quant à elle interdite (article 14 l du règlement (CE) 1069/2009) et la réglementation européenne ne prévoit pas que les autorités compétentes nationales puissent l'autoriser, quelle que soit l'évaluation des risques faite au niveau national. »

1.2 Objet de la saisine

Il est demandé à l'Anses d'« identifier les dangers biologiques et chimiques que peut représenter la laine en suint et d'identifier les plus importants pour les santés humaine et animale et pour l'environnement. Il est également demandé de proposer des préconisations de maîtrise de ces risques et de tenir compte des pratiques dans la filière notamment des conditions de stockage ».

La saisine ne porte pas sur les peaux lainées mais uniquement sur la laine issue de la tonte. Elle ne porte pas non plus sur les différentes voies de valorisation de la laine (amendement, isolant, textile, lanoline, etc.). Elle prend en compte le stockage de la laine en suint par les éleveurs.

¹ <https://agriculture.gouv.fr/la-valorisation-de-la-laine-et-des-peaux-lainees>

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (janvier 2024) ».

L'Anses a confié au groupe de travail (GT) « Laine », créé après appel à candidature publique, rattaché au comité d'experts spécialisé (CES) « Santé et bien-être des animaux (SABA) » l'instruction de cette saisine. Le GT s'est réuni les 9 septembre, 13 octobre, 6 novembre et 6 décembre 2024, ainsi que les 7 janvier, 4 février, 5 mars, 28 mars, 17 avril, 6 mai, 20 mai et 10 juin 2025. Les travaux d'expertise du GT ont été présentés au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques les 21 janvier et 4 juin 2025. Ils ont été adoptés par le CES « SABA » réuni le 1^{er} juillet 2025. Le rapport produit par le GT tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES. Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. La saisine portant uniquement sur l'identification des dangers biologiques et chimiques liés à la laine de mouton en suint, les experts n'ont pas réalisé d'évaluation de risque, i.e. d'estimation des probabilités d'émission du danger, d'exposition des humains, des animaux et de l'environnement au danger, de survenue du danger, et des conséquences de cette survenue. Ils n'ont pas non plus réalisé de hiérarchisation des dangers identifiés. Par ailleurs, l'avis propose quelques recommandations générales sur les moyens de maîtrise de ces dangers. Cependant, les experts ne proposent pas de méthode de maîtrise des risques liés à ces dangers dans la mesure où l'élaboration de ces méthodes - variables en fonction de l'utilisation de la laine de mouton - relève des opérateurs et non de l'Anses.

1.3.1 Sollicitation des points focaux de l'EFSA

Afin de savoir si d'autres pays européens disposaient d'informations sur l'identification des dangers biologiques et chimiques dans la laine de mouton en suint, les points focaux auprès de l'Autorité européenne pour la sécurité sanitaire (EFSA) ont été sollicités par l'Anses en août 2024. Il leur a été demandé :

- si, dans leur pays, des dangers biologiques et chimiques de la laine de mouton en suint avaient été identifiés, susceptibles d'être liés à la santé humaine ou animale ou à des problèmes environnementaux ;
- si des problèmes de santé humaine et/ou animale avaient été identifiés, quels signes avaient été observés ? Certaines catégories professionnelles étaient-elles particulièrement concernées ?
- si des rapports et/ou des résultats d'études sur les dangers biologiques et chimiques associés à la laine de mouton en suint et sur leurs effets sur la santé humaine et animale et sur l'environnement étaient disponibles ?

Sur les 36 États membres (EM) et régions sollicités², dix ont répondu au questionnaire. Huit EM / régions ont répondu par la négative aux trois questions. Un pays a donné des informations sur l'utilisation de la laine, soit une réponse hors sujet. Enfin, les Pays-Bas ont mentionné un rapport relatif à une évaluation des risques liés à la tonte des moutons et à la laine de mouton pour les humains et les animaux dans la chaîne de production de laine néerlandaise (Elbers, Roest et van Zijderveld 2009). Ce rapport a été transmis au GT pour analyse et mise en perspective des résultats d'expertise du GT.

² Albanie, Autriche, Allemagne, Belgique, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Kosovo, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Macédoine du Nord, Malte, Monténégro, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République slovaque, République tchèque, Roumanie, Serbie, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie

1.3.2 Auditions

Dans le cadre des travaux du GT, les experts ont auditionné plusieurs personnalités extérieures en lien avec la question de la saisine, afin de recueillir des informations complémentaires sur l'élevage ovin et la pratique de tonte des moutons :

- pour l'association des tondeurs de moutons (ATM), Mme Lucie Grancher ;
- pour la fédération nationale ovine (FNO), Mmes Michèle Boudoin et Audrey Désormeaux et M. Jean-Roch Lemoine.

1.3.3 Recherche bibliographique

Une recherche bibliographique approfondie a été conduite en vue d'identifier des dangers biologiques et chimiques susceptibles de contaminer la laine de mouton en suint. La liste initiale des dangers biologiques des ovins s'est fondée sur différentes réglementations (santé animale, zoonoses, maladies professionnelles, santé humaine), sur la liste de l'Organisation mondiale de la santé animale (OMSA) et sur le rapport de l'Anses relatif à une hiérarchisation des dangers sanitaires chez les ruminants. Compte tenu de leur nombre très important, chaque danger biologique n'a pas fait l'objet d'une revue de littérature approfondie ou systématique, mais d'une recherche bibliographique en tant que de besoin.

La démarche relative à cette recherche bibliographique est détaillée en Annexe 2.

1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts

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

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

2 Filière ovine et production de laine en France

2.1 Présentation de la filière ovine française

La France fait partie des six principaux pays d'élevage ovin dans l'Union européenne. Par ordre décroissant d'effectifs, elle est précédée par l'Espagne, la Roumanie et la Grèce, et suivie par l'Italie et l'Irlande (Agreste 2023). En 2022, elle comptait 6,6 millions de têtes, en baisse de 5,6 % sur un an et de 11,5 % au cours des dix dernières années (Agreste 2023; Interbev 2024). En 2022, la filière ovine comptait 66 078 élevages détenteurs d'au moins un ovin reproducteur, dont 18 431 élevages détenant au moins 50 brebis, les élevages allaitants étant très majoritaires (plus de 90 %) par rapport aux élevages laitiers (Interbev 2024). Près de la moitié des élevages ovins allaitants sont des élevages spécialisés, les autres élevages étant des élevages mixtes incluant d'autres espèces d'animaux de rente et/ou des productions céréalières (Interbev 2024).

Les grands bassins de production ovine se situent principalement dans la moitié sud de la France (Occitanie, Nouvelle-Aquitaine, Auvergne-Rhône Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur) et, selon l'Idèle (2024), l'Aveyron, le Pays basque et la Corse regroupent respectivement 39 %, 34 % et 5 % des effectifs ovins lait (voir Figure 1). Les exploitations ovines allaitantes sont présentes sur l'ensemble du territoire hexagonal, la majorité se situant au Sud de la Loire (audition FNO).

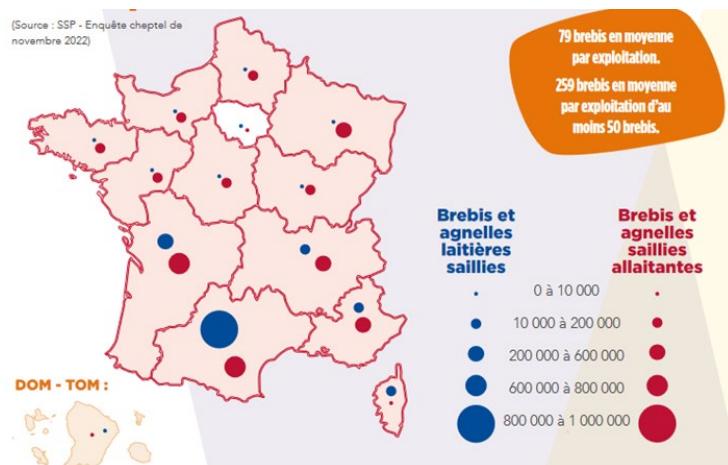


Figure 1 Répartition du cheptel ovin en France en 2022 (source : Interbev (2024))

L'élevage ovin est donc majoritairement destiné à la production de viande d'agneau et, dans une moindre mesure, de lait (Interbev 2024), dont 90 % est transformé en fromage³. La production de viande ovine couvre environ la moitié de la consommation française (Agreste 2023, audition FNO). La production de laine en suint n'est mentionnée ni dans les bilans Agreste et Interbev, ni par Inn'Ovin (programme réunissant tous les acteurs de la filière ovine⁴).

La FNO regroupe des éleveurs ovins laitiers et allaitants. Au niveau local, les éleveurs adhèrent aux syndicats ovins départementaux, qui eux-mêmes adhèrent pour la plupart à la FNO (80 % des départements cotisent à la FNO). Par conséquent, la FNO ne dispose pas du nombre exact d'éleveurs adhérents aux syndicats départementaux.

³ <https://france-brebis-laitiere.fr/la-filiere/>

⁴ INTERBEV Ovins, Confédération Nationale de l'Élevage, FNO, Institut de l'Élevage, Coopération agricole filière ovine, Races de France, Assemblée Permanente des Chambres d'Agricultures, Jeunes Agriculteurs, GDS France, Comité National des Brebis Laitières, Centre Interrégional d'Information et de Recherche en Production Ovine, Fédération Nationale des Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural <https://www.inn-ovin.fr/innovin/les-partenaires/>

Il convient de noter que toute personne (éleveur professionnel ou particulier) détenant au moins un ovin doit en faire la déclaration auprès de l'établissement de l'élevage (EDE) et se soumettre aux mêmes obligations règlementaires (identification, suivi sanitaire, etc.)⁵.

2.2 Historique de la filière lainière française

Historiquement, l'élevage ovin était axé sur la production de laine, avec une sélection de races orientée vers la production de différents types de laine destinés à la fabrication de vêtements, couvertures, etc. À partir du 19^{ème} siècle, l'élevage ovin s'est orienté vers la production de viande et de lait en réponse à une demande croissante de ces produits. En parallèle, l'ouverture des marchés lainiers internationaux a entraîné l'importation de laine à plus bas prix. La concurrence de la soie, du coton, puis au 20^{ème} siècle des fibres synthétiques a conduit à un désintérêt croissant vis-à-vis de la laine en tant que matériau. Progressivement, la filière lainière a décliné pour finalement quasiment disparaître dans les années 1980⁶.

En France comme en Europe, la laine en suint est devenue un sous-produit animal de peu d'intérêt économique en général du fait de sa faible qualité, les moutons étant sélectionnés pour la production de viande et/ou de lait et pour la prolificité des brebis au détriment de la sélection sur la qualité de la laine. En 1996, cette problématique a fait l'objet d'une résolution européenne sur la nécessité de mesures de soutien en faveur des producteurs et des transformateurs de laine européenne⁷ demandant la mise en place de plusieurs mesures, par exemple la création de structures interprofessionnelles associant éleveurs, industriels et chercheurs aux niveaux national et européen, des recherches sur les utilisations de la laine, une codification des qualités de laine européenne, la création de cours de tonte nationaux ainsi que de cours européens itinérants à l'intention des tondeurs et des instructeurs, ou encore la création de centres de collecte régionaux chargés du contrôle de la qualité et du stockage de la laine en lots homogènes. Actuellement, la faible valeur économique de la laine en suint ne permet pas de couvrir le coût de la tonte des moutons (Bhavsar *et al.* 2021; Broda *et al.* 2023). Alors que près des trois quarts de la laine produite en France étaient exportés, notamment vers la Chine, depuis 2020, un gel mondial des échanges de laine a entraîné un quasi arrêt de sa collecte dans les élevages en France (audition FNO, CGAAER (2023)). En France, ce contexte entraîne un stockage contraint de la laine sur les exploitations françaises.

2.3 Composition et production de la laine en suint

2.3.1 Composition de la laine en suint

La laine en suint, telle qu'elle est collectée immédiatement après la tonte, est un mélange complexe de fibres kératiniques recouvertes de sécrétions glandulaires et d'impuretés environnementales (Rippon 2013). La composante majeure de la laine en suint est la kératine (85 à 90 %), une protéine fibreuse riche en cystéine. Ces fibres sont couvertes d'une couche lipidique composée de lanoline (5 à 15 %), une sécrétion issue des glandes sébacées, riche en esters de stérols, alcools gras, acides gras et hydrocarbures, qui confère à la laine ses propriétés hydrophobes et protectrices. S'ajoute à cela le suint proprement dit (5 à 15 %), sécrété sous forme d'un mélange aqueux par les glandes sudoripares apocrines, composé principalement de sels potassiques d'acides gras, de cholestérol libre, d'urée, de lactates et d'autres résidus métaboliques. Il est à noter que si le suint, au sens strict, se réfère surtout

⁵ <https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/je-suis-detenteur-d-ovins-et-ou-de-caprins-quelles-obligations-sanitaires-a290.html>

⁶ https://confederationpaysanne.fr/sites/1/mots_cles/documents/4_pages_laine_WEB-10-2021.pdf

<https://www.collectiftricolor.org/histoire-des-filieres-lainieres-francaises>

⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A51996IP0079>

aux sécrétions sudorales, sa définition large peut comprendre la lanoline. Le suint et la lanoline forment ensemble la graisse de laine extraite lors des traitements industriels de lavage.

La laine en suint contient également entre 2 et 10 % d'impuretés externes telles que poussières, particules végétales, excréments ou matières minérales, piégées dans les fibres et dans leur manteau lipidique. Elle peut également être contaminée par des agents biologiques, dont des agents pathogènes pour l'être humain et/ou les animaux et/ou susceptibles de contaminer l'environnement (cf. § 3), et des substances chimiques (antiparasitaires externes – APE -, peinture de marquage, etc.), souvent uniquement à l'état de traces (Zakaria El-Sayed *et al.* 2018) (cf. § 4).

La composition et la qualité de la laine en suint sont influencées par des facteurs génétiques (race), les laines grossières étant généralement moins riches en suint, ainsi que par les conditions d'élevage, les laines de moutons en bergerie étant généralement plus grasses et plus sales, tandis que les séjours en extérieur favorisent la présence de débris végétaux.

2.3.2 Production de laine en suint

La France compte une soixantaine de races ovines : des races laitières (e.g. Basco-béarnaise, Manech tête noire, Lacaune lait, Corse, etc.), des races bouchères (e.g. Charollais, Suffolk, Texel, etc.), des races rustiques (e.g. Mérinos d'Arles, Lacaune viande, Rava, Romane, etc.), souvent croisées avec des races bouchères, des races en conservation, dont les effectifs sont peu nombreux, parfois avec risque d'extinction (e.g. Landaise, Avranchin, Thônes et Marthod, etc.) et des races d'Outremer (Races de France⁸, arrêté du 27 février 2018). À ces différentes races correspondent autant de types de laine de qualité variable, de caractéristiques différentes (présence ou non de jarre⁹, longueur de mèche, finesse, feutrabilité, gonflant, élasticité). À titre d'exemple, les races rustiques ont une laine plutôt grossière, jarreuse (audition FNO).

L'élevage ovin s'accompagne nécessairement de production de laine en suint issue de la tonte des moutons qui doivent être tondus au moins une fois par an, notamment pour leur bien-être (les moutons plus légers supportant mieux la chaleur estivale). De plus, la tonte facilite la surveillance de l'état général des ovins et contribue à réduire ou prévenir le développement d'infestations parasitaires (e.g. gales, myiases, infestation par les poux, les tiques, etc.) ou d'infections bactériennes. La tonte de l'arrière-train permet d'éliminer les parties les plus sales (e.g. zones périvulvaires, périanales, sujettes notamment aux myiases, etc.¹⁰). La tonte avant agnelage permet en outre une meilleure accessibilité aux mamelles pour les agneaux.

En moyenne, un ovin produit 1,5 à 3 kg de laine en suint par an. En France, quelque 10 000 tonnes de laine en suint sont produites chaque année selon l'estimation du CGAAER qui se fonde sur le cheptel adulte (CGAAER 2023). À titre de comparaison, en Europe, la production de laine est estimée à plus de 200 000 tonnes par an pour environ 84 millions d'ovins en 2018, année où le Royaume-Uni faisait partie de l'Union européenne et détenait 26,8 % de ces ovins¹¹. En Europe, cette laine est principalement grossière et de mauvaise qualité, inappropriée pour la filature (Petek et Marinšek Logar 2021).

2.3.3 Tonte et tri de la laine en suint

La tonte a généralement lieu au printemps, en avril-mai. D'autres périodes de tonte (par exemple en été ou en automne) peuvent également avoir lieu en fonction des spécificités et

⁸ <https://racesdefrance.fr/les-races-ovines/>

⁹ Poil rigide et grossier de la toison laineuse

¹⁰ <https://tondeursdemoutons.fr/metier/ressources/pourquoi-tondre-2/>

¹¹ https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/textiles-ecosystem/elit/learn/partnerships/cw-circular-wool_en

des contraintes d'élevage, du stade physiologique des animaux, des régions et du système de conduite d'élevage. Cette pratique peut donc varier notablement. Il n'y a toutefois pas de tonte en période de lutte¹², ni en début de gestation.

Il n'existe pas de diplôme de tondeur. Les tondeurs, dont le nombre pourrait être d'environ 500 en France, sont souvent des doubles actifs (notamment des éleveurs – tondeurs), seuls 20 à 30 % étant uniquement tondeurs (audition ATM). Les tondeurs portent des vêtements professionnels. Le port de masque est impossible du fait de l'activité de tonte, très physique. Certains tondeurs sont allergiques à la laine et portent des gants, mais le port de gants n'est pas usuel, car il altère la dextérité des tondeurs (audition ATM), donc leur vitesse d'exécution.

Concernant les lieux de tonte, les salles de tonte sont très peu répandues. Les tondeurs apportent leur matériel (peignes, tondeuses) et peuvent apporter leur parquet de tonte. Dans l'idéal, le sol du lieu de tonte est protégé (par exemple, la terre battue est recouverte d'une bâche). La tonte n'est habituellement pas réalisée sur de la paille, pour éviter de souiller la laine. Les brebis peuvent être placées en parc d'attente (où elles transpirent un peu, ce qui facilite le passage du peigne), puis conduites dans un couloir pour les amener au tondeur (audition FNO).

En France, le nombre de moutons tondus en une journée par un tondeur est très variable : souvent de 100 à 250 animaux par jour, mais il peut être inférieur à 100 moutons par jour pour les tondeurs débutants et supérieur à 250 moutons pour les tondeurs expérimentés. Ce nombre dépend également de la race. À titre d'exemple, la tonte est plus lente pour les Mérinos, dont la laine est plus dense et les animaux plus osseux, moins ronds, avec plus de plis de peau que les races à viande. L'état de santé des animaux influe également sur l'apparence et la qualité de la laine dans la mesure où la laine est le reflet de la santé des moutons : lorsqu'une brebis est fébrile ou qu'elle a connu un agnelage difficile, sa laine est souvent moins belle et de moindre qualité apparente. C'est également le cas lorsque les moutons passent beaucoup de temps en bergerie (audition ATM).

En France, la très grande majorité des tondeurs utilisent la méthode Bowen¹³ développée en Nouvelle-Zélande et mondialement connue. Elle assure le meilleur confort pour les moutons (toujours posés sur leurs parties charnues) et pour les tondeurs, ainsi qu'une récolte de la laine permettant de limiter les souillures (paille, etc.) de la toison (audition ATM). Les animaux mouillés ne peuvent pas être tondus car les peignes progressent particulièrement mal dans la toison détrempée. Les tondeurs savent identifier des problèmes cutanés en général, et sont parfois aussi de bons observateurs de l'état sanitaire des troupeaux.

Lors de la tonte, le tri de la laine constitue une étape importante avant son stockage, même si ce tri n'est pas réalisé de manière systématique. En effet, sur un même animal, il existe différents types de laine selon sa localisation : laines du ventre, des membres, de la tête et du dos qui sont différentes. La laine peut également être souillée par des matières fécales (lors de la défécation ou du couchage des moutons), par des lochies, du sang, du pus (abcès percés), de la peinture de marquage, des débris végétaux, etc. Il est nécessaire de trier les laines en fonction de leur couleur, de leur localisation sur l'animal, et de ne pas mélanger les laines issues d'animaux de races différentes. Lors de la tonte, les toisons peuvent être réparties dans deux sacs, un pour les toisons de bonne qualité, l'autre pour les laines souillées, parasitées, feutrées, jaunies, etc. Les éleveurs souhaitant valoriser les toisons vont être attentifs au retrait de la laine provenant du cou, des pattes et de la région anogénitale. Ce tri nécessite toutefois une personne supplémentaire, ce qui n'est pas toujours possible. De plus,

¹² Période d'activité sexuelle et de mise à la reproduction

¹³ <https://tondeursdemoutons.fr/metier/ressources/methode-de-tonte/>

le manque de temps conduit souvent à mélanger les laines. Dans les faits, le tri est une pratique devenue minoritaire et, lorsqu'il est fait, il est dépendant de l'usage futur prévu pour la laine. À titre d'exemples, quelques éleveurs de Mérinos dans le sud-est de la France trient leur laine, qui est ensuite transformée en Italie ; un fabricant de matelas français demande qu'un tri de la laine soit réalisé selon les critères qu'il a définis ; certains artisans trient eux-mêmes la laine qu'ils réceptionnent (auditions ATM et FNO).

2.3.4 Stockage et collecte de la laine en suint

Les toisons sont placées dans des curons, grands sacs de toile de 100 à 200 kg. Un curon bien tassé peut contenir les toisons d'une centaine de brebis. Certaines associations de tondeurs recommandent de « stocker la laine dans un endroit sec et ventilé, de ne pas la laisser sur un sol humide, mais sur une palette »¹⁴. En pratique, selon les cas, les éleveurs stockent les curons de laine soit dans des granges de l'élevage lui-même (sur des palettes dans certains cas), soit dans des structures extérieures à l'élevage (grange ou autre structure abritée d'un autre élevage) qui doivent être louées, d'où un coût supplémentaire, soit encore à l'extérieur (auditions ATM et FNO). Selon l'audition de l'ATM, une laine récoltée correctement et stockée dans de bonnes conditions peut être conservée plusieurs années. Depuis plusieurs années, du fait du stockage prolongé de laine dans les élevages (trois-quatre ans dans certains cas), il existe une pénurie de curons, qui sont alors remplacés par des *big bags*, grands sacs en fibres synthétiques, moins respirants et ayant contenu des semences ou des engrangements. Ce remplacement est peu apprécié par les collecteurs et transformateurs de laine (audition FNO).

La collecte de la laine se fait généralement à la ferme, que ce soit par une coopérative, un négociant ou le tondeur. Elle peut se faire aussi sur des points de collecte collectifs. À ce stade, la laine est stockée en curon (ou à défaut en *big bag*). Un examen des toisons se fait à nouveau au moment du déballage, généralement chez le négociant. Conformément à la réglementation, chaque curon est identifié avec le nom de l'éleveur jusqu'au lavage.

2.3.5 Utilisation de la laine en suint

Bien que la saisine porte uniquement sur l'identification des dangers biologiques et chimiques dans la laine en suint, ce paragraphe aborde de manière très générale et non exhaustive la question de l'utilisation possible de la laine en suint.

Selon le règlement (CE) 1069/2009 établissant les règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine, la laine est un sous-produit animal de catégorie 3 en l'absence de signe de maladie transmissible, et parfois de catégorie 2 ou 1 en cas de troubles sanitaires en élevage. Ce règlement stipule que ces sous-produits animaux, dont la laine en suint, doivent, préalablement à toute utilisation, faire l'objet d'un lavage en usine ou d'un traitement selon l'une des méthodes décrites au règlement (UE) 142/2011 (cf. § 1.1). Après lavage en usine ou traitement, plusieurs utilisations peuvent être envisagées pour la laine, par exemple la production textile (moins de 5 % de la production de la laine en France), la fabrication de matelas, l'extraction de la lanoline pour un usage cosmétique et pour l'industrie pharmaceutique, son utilisation comme isolant, etc. (CGAAER 2023). L'association du Collectif Tricolor¹⁵ a été créée pour mieux valoriser les laines françaises. Suite à la publication du rapport du CGAAER en 2023, une feuille de route nationale a été établie sur les actions à entreprendre pour mieux valoriser les laines françaises et structurer les filières de

¹⁴ <https://tondeursmoutonsbretagne.fr/recolter-et-trier-la-laine>

¹⁵ <https://www.collectiftricolor.org/>

transformation (audition FNO). Actuellement, il n'existe qu'une entreprise semi-industrielle de lavage de laine en France, située à Saugues (Haute-Loire) (CGAAER 2023).

Il convient de noter que le manque actuel de débouchés pour la laine en suint peut conduire au recours à des pratiques illégales, telles que le dépôt de la laine en suint sur les sols, possiblement avec du fumier, ou la mise en décharge sans traitement préalable. Elle est également parfois brûlée, d'où une pollution de l'environnement (Parlato et Porto 2020).

Le GT note que la question du devenir de la laine en suint se pose également dans l'Union européenne, où la sélection des ovins est, comme en France, principalement orientée vers la production de viande et de lait au détriment de la production de laine de qualité. D'autres pays européens recherchent des débouchés pour la laine en suint. À titre d'exemple, des études ont été conduites sur l'utilisation des fibres de laine en suint dans l'industrie papetière en remplacement partiel ou complet des fibres de bois (Bhavsar *et al.* 2021).

En résumé, l'élevage ovin français, l'un des plus importants au sein de l'Union européenne, est majoritairement tourné vers la production de viande, puis de lait. Il génère également environ 10 000 tonnes de laine en suint, de faible qualité, chaque année. Depuis 2020, un gel mondial des échanges de laine a entraîné un arrêt de sa collecte dans les élevages en France, se traduisant par un stockage à long terme de laine en suint dans les fermes. Devant les difficultés auxquelles sont confrontés les éleveurs pour valoriser la laine en suint, des débouchés sont recherchés en France. Dans ce contexte, le GT a pour objectif d'identifier les dangers biologiques et chimiques susceptibles d'être présents dans la laine de mouton en suint en France hexagonale et d'identifier les plus importants pour les santés humaine et animale et pour l'environnement.

3 Dangers biologiques liés à la laine de mouton en suint

3.1 Méthode d'expertise

Pour répondre à la question de la saisine relative aux dangers biologiques, le GT a élaboré trois listes en suivant la démarche décrite ci-dessous et schématisée dans la Figure 2.

Une première liste de dangers biologiques d'intérêt chez les ovins, présents ou non en France hexagonale, a été établie par le GT (cf. § 3.2).

Une deuxième liste a été établie à partir de cette première liste en s'appuyant sur les critères d'exclusion :

- des dangers biologiques non présents en France, la saisine portant sur la France hexagonale ;
- des dangers biologiques pour lesquels la laine ne joue pas de rôle dans l'épidémiologie de l'infection/la maladie. Cela correspond aux dangers biologiques qui ne sont pas présents ou peu ou pas résistants dans la laine.

Cette deuxième liste a été établie par le GT en expertise collective, sans préjuger à ce stade de l'importance de leur rôle dans l'épidémiologie de l'infection/la maladie.

Une troisième liste des dangers les plus importants pour la santé humaine, la santé animale et/ou l'environnement a été établie sur la base de cette deuxième liste. Les experts ont déterminé trois critères permettant de sélectionner, de manière qualitative, ces dangers :

- la fréquence de l'infection ou de la maladie chez les ovins en France hexagonale : faible, moyenne, élevée ;
- la persistance du danger biologique dans l'environnement : courte, moyenne, longue¹⁶. Compte tenu du manque de données sur cette persistance dans la laine en suint et dans les curons, le GT a pris en compte les données de persistance dans d'autres environnements, lorsqu'elles étaient connues ;
- l'impact sur la santé humaine, la santé animale et/ou la santé environnementale avec, pour chacun, l'évaluation d'un niveau global de gravité de la maladie : faible, moyen, élevé¹⁷. Concernant le critère de gravité des maladies chez l'être humain, les experts soulignent que, pour les maladies dont la gravité a été estimée faible ou modérée pour la population en général, des formes graves restent possibles pour certaines populations à risque telles que les enfants, les personnes âgées, immunodéprimées, présentant des comorbidités, etc.

Les experts du GT ont convenu que le volet santé animale concerne les espèces de mammifères domestiques comme sauvages, dans la mesure où plusieurs dangers biologiques concernent à la fois ces deux catégories, par exemple, le système multi-hôtes de la brucellose à *Brucella melitensis* (ruminants domestiques, bouquetins, etc.). Ils ont également inclus dans le volet santé animale l'abeille domestique *Apis mellifera*.

Les dangers biologiques à évaluer ont été répartis entre binômes et trinôme d'experts en tenant compte de leur domaine de compétences. Chaque binôme ou trinôme a renseigné les

¹⁶ Courte : moins d'un mois ; moyenne : un à douze mois ; longue : plus de douze mois

¹⁷ Faible : par exemple, signes cliniques bénins et/ou guérison spontanée et/ou pas ou peu d'impact économique ; moyen : par exemple, traitement long mais peu coûteux, guérison sans séquelles et/ou contagiosité maîtrisable ; élevé : par exemple, forte contagiosité difficilement maîtrisable et/ou impact économique notable et/ou mortalité et/ou séquelles et/ou pas de traitement et/ou impact notable sur l'environnement (insectes, organismes aquatiques), etc.

différents critères à évaluer, apporté des commentaires en tant que de besoin et fourni les références bibliographiques *ad hoc*. Chaque danger biologique a ensuite été évalué, à l'aune des critères susmentionnés, par l'ensemble des experts du GT, et retenu ou pas pour la troisième liste lors d'une validation collective en réunion. Chaque danger biologique finalement retenu a fait l'objet d'une fiche de présentation incluant notamment, lorsqu'elles étaient disponibles, les informations relatives à sa sensibilité à des agents physico-chimiques (température, hygrométrie, sensibilité aux UV, traitements biocides, etc.).

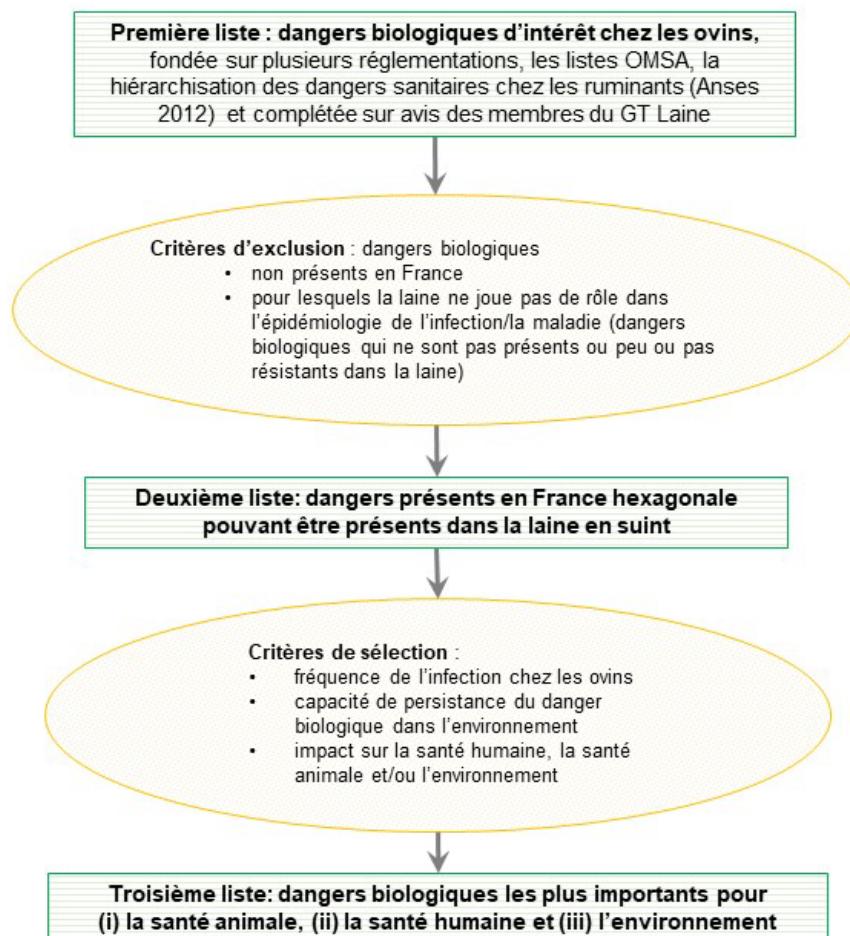


Figure 2 Méthode d'identification des dangers biologiques liés à la laine de mouton en suint les plus importants pour la santé humaine, la santé animale et pour l'environnement en France hexagonale

3.2 Première liste : dangers biologiques d'intérêt chez les moutons

Le Tableau 7 en Annexe 3 présente la première liste de dangers biologiques d'intérêt chez les ovins identifiés par le GT à partir de différentes sources, réglementaires ou non.

Les experts se sont appuyés sur plusieurs textes réglementaires :

- le règlement d'exécution (UE) 2018/1882 de la Commission du 3 décembre 2018 sur l'application de certaines dispositions en matière de prévention et de lutte contre les maladies à des catégories de maladies répertoriées et établissant une liste des espèces et des groupes d'espèces qui présentent un risque considérable du point de vue de la propagation de ces maladies répertoriées ;
- l'arrêté du 3 mai 2022 listant les maladies animales réglementées d'intérêt national en application de l'article L. 221-1 du code rural et de la pêche maritime ;

- la directive 2003/99/CE du Parlement européen et du Conseil 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 ;
- la décision d'exécution (UE) 2018/945 de la Commission du 22 juin 2018 relative aux maladies transmissibles et aux problèmes sanitaires particuliers connexes qui doivent être couverts par la surveillance épidémiologique ainsi qu'aux définitions de cas correspondantes ;
- le décret n° 2023-716 du 2 août 2023 relatif à la liste des maladies devant faire l'objet d'un signalement en application de l'article L. 3113-1 du code de la santé publique.

Ils ont également pris en compte la liste de l'organisation mondiale de la santé animale (OMSA) des maladies affectant les animaux terrestres (chapitre 1.3. du Code sanitaire pour les animaux terrestres)¹⁸.

En outre, les experts du GT ont repris plusieurs dangers biologiques cités dans d'autres publications. Dans l'avis et le rapport relatifs à la hiérarchisation des maladies animales présentes dans les filières de ruminants, équidés, porcs, volailles et lapins en France métropolitaine (Anses 2012), le GT a ainsi pris en compte les dangers présents chez les ovins, i.e. *Mycobacterium bovis*, *Coxiella burnetii*, *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*, *Listeria monocytogenes*, virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO) sérotypes non exotiques, prions, *Bacillus anthracis*, *Escherichia coli* (*E. coli*) productrices de vérotoxines (VTEC) (ou *E. coli* productrices de shigatoxines STEC), *Mycoplasma agalactiae*, *Cryptosporidium parvum*, *Toxoplasma gondii*, *Brucella ovis*, *Leptospira spp.*, virus du visna-maëdi, *Parapoxvirus Orf* agent de l'ecthyma contagieux, *Pestivirus ovis* (Border disease virus), *Salmonella Abortusovis*, *Mycoplasma* autres que *M. agalactiae*, *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis*, *Psoroptes ovis* et *Chlamydia abortus*. De plus, le GT a pris en compte les dangers biologiques associés à la source de contamination « laine » cités par l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS), i.e. *Coxiella burnetii*, *Francisella tularensis* subsp *holartica*, *Francisella tularensis* subsp *tularensis* et le *Parapoxvirus Orf*¹⁹.

Par ailleurs, les experts ont recensé de manière collective plusieurs dangers biologiques non réglementés mais d'intérêt chez les ovins du fait de leur fréquence en France hexagonale et/ou leur gravité clinique : *Anaplasma phagocytophilum*, *A. ovis*, *Bovicola ovis*, *Campylobacter fetus*, *Clostridium chauvoei*, *C. perfringens*, *C. tetani*, *Dermatophilus congolensis*, *Dichelobacter nodosus* et *Fusobacterium necrophorum*, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Giardia spp.*, mouches (*Lucilia sericata* et *Wohlfahrtia magnifica*), *Mycobacterium avium* subsp. *avium*, *Mycoplasma ovis*, *Salmonella diarizonae*, *S. Typhimurium*, *S. Dublin*, *Staphylococcus spp.* et autres bactéries de surinfection (*Streptococcus spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*), *Trichophyton verrucosum*. Les experts ont également retenu les tiques comme danger biologique, en tant que vecteurs d'agents pathogènes pour les ovins, pour d'autres espèces animales et pour les humains, par exemple des bactéries (*Anaplasma spp.* dont *A. ovis*, *A. phagocytophilum* et *A. marginale*, *Mycoplasma ovis*, *Borrelia spp.* dont *Borrelia burgdorferi*), des protozoaires (*Babesia spp.* dont *B. ovis*, *B. motasi* et *B. divergens*) et des virus (virus de l'encéphalite à tiques – TBEV-, virus de la fièvre hémorragique de Crimée Congo - CCHFV, etc.).

¹⁸ https://www.woah.org/fr/ce-que-nous-faisons/normes/codes-et-manuels/acces-en-ligne-au-code-terrestre/?id=169&L=1&htmfile=chapitre_oie_listed_disease.htm

¹⁹ https://www.inrs.fr/publications/bdd/baobab/rechercherechercheAgent.html?baobab_typeagent=&baobab_nomagent=&baobab_maladies=&baobab_autorisationafssaps=&baobab_tableauregimegeneral=&baobab_tableauregimeagricole=&baobab_declaractionobligatoire=&baobab_especesreservoirs=&baobab_systemesreservoirs=laine&baobab_zonegeo=&efi_termes=&valid_CRI TERES=Rechercher&introspection

Enfin, le GT a intégré à cette première liste les bactéries antibiorésistantes, indépendamment de leur caractère pathogène, afin de prendre en compte la possibilité de transfert de résistance(s) aux antibiotiques. En effet, ces résistances souvent portées par des supports génétiques bactériens (comme les plasmides) représentent en elles-mêmes un danger biologique en raison de leur diffusion possible dans les écosystèmes microbiens d'élevage et environnementaux ou dans les microbiotes humains et animaux.

3.3 Établissement de la deuxième liste de dangers biologiques : dangers présents en France hexagonale pouvant être présents dans la laine en suint

3.3.1 Dangers biologiques non retenus

Le GT a exclu les dangers biologiques de la première liste qui ne sont pas présents en France hexagonale au moment de la rédaction du rapport et/ou pour lesquels les experts estiment que la laine n'intervient pas dans l'épidémiologie de l'infection considérée. C'est notamment le cas des agents pathogènes transmis par des vecteurs (e.g. tiques, *Culicoïdes*), qui nécessitent une inoculation et ne résistent pas dans le milieu extérieur en dehors de leurs vecteurs et de leurs hôtes. Pour les animaux infectés par ces agents, la laine ne joue pas de rôle dans l'épidémiologie de l'infection.

Malgré leur importance en santé animale et/ou humaine, les experts n'ont, en particulier, pas retenu les dangers mentionnés ci-dessous.

■ *Francisella tularensis*

Francisella tularensis est l'agent étiologique d'une zoonose, la tularémie. Deux sous-espèces sont décrites : *F. tularensis* subsp. *tularensis* (type A), la plus pathogène, présente uniquement en Amérique du Nord, et *F. tularensis* subsp. *holartica* (type B), moins pathogène et présente en Europe et en Amérique. Les lièvres (en particulier le genre *Lepus*) et les petits rongeurs (Muridés, Cricétidés, Sciuridés, etc.) infectés sont considérés comme les principales sources d'infection humaine en Europe (Maurin et Gyuranecz 2016; WOAH 2022b). Une transmission est également possible par le biais d'un environnement hydrotellurique contaminé, dans lequel *F. tularensis* peut survivre plusieurs mois surtout à basses températures, par des piqûres de tiques ou de moustiques (Herrera-Rodríguez *et al.* 2024), par l'ingestion d'aliments (et notamment d'eau) contaminés ou par inhalation de poussières contaminées (Appelt *et al.* 2020; Mailles et Vaillant 2014; Maurin 2020; Maurin et Gyuranecz 2016). En France, les modes de contamination principalement observés sont les contacts avec les lièvres, les activités de loisirs de plein air exposant à des aérosols de poussière (jardinage, jogging, VTT, etc.) et les piqûres de tique (Mailles et Vaillant 2014).

Aux États-Unis, les ovins ont été décrits comme porteurs ou infectés par *F. tularensis* de type A (Maurin et Gyuranecz 2016) avec des foyers ovins accompagnés de fortes mortalités (WOAH 2022b). En Europe, la littérature ne mentionne pas de portage ni d'infection par *F. tularensis* de type B chez les ovins. Des études de séroprévalence en Espagne montrent des niveaux de positivité très faible (inférieure à 0,5 %) (Mínguez-González *et al.* 2021). Par conséquent, ce danger biologique n'a pas été retenu dans la deuxième liste.

■ *Mycobacterium bovis*

Le LNR Tuberculose n'a pas connaissance de liens avérés entre la contamination de la laine et la transmission d'agents de tuberculose de mammifères (infection due au complexe de

Mycobacterium tuberculosis et particulièrement *M. bovis*, *M. caprae*, *M. tuberculosis*) (Ponsart communication personnelle).

En outre, la description de la tuberculose chez les ovins est rare, très peu de cas ont été décrits ces derniers années (Malone *et al.* 2003; Marianelli *et al.* 2010; van der Burgt *et al.* 2013; Muñoz Mendoza *et al.* 2012). Même si *M. bovis* venait à se coller ou à persister dans la laine, il serait improbable qu'elle puisse s'aérosoliser, compte tenu du caractère particulièrement hydrophobe de sa membrane. En ce qui concerne les aspects cliniques, la tuberculose cutanée étant une forme rare chez les ruminants, le risque lors de la tonte serait très faible. Aucune forme mammaire de tuberculose n'ayant été décrite chez les ovins, le risque semble également très faible à nul. Enfin, les excréptions urogénitales et fécales de *M. bovis*, qui sont des voies d'excration moins importantes chez les bovins (Rodríguez-Hernández *et al.* 2023), ne sont pas du tout décrites chez les ovins. Par conséquent, ce danger biologique n'a pas été retenu dans la deuxième liste.

■ Virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO) (*bluetongue virus* - BTV)²⁰

La fièvre catarrhale ovine (FCO) est une maladie vectorielle non zoonotique due à un *Orbivirus*, le *bluetongue virus* (BTV). Elle affecte les ruminants domestiques et sauvages. Parmi les différents sérotypes identifiés, les sérotypes BTV3 et BTV8, auxquels s'ajoute le BTV4 en Corse, sont actuellement très largement présents en France hexagonale, à un niveau enzootique. Ces BTV sont transmis par piqûre de moucherons du genre *Culicoïdes*. Hormis la possibilité de transmission génitale et congénitale, leur cycle épidémiologique nécessite cette transmission vectorielle par inoculation. Aucune transmission directe par contact, dont celui avec de la laine souillée par des sécrétions génitales, n'a été décrite. De plus, les BTV ont en commun une très faible résistance dans le milieu extérieur.

La laine ne joue donc aucun rôle dans l'épidémiologie de la FCO, tant en ce qui concerne les BTV que les *Culicoïdes* et leur cycle de développement. Par conséquent, le GT n'a pas retenu les BTV dans la deuxième liste.

■ Virus de la maladie hémorragique épizootique (MHE) (*Epizootic haemorrhagic disease virus* - EHDV)²¹

La maladie hémorragique épizootique (MHE) est une maladie vectorielle non contagieuse et non zoonotique due à un *Orbivirus*, l'*Epizootic haemorrhagic disease virus* (EHDV). En Europe, elle affecte les bovins et très secondairement les cervidés. Les ovins, comme les caprins, peuvent être porteurs du virus, des signes cliniques n'ayant encore été observés que chez des ovins. A l'heure actuelle, le sérototype circulant en Europe occidentale est l'EHDV-8.

La transmission de l'EHDV est également assurée par la piqûre de *Culicoïdes*. Son cycle épidémiologique nécessite cette transmission vectorielle par inoculation et aucune transmission directe par contact n'est connue. Comme les BTV, l'EHDV présente une très faible résistance dans le milieu extérieur.

La laine ne joue donc aucun rôle dans l'épidémiologie de la MHE, ce qui a conduit le GT à ne pas retenir le virus de la MHE dans la deuxième liste.

■ Virus de la fièvre hémorragique de Crimée Congo (CCHFV)

La fièvre hémorragique de Crimée Congo (FHCC) est une zoonose virale due à un *Orthonairovirus*, le CCHFV. En France, le virus a été isolé chez des tiques de l'espèce

²⁰ <https://www.anses.fr/fr/content/la-fievre-catarrhale-ovine-fco-ou-bluetongue-en-5-questions>

²¹ <https://www.anses.fr/fr/content/maladie-hemorragique-epizootique>

Hyalomma marginatum collectées en 2022 et 2023 sur des bovins et des chevaux dans les Pyrénées-Orientales (PO). La présence du virus est suggérée dans les PO chez des bovins, et en Corse chez des bovins, ovins et caprins, par détection d'anticorps dirigés contre le CCHFV. Aucun cas humain autochtone n'a été décrit à ce jour (Anses 2024, 2023a).

La transmission du CCHFV s'effectue très majoritairement par piqûre de tique du genre *Hyalomma*, dont les espèces *H. marginatum* et/ou *H. lusitanicum* et/ou *H. scupense* sont présentes dans certaines zones du pourtour méditerranéen. La transmission virale peut également s'effectuer par contact direct, principalement avec le sang d'un animal ou d'un être humain virémique. À ce titre, l'Anses a estimé de 0 à 1 (sur une échelle de 0 à 9, Afssa (2008b)) la probabilité de survenue d'une infection humaine par des supports et du matériel contaminés par du sang, du fait de la faible persistance du CCHFV dans le milieu extérieur, a fortiori dans les périodes de circulation virale défavorables à sa survie²² (Anses 2024). En outre, les quelques données disponibles sont en faveur de l'absence de contamination du lait et de l'appareil génital (Anses 2024).

Pour les animaux infectés par le CCHFV, la laine ne joue pas de rôle dans l'épidémiologie de l'infection/la maladie. Par conséquent, le GT n'a pas retenu le CCHFV dans la deuxième liste.

■ Lyssavirus : virus rabique (RABV) et Lyssavirus hamburg (EBLV-1)

Ces *Lyssavirus* se transmettent par contact direct entre mammifères par la salive d'un animal infecté mise au contact d'une muqueuse ou d'une peau lésée lors d'une morsure, d'une griffure ou du léchage d'une plaie. Ils sont très fragiles en dehors d'un organisme infecté, donc dans le milieu extérieur (Anses 2023a)²³. Par conséquent, le GT n'a pas retenu ces agents pathogènes dans la deuxième liste.

■ Virus de la fièvre aphteuse (Foot-and-mouth disease virus - FMDV)

La fièvre aphteuse (FA) est une maladie non zoonotique, très contagieuse, due à un *Aphtovirus*, le *Foot-and-mouth disease virus* (FMDV) qui touche uniquement les Artiodactyles domestiques (bovins, ovins, caprins et porcins) et sauvages (cervidés, antilopes, etc.). Compte tenu de sa contagiosité particulièrement importante et de ses conséquences socio-économiques majeures, la FA fait l'objet d'une stratégie de lutte internationale initiée par la FAO et l'OMSA²⁴. Le virus se transmet directement, d'animal à animal, ou par contact avec du matériel contaminé, des produits animaux, des véhicules, etc. Il peut également être transporté par le vent sur des distances très importantes à partir d'un élevage infecté.

En ce qui concerne la laine, dans deux anciennes études expérimentales, le FMDV a été trouvé dans la laine de moutons infectés ou au contact d'animaux infectés (Callens *et al.* 1998; McColl *et al.* 1995). La persistance de souches de FMDV dans des échantillons de laine contaminés expérimentalement a varié selon la température (33 à 68 heures à 37°C, 11 à 12 jours à 18°C, 48 à 72 jours à 4°C selon la souche utilisée) (McColl *et al.* 1995). En outre, la laine est prise en compte dans les mesures de gestion de la FA. Ainsi, l'OMSA décrit des procédés d'inactivation du FMDV dans la laine, notamment le stockage de la laine à 4°C pendant quatre mois, à 18°C pendant quatre semaines ou à 37°C pendant huit jours (WOAH 2022a). En Europe, les mouvements de sous-produits animaux, dont la laine, à partir d'établissements situés dans les zones réglementées autour des foyers de FA, sont interdits (règlement délégué (UE) 2020/687). En outre, l'importation de laine sur le territoire européen

²² Mars à fin juillet, avec un pic en mai

²³ La France hexagonale est indemne de rage (RABV) des mammifères non volants (au sens de l'OMSA) depuis 2001 (Anses 2023b). L'EBLV-1 est présent en France hexagonale.

²⁴ <https://www.anses.fr/fr/content/la-fievre-aphteuse>

n'est autorisée que depuis un pays tiers ou une région de pays tiers indemne de fièvre aphteuse (règlement (UE) n° 142/2011).

La France étant actuellement indemne de FA, cet agent pathogène n'a pas été retenu dans la deuxième liste. Néanmoins, compte tenu de la réémergence récente de la FA en Allemagne en janvier 2025, ainsi qu'en Hongrie et en Slovaquie en mars 2025, le GT souligne la vigilance à adopter en cas d'apparition de foyers en France notamment vis-à-vis de la laine dans laquelle le FMDV peut persister.

3.3.2 Dangers biologiques retenus dans la deuxième liste

Les dangers biologiques ont été retenus dans la deuxième liste (1) lorsqu'ils sont présents en France hexagonale et (2) lorsque la laine en saut pourrait jouer un rôle dans l'épidémiologie de la maladie, i.e. les dangers biologiques peuvent être présents dans la laine suite à différentes modalités de contamination telles que le lieu d'infestation, la présence de lésions cutanées (rupture d'abcès, croûtes, etc.), une excréption fécale, un avortement, etc. et persister dans la laine sous une forme infectieuse.

Les experts du GT soulignent le manque de données bibliographiques sur la présence effective des dangers biologiques dans la laine et sur le niveau de sa contamination. En l'absence de telles données, les experts ont souvent raisonné sur la possibilité théorique d'une présence de ces dangers biologiques dans la laine en saut. De plus, il est important de souligner l'incertitude (estimée de niveau moyen par les experts) des conclusions du GT concernant certains dangers biologiques retenus dans la deuxième liste, même si des études avaient identifié ces microorganismes dans la laine. À titre d'exemple, les études concernant certains agents pathogènes intestinaux, retenus par le GT et susceptibles de contaminer la laine, portent dans la grande majorité des cas sur de la laine prélevée soit sur des moutons en élevage, soit à l'abattoir sur des moutons avant ou après abattage. À l'abattoir, les moutons sont parqués en aire d'attente et les conditions environnementales de cette aire, ainsi que le transport des animaux de l'élevage vers l'abattoir, peuvent favoriser la contamination des toisons (stress des animaux conduisant à une sur-excrétion fécale des agents pathogènes, contaminations croisées). Ceci a été démontré par exemple pour les STEC et les salmonelles chez les bovins (Arthur *et al.* 2008), et pour *Campylobacter* chez les ovins (Jones, Howard et Wallace 1999). Ainsi, la contamination de la laine des animaux testés en abattoir pourrait être surévaluée par rapport à la situation en élevage lors de la tonte. Par ailleurs, l'excrétion fécale de bactéries pathogènes intestinales par les animaux en élevage varie en fonction de la saison (Auvray *et al.* 2023) et de l'état physiologique des animaux (sevrage, mise-bas, etc., Jones, Howard et Wallace (1999)). Cela contribue à l'incertitude quant au niveau de contamination possible de la toison des moutons au moment de la tonte.

Le Tableau 1 présente les dangers biologiques retenus par les experts.

Tableau 1 Deuxième liste : parmi les dangers biologiques de la première liste, dangers présents en France hexagonale pouvant être présents dans la laine en suint

Dangers biologiques des ovins	Maladies
<i>Bacillus anthracis</i>	Fièvre charbonneuse
Bactéries antibiorésistantes	Sans objet
<i>Bovicola ovis</i>	Phtiriose
<i>Brucella melitensis</i>	Brucellose
<i>Brucella ovis</i>	Épididymite ovine
<i>Campylobacter jejuni</i> et <i>C. coli</i>	Campylobactérose
<i>Chlamydia abortus</i>	Avortement enzootique des brebis ou chlamydiose ovine
<i>Clostridium botulinum</i>	Botulisme
<i>Clostridium chauvoei</i>	Charbon symptomatique
<i>Clostridium perfringens</i>	Entérotoxémie
<i>Clostridium tetani</i>	Tétanos
<i>Corynebacterium pseudotuberculosis</i> biovar Ovis	Lymphadénite caséuse
<i>Coxiella burnetii</i>	Fièvre Q
<i>Dichelobacter nodosus</i> et <i>Fusobacterium necrophorum</i>	Piétin du mouton
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) productrices de vérotoxines (VTEC) ou shigatoxines (STEC) (pour <i>Shigatoxin/Verotoxin producing E. coli</i>)	Infection à STEC/VTEC
<i>Leptospira</i> spp.	Leptospirose
<i>Listeria monocytogenes</i>	Listériose
<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i>	Paratuberculose
<i>Parapoxvirus Orf</i>	Ecthyma contagieux
Prion (ou PrPSc)	Tremblante classique et atypique
<i>Psoroptes ovis</i>	Gales
<i>Salmonella Abortusovis</i>	Salmonellose
<i>Salmonella diarizonae</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Dublin</i>	Salmonellose
<i>Trichophyton verrucosum</i>	Dermatophytose
Tiques (<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Hyalomma marginatum</i> , <i>H. lusitanicum</i> et <i>H. scupense</i> , <i>Rhipicephalus bursa</i>)	Maladies liées à des agents pathogènes transmis par ces tiques*

*Nécessité de transmission vectorielle, les agents pathogènes ne résistent pas dans l'environnement, donc dans la laine, sauf exception

Le GT a retenu dans la deuxième liste les espèces de tiques présentes en France : *Ixodes ricinus*, *Hyalomma marginatum*, *H. lusitanicum* et *H. scupense*, *Rhipicephalus bursa*. *Ixodes ricinus*, présente sur l'ensemble du territoire hexagonal, est la tique la plus fréquemment rencontrée chez les ovins. Plusieurs agents pathogènes peuvent être vectorisés par cette tique, par exemple *Anaplasma ovis*, *A. phagocytophilum*, *A. marginale*, *Mycoplasma ovis*,

Borrelia spp., *Babesia divergens* (Chauvet et L'Hostis 2005; L'Hostis, Bureauud et Gorenflo 1996; L'Hostis et Seegers 2002), ou *C. burnetii* qui a notamment une transmission vectorielle (cf. Annexe 4). Au printemps, période d'activité maximale d'*I. ricinus*, les ovins sont fréquemment infestés, parfois de façon massive, par des tiques (larves, nymphes ou adultes) qui peuvent être fixées à la peau ou, pour certaines, libres dans la laine. Les ovins peuvent également être infestés par d'autres tiques telles que *Hyalomma marginatum* (avec des niveaux d'infestation très inférieurs à ceux des bovins et des chevaux, Anses (2024)). Cette tique est présente en Corse et dans certaines zones du pourtour méditerranéen français et vectrice notamment de *Theileria annulata* et du CCHFV. *Rhipicephalus bursa*, présent en Corse et dans le sud de la France hexagonale est vecteur de parasites chez les ruminants tels qu'*Anaplasma ovis*, *A. marginale*, *Babesia ovis*, *B. bigemina*, *B. bovis* et *B. motasi* (Grech-Angelini et al. 2016; Perez et al. 2020).

Ces tiques peuvent se retrouver libres dans la laine en suint après la tonte et, sous réserve qu'elles parviennent à poursuivre leur cycle, pourraient contaminer un hôte animal ou humain par un agent pathogène dont elles seraient porteuses. Ces tiques libres dans la laine ont donc été retenues dans la deuxième liste. Le GT note que la tonte pourrait entraîner l'éclatement de tiques fixées à la peau et gorgées de sang et ainsi souiller la laine, voire la contaminer par des agents pathogènes si elles en sont porteuses. Cependant, la transmission de ces agents pathogènes est, sauf exception (e.g. *C. burnetii*), exclusivement vectorielle. Par conséquent, dans ce scénario, la laine ne joue pas de rôle dans l'épidémiologie de ces dangers vectorisés.

3.4 Troisième liste : dangers biologiques les plus importants pour (i) la santé animale, (ii) la santé humaine et (iii) l'environnement

Plusieurs dangers biologiques n'ont pas été retenus par le GT dans la troisième liste dans la mesure où, s'ils peuvent contaminer la laine, celle-ci joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport à d'autres supports ou matrices tels que le sol ou les effluents d'élevage (e.g. litière) et/ou à d'autres excrétas (fèces, produits d'avortements, abcès, etc.). De même, le fait que la contamination ne puisse avoir lieu que par voie orale a également été un critère pris en compte pour exclure certains agents pathogènes.

Après analyse en expertise collective des critères relatifs à chaque danger de la deuxième liste, le GT a finalement retenu six dangers biologiques dans la troisième liste : *Bacillus anthracis*, *Brucella melitensis*, *Corynebacterium pseudotuberculosis*, *Coxiella burnetii*, le *Parapoxvirus Orf* et *Trichophyton verrucosum* (Tableau 2). Chacun de ces dangers fait l'objet d'une fiche de présentation synthétique en Annexe 4. Les dangers non retenus sont listés dans le tableau en Annexe 5, avec les commentaires justifiant ce résultat. Le niveau d'incertitude lié à cette analyse a été considéré faible (*B. anthracis* ou *C. burnetii*) à moyen (*B. melitensis*) en fonction des données disponibles.

Tableau 2 Troisième liste : dangers biologiques les plus importants pour la santé humaine, la santé animale et pour l'environnement

Danger sanitaire Maladie	Fréquence de la maladie chez les moutons	Persistance du danger biologique dans l'environnement	Impact sur la santé					
			Santé humaine		Santé animale (mammifères domestiques et sauvages autres que les ovins, abeille domestique <i>Apis mellifera</i>)		Environnement (poissons, insectes, communautés microbiennes, flore)	
			Oui/non	Niveau de gravité ¹	Oui/non	Niveau de gravité ¹	Oui/non	Niveau de gravité ¹
<i>Bacillus anthracis</i> Fièvre charbonneuse	Faible	Longue (spores, des années)	Oui	Élevé ²	Oui (ruminants en particulier)	Élevé	Non (animaux s'infectent sur des sols contaminés)	SO
<i>Brucella melitensis</i> Brucellose	Pas de cas chez les ovins depuis 2003 ³	Courte à moyenne	Oui	Élevé	Oui (ruminants en particulier)	Élevé	Non	SO
<i>Corynebacterium</i> <i>pseudotuberculosis</i> biovar Ovis Lymphadénite caséuseuse	Moyenne	Moyenne (deux à huit mois)	Oui (rare)	Élevé	Oui, fréquent chez les caprins (cheval)	Moyen (forte morbilité, pas de mortalité)	Non	SO
<i>Coxiella burnetii</i> Fièvre Q	Élevée	Moyenne à longue (pseudo- spores)	Oui	Faible à moyen (rares cas graves) ⁴	Oui (ruminants)	Faible à moyen ⁴	Non	SO
<i>Parapoxvirus Orf</i> Ecthyma contagieux	Élevée	Longue (plusieurs années dans les croûtes)	Oui (rare)	Faible	Oui (ovidés, caprins)	Variable, formes graves rares	Non	SO
<i>Trichophyton</i> <i>verrucosum</i> Dermatophytose (teigne)	Faible	Longue (arthroconidies, jusqu'à plus de quatre ans)	Oui	Faible	Oui (tous les mammifères)	Faible	Non	SO

¹ Niveau de gravité : faible, moyen, élevé, sans objet (SO)² Dans la littérature, plus de 90 % des cas humains dans les usines de traitement de laine sont des formes cutanées.³ Présence d'un réservoir sauvage dans les massifs du Bargy et des Aravis.⁴ L'infection à *Coxiella burnetii* est souvent asymptomatique chez les humains et les animaux.

Les dangers microbiens que le GT a retenus dans la troisième liste ont été associés à des infections humaines suite à un contact avec la laine.

Ainsi, des infections (voire épidémies) à *Bacillus anthracis*, par inhalation ou par voie cutanée, ont été rapportées dans des usines de traitement de laine aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Suisse et en Nouvelle-Zélande (Watson et Keir 1994). Ces infections ont été nombreuses dans les usines de traitement de la laine au 19^{ème} et au début du 20^{ème} siècle (*woolsorters' disease*), mais souvent associées à de la laine d'importation (Derzelle, Aguilar-Bultet et Frey 2016). Plus récemment, des spores de *B. anthracis* ont été retrouvées dans les usines de traitement de la laine en Belgique, et les employés présentaient une séroprévalence (12 %) supérieure à celle de personnes non exposées (3 %), mais les cas humains de fièvre charbonneuse sont très rarement diagnostiqués chez les employés de ces usines (Kissling et al. 2012). Par ailleurs, bien que rare, la fièvre charbonneuse est toujours présente en France, et des foyers sporadiques sont identifiés dans les élevages de ruminants chaque année (LNR communication personnelle).

Coxiella burnetii, agent de la fièvre Q, a été identifiée dans les années 1950 chez des tondeurs (Abinanti *et al.* 1955) et des employés d'usines de traitement de laine (Sigel *et al.* 1950), et aujourd'hui, les travailleurs de la laine sont toujours considérés à haut risque d'exposition à *C. burnetii* par l'EFSA²⁵. En France, 56 % des élevages ovins ont une sérologie positive à *C. burnetii* (Anses 2023d). La capacité de cet agent pathogène à infecter un large éventail d'hôtes sauvages et domestiques et son importante capacité de résistance dans l'environnement augmentent le risque de propagation de la bactérie entre les fermes et la faune environnante, contribuant à sa présence généralisée dans l'environnement (Tan *et al.* 2024).

Des infections dues au **Parapoxvirus Orf** ont été détectées chez les tondeurs (Kewish 1951) et tous les travailleurs en contact avec les petits ruminants sont considérés à risque d'exposition. Le virus peut persister de longues périodes dans les croûtes, et donc probablement dans la laine souillée par ces croûtes. Même si l'ecthyma contagieux n'est généralement pas une maladie grave chez l'être humain, avec un impact clinique modéré et une évolution spontanée vers la guérison, l'impact économique en élevage peut être important du fait de la forte contagiosité de la maladie et de surinfections associées (Spyrou et Valiakos 2015).

Corynebacterium pseudotuberculosis biovar **Ovis** est responsable de la lymphadénite caséeuse ovine, et la plupart des cas humains rapportés (peu nombreux) concerne des travailleurs en contact régulier avec des ovins (éleveurs, travailleurs d'abattoir, tondeurs). La bactérie a une persistance prolongée chez l'animal (nœuds lymphatiques) et une survie de quelques mois dans l'environnement.

La teigne à Trichophyton verrucosum est une maladie répandue chez les moutons, sa transmission à l'être humain se faisant par contact avec un animal infecté. C'est une maladie retrouvée chez les tondeurs. Les spores du champignon peuvent survivre pendant de longues périodes dans l'environnement et dans la laine.

Parmi les six dangers retenus, le GT a en particulier discuté le cas de **Brucella melitensis** pour finalement retenir ce danger dans la troisième liste en se fondant sur l'argumentaire ci-dessous. Au cours de ses réflexions, le GT a considéré que la vigilance devait être maintenue vis-à-vis de cette zoonose d'importance majeure en santé animale et humaine à laquelle la plupart des acteurs sont moins sensibilisés que par le passé, ce qui pourrait être à l'origine de son diagnostic tardif, notamment chez les ovins.

L'apparition de la brucellose à *B. melitensis* dans un élevage ovin se traduit par des avortements. Dans le contexte épidémiologique français, ces avortements pourraient ne pas être déclarés (déclaration obligatoire uniquement à partir de trois avortements en moins de sept jours) ou déclarés tardivement. *Brucella melitensis* pourrait ensuite constituer un danger biologique persistant dans l'environnement de l'élevage (biotique et abiotique), capable de s'installer chez d'autres espèces sensibles, domestiques ou sauvages. Actuellement la question peut notamment se poser pour les élevages ovins présents dans les massifs du Bargy et des Aravis où *B. melitensis* circule chez les bouquetins. Lors de l'estive, certains troupeaux ovins pâturent dans ces massifs à des altitudes plus élevées que les bovins et sont donc plus proches des bouquetins, tout en ne bénéficiant pas d'un gardiennage systématique. Une surveillance sérologique des animaux de ces troupeaux est effectuée, des prélèvements sanguins étant réalisés chaque année, avant et après l'estive (Instruction technique DGAL/SDSSA/2023-146).

²⁵ EFSA Story map on Q fever <https://storymaps.arcgis.com/stories/7f9d9bc1eeee4b838eaaa0d2576ee0c0>

Pour ce qui concerne plus particulièrement le rôle de la laine en sujet, les membres du GT n'ont pas connaissance de cas humains rapportés qui lui soient spécifiquement liés. Cependant, si la brucellose apparaît dans un élevage ovin, la laine pourrait jouer un rôle important dans la contamination de l'être humain et des autres animaux, que ce soit par contact, par inhalation ou par ingestion (mains souillées par exemple) et de la contamination de l'environnement. En effet, la laine peut être contaminée par les produits de mise-bas, d'avortement et les lochies, mais aussi par les écoulements vulvaires qui peuvent rester infectieux jusqu'à deux mois après l'avortement (Tittarelli *et al.* 2005). La contamination peut également concerter la laine des congénères par contact direct ou indirect.

Considérant (i) l'importance majeure de la brucellose à *B. melitensis* pour la santé humaine et la santé animale, (ii) son importante capacité de transmission entre animaux et à l'être humain (inhalation d'aérosol, contact, très faible dose infectieuse), (iii) le risque potentiel de résurgence chez les ovins en France, (iv) la moindre vigilance des acteurs de terrain à son égard et (v) son probable diagnostic tardif chez les ovins, les membres du GT ont fait le choix de retenir *B. melitensis* dans la troisième liste.

Le GT note que les dangers microbiens retenus dans la troisième liste ont également été retenus dans le cadre d'analyses de risques liés au transport ou à la manipulation de la laine, réalisées dans des pays étrangers. Ainsi, en 1998, le ministère néo-zélandais de l'Agriculture et des Forêts a commandé une analyse des risques d'importation concernant la laine brute de moutons et de chèvres (Pharo 1998). Cette évaluation des risques s'est focalisée sur les dangers pour la santé humaine, en particulier pour les personnes qui manipulent la laine, et pour la santé animale. Un inventaire des agents de maladies animales susceptibles d'être transmise par la laine a été dressé, en mettant l'accent sur les voies de transmission et la durée de survie des agents pathogènes hors de leur hôte. Le rapport identifie les maladies susceptibles d'être transmises à partir de laine importée, et pour lesquelles la durée de survie de l'agent pathogène est supérieure à une semaine. Parmi elles, la fièvre charbonneuse et la fièvre Q sont considérées comme les plus importantes. Le *Centraal Veterinair Instituut* de Wageningen (Pays-Bas) a conduit une analyse des risques microbiologiques pour l'être humain et l'animal liés à la tonte des moutons, au transport et au traitement de la laine aux Pays-Bas. La demande était d'identifier et de hiérarchiser les dangers microbiologiques présentant un risque d'infection et de propagation parmi les humains et les animaux, en raison de contacts directs ou indirects avec la laine dans la chaîne de production. Au niveau des tondeurs, le rapport retient le *Parapoxvirus Orf*, *C. burnetii* et *B. anthracis*, et au niveau de la manipulation de la laine, *C. burnetii*, *Chlamydia abortus* et *B. anthracis*. Les dangers retenus convergent donc avec ceux que le GT a retenus dans la troisième liste. De même, au Royaume Uni, l'*Association of Guilds of Weavers, Spinners et Dyers* (AGWSD) a élaboré un guide à l'attention des artisans de la laine (tisseurs, fileurs et teinturiers) (AGWSD 2018), qui identifie comme dangers liés à la manipulation de laine non lavée *B. anthracis*, *C. burnetii*, le *Parapoxvirus Orf*, *Corynebacterium pseudotuberculosis*, ainsi que *Dermatophilus congolensis* et *Borrelia burgdorferi* (tiques). Ce rapport souligne en particulier que *B. anthracis* et le *Parapoxvirus Orf* peuvent survivre pendant plusieurs années en dehors d'un animal infecté et se transmettre à l'être humain par des lésions cutanées. Là encore, une convergence est observée entre les conclusions de ce guide et les dangers retenus par le GT.

3.5 Résumé

Afin d'identifier les dangers biologiques liés à la laine de mouton en suint, les experts ont constitué une première liste de dangers biologiques qui, sans être exhaustive, recense un grand nombre d'agents pathogènes présents chez les ovins. Une seconde liste a été constituée en retenant les dangers présents en France hexagonale au moment de la rédaction du rapport et pouvant être présents dans la laine en suint. Parmi ces dangers, seuls six agents pathogènes ont finalement été considérés dans une troisième liste, comme les plus importants pour les santés humaine et animale, aucun d'entre eux n'ayant un impact environnemental : quatre bactéries, *Bacillus anthracis*, *Brucella melitensis*, *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar Ovis et *Coxiella burnetii*, un virus, le *Parapoxvirus Orf*, et un champignon, *Trichophyton verrucosum*. Il est à noter que pour la constitution de cette troisième liste, il a été tenu compte du rôle relatif que pourrait jouer la laine, en termes de source d'infection, par rapport aux autres sources possibles dans les environnements d'élevage. La sélection de ces dangers a été réalisée avec un niveau d'incertitude estimé faible à moyen par les experts en fonction des données disponibles dans la littérature. Le GT note que ces résultats convergent avec des identifications de dangers biologiques dans la laine de mouton en suint conduites en Nouvelle-Zélande, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni.

4 Dangers chimiques liés à la laine de mouton en suint

4.1 Méthode d'expertise

La présence éventuelle et le niveau des contaminants chimiques dans la laine de mouton en suint ne font l'objet d'aucune réglementation. En l'absence d'une liste de substances chimiques définie par la réglementation, les experts ont déterminé en expertise collective des groupes de substances chimiques susceptibles d'être présentes dans la laine de mouton en suint. Ils ont ainsi identifié :

- des substances appliquées ou administrées volontairement aux moutons, i.e. des peintures de marquage, des produits à base d'extraits végétaux et des médicaments vétérinaires ;
- les substances chimiques présentes dans l'environnement auxquelles peuvent être exposés les moutons.

Le Tableau 3 résume les substances chimiques identifiées par le GT.

Tableau 3 Substances chimiques susceptibles d'être présentes dans la laine de mouton en suint

Substances appliquées ou administrées volontairement aux moutons	Médicaments vétérinaires (médicaments autorisés en France)	Antiparasitaires externes ²⁶ : pyréthrinoïdes (deltaméthrine, cyperméthrine), organophosphoré (phoxime), inhibiteur de la croissance larvaire (<i>insect growth regulator - IGR</i>) (dicyclanil)
		Antiparasitaires externes et internes (endectocides) : lactones macrocycliques (doramectine, éprinomectine, ivermectine, moxidectine)
		Antibiotiques (spray ou tropisme cutané) : oxytétracycline, thiampénicol, pénicillines
	Produits à base d'extraits végétaux	
Substances présentes dans l'environnement	Peintures de marquage	
	Produits phytopharmaceutiques (herbicides, fongicides, insecticides)	
	Eléments traces métalliques (ETM)	
	Dioxine/polychlorobiphényles (PCB)	

Après avoir réalisé ce recensement, une recherche bibliographique approfondie a été conduite afin d'obtenir des données sur ces différentes substances chimiques dans la laine en suint. La démarche est présentée en Annexe 2. Cette recherche n'a permis d'obtenir qu'un nombre très limité de publications d'intérêt. Aucune publication pertinente n'a été identifiée pour les produits à base d'extraits végétaux et les peintures de marquage dans la laine de mouton en suint. Le GT a choisi de présenter et de discuter dans les paragraphes ci-dessous les substances chimiques pour lesquelles quelques données ont été obtenues.

4.2 Médicaments vétérinaires

4.2.1 Antiparasitaires (AP)

Les ovins sont régulièrement atteints de parasitoses externes (gales, phtirioses, myiases, infestation par les tiques, etc.). Le comportement grégaire des moutons favorise en outre la

²⁶ Antiparasitaires ayant une action sur les parasites externes quelle que soit sa voie d'administration

diffusion et le maintien des parasites cutanés au sein du troupeau. La fréquence de ces infestations parasitaires dépend de différents facteurs : zones géographiques de présence du parasite (mouches, tiques), pratiques d'élevage, conditions d'hébergement, biosécurité mise en œuvre, etc. La présence plus ou moins régulière de ces parasites au sein d'un troupeau ovin peut ainsi conduire à l'utilisation plus ou moins fréquente d'antiparasitaires (AP). En outre, l'émergence ou la réémergence de maladies vectorielles (FCO, MHE, etc.), ainsi que l'installation de parasites dans de nouvelles régions peuvent accroître le recours aux AP.

4.2.1.1. AP externes et internes (endectocides) : les lactones macrocycliques

Les quatre lactones macrocycliques disposant d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) chez les ovins, à savoir l'ivermectine, la doramectine, l'éprinomectine et la moxidectine peuvent être administrées par voie injectable (toutes), buvable (ivermectine et moxidectine) ou *pour on*²⁷ (éprinomectine uniquement). Bien qu'elles soient efficaces contre certains parasites externes (gales, poux piqueurs), leur utilisation très majoritaire concerne le traitement des parasitoses internes.

Leur toxicité vis-à-vis des arthropodes terrestres et des organismes aquatiques est très importante, de même que leur persistance au sein des écosystèmes et des chaînes trophiques (Anses 2023c). Après administration, leur métabolisation au sein de l'organisme conduit essentiellement à une excréition fécale et urinaire. En ce sens, plusieurs résumés des caractéristiques des produits (RCP) de ces médicaments vétérinaires précisent qu'il convient de maintenir les animaux, lors du traitement et des jours qui suivent, à distance des points d'eau, en soulignant la dangerosité de ces substances pour les organismes aquatiques et les arthropodes terrestres.

A la connaissance du GT, aucune étude scientifique ne s'est intéressée aux concentrations des lactones macrocycliques présentes dans la laine de mouton à la suite d'un traitement, quelle qu'en soit la voie d'administration. Une publication relative à l'évolution des concentrations en moxidectine dans les poils de cinq bovins après injection longue action (Dupuy, Sutra et Alvinerie 2007) a par ailleurs été identifiée. La moxidectine a été retrouvée dans les poils probablement suite à son excréition par le sébum du fait de sa lipophilie.

Malgré l'excration des lactones macrocycliques majoritairement fécale et urinaire, seule la formulation *pour on* (éprinomectine) pourrait conduire à la présence de résidus notables dans la laine. Or, sur le terrain, l'utilisation de l'éprinomectine en *pour on* chez les ovins est très peu fréquente, ce qui a été notamment confirmé par une enquête réalisée auprès de prescripteurs dans le département des Deux-Sèvres (Poussard *et al.* 2023). Il est à noter que les RCP des médicaments contenant des lactones macrocycliques ne font pas mention de la laine et n'évoquent aucune recommandation de délai vis-à-vis de la tonte, même en ce qui concerne la formulation *pour on*.

En raison d'une part, et principalement, de leur excréition majoritairement fécale et urinaire et, d'autre part, de la faible fréquence d'utilisation chez les ovins de la formulation *pour on* (également excrétée selon les mêmes voies après son absorption), le GT n'a donc pas retenu les lactones macrocycliques en tant que danger chimique pour la laine en suint.

²⁷ Traitement, le plus souvent antiparasitaire, se présentant sous la forme d'un liquide appliqué sur la ligne dorso-lombaire de l'animal sous forme d'une bande étroite, du garrot jusqu'à la base de la queue.

4.2.1.2. AP externes (APE)

4.2.1.1.1 Identification des substances d'intérêt

L'arsenal thérapeutique en matière d'APE s'est considérablement réduit en France et en Europe ces dernières décennies : disparition des organochlorés (lindane), d'un carbamate (carbaryl), de nombreux organophosphorés (dimpylate, propétamphos, coumaphos, crotoxyphos), du fenvalérate et de l'amitraze.

Actuellement en France, trois familles de molécules sont autorisées pour le traitement et la prévention des parasitoses externes chez les ovins et sont donc susceptibles d'être présentes dans la laine :

- un organophosphoré, le phoxime,
- deux pyréthrinoïdes, la cyperméthrine et la deltaméthrine,
- un inhibiteur de la croissance larvaire (IGR), le dicyclanil.

Les AP de ces familles sont administrés par voie externe (application directe sur la laine par bain, douche, pulvérisation ou par voie *pour on*). La concentration et la persistance de ces molécules dans la laine constituent l'un des critères recherchés pour améliorer l'efficacité de ces médicaments (illustré par l'article de Johnson *et al.* (1995) avec l'efficacité sur les poux *Bovicola ovis*). Elles varient selon la molécule utilisée, la nature des excipients, la dose utilisée, la modalité d'administration, le nombre d'applications et la nature de la laine (longueur des fibres - Horton *et al.* (1997), Ward et Armstrong (1998)-, texture, etc.) (Anses 2023c; Ranford, Swan et van Koten 2022). À titre d'exemple, pour les organophosphorés, l'application par baignade génère des teneurs 2 à 2,5 fois supérieures à celles résultant de l'application par pulvérisation (Horton *et al.* 1997).

D'après la synthèse bibliographique de Ranford, Swan et van Koten (2022), en Australie et en Nouvelle-Zélande, le niveau de résidus d'APE dans la laine en suint après la tonte est influencé par quatre facteurs : la formation des éleveurs à l'utilisation des APE, le respect de périodes d'attente entre le traitement et la tonte pour permettre leur élimination ou l'atteinte de niveaux suffisamment faibles, le respect des doses de traitement recommandées et l'utilisation exclusive de matières actives autorisées.

En France, les RCP²⁸ de certains de ces antiparasitaires donnent des recommandations quant au moment de leur administration par rapport à la tonte. Ainsi :

- les RCP de la plupart des médicaments contenant de la deltaméthrine recommandent de traiter les animaux sur toison courte, peu de temps après la tonte. En respectant ces recommandations, les niveaux résiduels de cet APE dans la laine devraient être négligeables à très faibles lors de la tonte suivante au vu des données de persistance dans la laine allant jusqu'à environ trois mois (Johnson *et al.* 1995; Kettle, Watson et White 1983)²⁹ ;
- le RCP du médicament contenant de la cyperméthrine indique que « les moutons peuvent être traités après la tonte ou à tout moment pendant l'année » et recommande de tondre la zone anogénitale, la laine souillée réduisant l'efficacité du médicament ;

²⁹ Kettle, Watson et White (1983) ont mesuré le niveau de résidus de deltaméthrine dans la laine selon le mode d'administration et le délai après la tonte à différents points de la toison. La persistance des résidus de deltaméthrine est plus longue lorsque le produit est appliqué par baignation 6 semaines après la tonte (persistance supérieure à 84 jours) que lorsqu'il est administré par voie *pour on* à des moutons juste tondus ou 3 semaines après la tonte (chute du niveau de résidus à certains points de prélèvements à partir de 4 semaines après l'application). Johnson *et al.* (1995) confirment ce résultat avec une persistance jusqu'à 98 jours après une application en *pour on* sur des moutons Mérinos juste après la tonte (hauteur de tonte : 3 mm de toison).

- les RCP des médicaments contenant du dicyclanil recommandent (i) pour le Clikzin 12,5 mg/mL® de ne pas traiter les ovins ayant une toison de moins de trois semaines, (ii) pour le Clik® de ne pas tondre les moutons dans les trois mois suivant le traitement ;

■ les RCP des médicaments contenant du phoxime ne mentionnent ni la laine ni la tonte. Le GT souligne l'importance du respect de ces RCP concernant la chronologie et le délai entre tonte et application des médicaments vétérinaires, afin de limiter la présence des résidus d'APE dans la laine tonde, comme durant les périodes usuelles de traitements APE citées en exemple dans l'annexe 6. Les experts notent également l'importance du respect des doses utilisées, notamment lors de dilutions pour les solutions extemporanées, parfois difficiles à maîtriser (possibilité de concentration excessive). Il est à noter que la principale période de tonte s'étend de la fin du printemps au début de l'été dans la majorité des élevages. Cependant, dans les cas où les brebis sont tondues quelques semaines avant l'agnelage, une tonte peut être réalisée en milieu ou fin d'hiver. Dans ce cas, lors de la tonte suivante au printemps, les teneurs résiduelles en APE dans la laine pourraient être plus élevées.

4.2.1.1.2 *Impacts des APE d'intérêt sur les santés humaine, animale et sur l'environnement*

Plusieurs études, parfois anciennes (par exemple pour le phoxime), et rapports de l'Anses (Anses 2018a, 2023c, 2025) ont rapporté des effets des substances identifiées au § 4.2.1.1 sur les santés humaine, animale et sur l'environnement (Tableau 4).

- Les pyréthrinoïdes (cyperméthrine et deltaméthrine) et le phoxime présentent une toxicité élevée pour l'être humain et l'animal, principalement neurologique. En outre, concernant l'être humain, l'Anses a récemment publié un rapport sur (i) des effets sur le neurodéveloppement des enfants de mères exposées pendant la grossesse, ainsi que des atteintes spermatiques et un risque de leucémie lymphoïde chronique/ lymphome lymphocytaire en lien avec une exposition professionnelle en lien avec les pyréthrinoïdes et (ii) des troubles cognitifs chez l'adulte et chez l'enfant, des atteintes spermatiques ou des troubles de croissance foetale en lien avec les organophosphorés (Anses 2025). Chez les animaux, une toxicité aiguë a été rapportée chez plusieurs espèces sauvages et domestiques dont le chat, espèce très sensible aux pyréthrinoïdes (Bertero *et al.* 2020; Caloni *et al.* 2016). Concernant l'environnement, les pyréthrinoïdes et les organophosphorés présentent une toxicité élevée, notamment chronique, pour les organismes aquatiques et pour des espèces non-cibles (Anses 2023c, 2025; EFSA *et al.* 2018). En outre, le phoxime a un effet notable sur l'activité microbienne du sol (Anses 2023c).
- Concernant le dicyclanil, peu de données sont disponibles. Les études en laboratoire ont montré chez le rat des effets hépatotoxiques et une augmentation des taux plasmatiques de cholestérol et de triglycérides (Food Safety Commission of Japan 2018). Dans l'environnement, le dicyclanil est peu毒ique pour les vertébrés aquatiques, plus毒ique pour les arthropodes aquatiques et terrestres (Anses 2023c), notamment les mouches coprophiles (RCP, Hempel *et al.* (2006)).

Concernant la toxicité de ces substances pour certains organismes aquatiques, le GT note que plusieurs RCP précisent d'appliquer les produits à distance de points d'eau en soulignant la dangerosité des substances pour ces organismes.

Tableau 4 Fréquence d'utilisation, persistance dans l'environnement et impact des APE

APE	Nombre d'applications par an (contexte classique d'élevage) (Autef communication personnelle)	Persistance du danger dans l'environnement	Impact sur la santé*					
			Santé humaine		Santé animale		Environnement	
			Oui/non	Niveau de toxicité	Oui/non	Niveau de toxicité	Oui/non	Niveau de toxicité
Cyperméthrine et deltaméthrine (pyréthrinoides)	0 à 3 par an	Composés classés non persistants ou bioaccumulables dans les organismes vivants ou l'environnement Cyperméthrine : DT ₅₀ (j) sol : 14-28 j ; entre 6 et 24 jours dans les sols (à 20°C) en condition aérobie, et plus de 45 jours en conditions anaérobies ; métabolites plus persistants : DT ₅₀ > 40 j (type de sol : argile / sable) ; DT ₅₀ eau < 1 j ; DT ₅₀ sédiment < 20 j (Anses 2023c) Deltaméthrine : DT ₅₀ sol : 48 j* à 12°C, métabolite : 5,6 j* à 12°C ; DT ₅₀ eau : 1 j ; DT ₅₀ sédiment : 55 à 133 j à 20°C (Anses 2023c)	Oui	Élevée Neurotoxicité (Oyovwi <i>et al.</i> 2024). Effets sur le neurodéveloppement des enfants (exposition prénatale) (Anses 2025)	Oui	Élevée Neurotoxicité Intoxications aiguës chez les animaux domestiques (chats, chiens, chevaux, etc.) (Caloni <i>et al.</i> 2016) Toxicité très élevée pour <i>Apis mellifera</i> (Bertero <i>et al.</i> 2020)	Oui	Toxicité très élevée pour les insectes non-cibles (e.g. coléoptères coprophages, Virlouvet (2003)), les pollinisateurs et pour les organismes aquatiques ; entraîne des effets néfastes à long terme (EFSA <i>et al.</i> 2018)
Phoxime (organophosphoré)	0 à 1 par an maximum	Composés classés non persistants ou bioaccumulables dans les organismes vivants ou l'environnement DT ₅₀ sol : 17,3 j (laboratoire), 18,3 j (terrain) ; DT ₅₀ eau : 7,2 j à pH 7 ; DT ₅₀ sédiment : non connue (Anses 2023c)	Oui	Élevée Neurotoxicité. Troubles cognitifs chez l'adulte (exposition professionnelle), troubles neurologiques chez l'enfant (exposition prénatale) (Anses 2025)	Oui	Modérée à élevée chez les vertébrés terrestres (Anses 2023c) Intoxications aiguës rapportées chez des espèces animales domestiques (chat, chien, poule <i>Gallus gallus domesticus</i>) et sauvages (renard <i>Vulpes vulpes</i> , loup <i>Canis lupus</i> , buse variable <i>Buteo buteo</i> , pigeon – famille <i>Columbidae</i> , etc.) (Bertero <i>et al.</i> 2020)	Oui	Toxicité très élevée pour les organismes aquatiques Toxicité modérée pour le ver de terre (<i>Eisenia fetida</i>) Effet notable sur l'activité microbienne du sol (Anses 2023c)

					Toxicité modérée pour <i>Apis mellifera</i> (Anses 2023c)			
Dicyclanil (IGR)	0 à 2 par an, selon situation myases	Non classé comme un composé persistant ou bioaccumulable dans les organismes vivants ou l'environnement DT ₅₀ sol molécule mère : 1,5 j — > produit de dégradation (CGA 297107) DT ₅₀ = 157 jours ; DT ₅₀ ea : non biodégradable en 29 j ; DT ₅₀ sédiment : non connue (Anses 2023c)	Oui	Hépatotoxicité, impact sur le métabolisme du cholestérol et des phospholipides	Oui	Faible toxicité chez les vertébrés terrestres (Anses 2023c) Chien : augmentation des taux plasmatiques de cholestérol et de phospholipides (Food Safety Commission of Japan 2018) Rat : hépatotoxicité (Food Safety Commission of Japan 2018) Toxicité marquée pour <i>Apis mellifera</i> (Anses 2023c)	Oui	Toxique pour les arthropodes terrestres et aquatiques (Anses 2023c) Peu毒ique chez les vertébrés aquatiques (Anses 2023c) Pas de données pour les vers de terre, la microfaune du sol ou les végétaux (Anses 2023c)

*valeurs moyennes normalisées

Par conséquent, les antiparasitaires externes actuellement autorisés chez les ovins (cyperméthrine, deltaméthrine, phoxime et dicyclanil) ont été retenus par le GT comme dangers chimiques possiblement présents dans la laine au moment de la tonte en raison de leur large utilisation, de leur présence et leur persistance dans la laine ainsi que de leur toxicité souvent élevée pour l'être humain, l'animal et l'environnement. La présence de résidus de ces substances dans la laine de mouton en suint dépend en particulier du moment de la tonte par rapport au moment de l'application du traitement antiparasitaire. À ce titre, les experts soulignent l'intérêt du respect des RCP lorsque ceux-ci émettent des recommandations sur le moment de la tonte et, par ailleurs, sur la distance entre le site de traitement des moutons et certains sites sensibles (cours d'eau, sources, captage et points d'eau, etc.).

4.2.2 Antibiotiques

Parmi les antibiotiques couramment utilisés chez les ovins, certains comme l'oxytétracycline et le thiamphénicol (traitement des infections du pied ou du sabot, des plaies cutanées) le sont sous forme de spray. Dans ce cas, la contamination de la toison des moutons est directe lors des traitements. Le GT note toutefois que les zones souvent traitées (pieds et sabots) ne sont pas tondues. Pour d'autres antibiotiques utilisés sous forme injectable, comme les bêta-lactamines (pénicilline, amoxicilline) ou l'oxytétracycline, l'excrétion principalement rénale entraîne plus probablement une contamination des toisons par les urines souillant les litières (Riad *et al.* 2021). Par ailleurs, bien que cela ne représente probablement pas une voie d'excrétion majeure de ces antibiotiques, il est également possible, compte tenu de leur distribution systémique et de leur présence dans diverses sécrétions corporelles (urine, fèces, lait), que des résidus puissent également être présents dans la sueur ou le sébum des moutons sous traitement et ainsi contaminer leur toison. Les résidus d'antibiotiques présents dans la laine sur l'animal vont être retrouvés dans la laine en suint tondu. Cependant, si la présence de résidus d'antibiotiques dans le lait et dans la viande des moutons est bien documentée pour des raisons réglementaires, elle ne l'est pas pour la laine en suint. À ce jour, aucune donnée n'est disponible sur la concentration et le devenir (persistance ou dégradation) des antibiotiques dans la laine en suint. Aucune étude n'établit au moment de la rédaction du rapport un lien entre des résidus d'antibiotiques sur de la laine en suint et des effets néfastes pour l'être humain ou l'animal, y compris par la sélection de bactéries antibiorésistantes. Par ailleurs, l'hypothèse que les résidus d'antibiotiques possiblement présents dans la laine en suint puissent représenter un danger environnemental est considérée négligeable par les experts, par comparaison aux résidus excrétés dans les urines et les fèces des animaux traités et présents dans les effluents d'élevage tels que les lisiers et fumiers.

Par conséquent, ces contaminants chimiques n'ont pas été retenus par le GT.

4.3 Contaminants d'origine environnementale

4.3.1 Produits phytopharmaceutiques (PPP)

Une contamination de la laine en suint par des PPP (herbicides, fongicides, insecticides) utilisés dans le milieu d'élevage des ovins est possible. Cependant, la recherche bibliographique n'a pas permis d'identifier d'articles décrivant cette contamination. Ceci s'explique peut-être par la variété des produits susceptibles d'être retrouvés et/ou par le caractère ponctuel car très spécifique au lieu d'élevage de ces contaminations.

Par conséquent, les PPP n'ont pas été retenus par le GT.

4.3.2 Éléments traces métalliques (ETM)

La laine a la capacité de retenir des contaminants chimiques provenant de l'environnement tels les ETM³⁰ et les dioxines/polychlorobiphényles (PCB) par le dépôt direct de ces contaminants atmosphériques sur la laine mais aussi l'ingestion d'aliments et d'eau contaminés. Ainsi, déterminer la concentration de ces contaminants dans la laine permet d'avoir une idée du degré de pollution environnementale auquel les animaux ont été exposés, notamment pendant les périodes de pâturage. C'est souvent l'objectif de la plupart des études portant notamment sur les ETM dont les teneurs dans la laine en suint issue de moutons pâturant sur des zones polluées (régions industrielles et minières) ont été comparées à celles dans la laine en suint prélevée sur des moutons pâturant dans des zones rurales (Barkouch *et al.* 2008; Fechete *et al.* 2024; Gebel *et al.* 1996; Liu 2003; Shen, Chi et Xiong 2019; Tuncer 2019). Si Gebel *et al.* (1996) pour l'arsenic, Liu (2003) et Shen, Chi et Xiong (2019) pour le cuivre, le cadmium et le plomb ont bien observé des teneurs plus importantes dans la laine de mouton pâturant sur des zones polluées, d'autres auteurs (Barkouch *et al.* 2008; Fechete *et al.* 2024; Tuncer 2019) n'ont pas enregistré de différence (Annexe 7). La réponse variable pourrait être expliquée (1) par la nature de l'activité anthropique sur la zone polluée, très différente d'une étude à une autre, et (2) par la distance entre la zone polluée et la zone rurale. Certaines études ont en effet montré une relation claire entre la proximité des sources de pollution et la concentration en métaux lourds dans la laine de mouton (Fechete *et al.* 2024; Liu 2003).

Néanmoins, quelle que soit la zone étudiée, outre l'arsenic, le cuivre, le cadmium et le plomb, du chrome, du cobalt, du nickel, du zinc et du mercure peuvent aussi se retrouver dans la laine de mouton (Tableau 8, en Annexe 7) :

- le zinc et le cuivre semblent être les éléments les plus concentrés comparativement aux autres. Ces teneurs plus importantes peuvent s'expliquer par le rôle important du cuivre et du zinc dans le processus de kératinisation de la laine (Hill et Shannon 2019). Elles pourraient aussi être le reflet de la contribution des intrants agricoles à la contamination de l'environnement car ces deux éléments sont couramment utilisés dans les pratiques agricoles pour améliorer la fertilité des sols et lutter contre les ravageurs (Falandysz et Brzostowski 2017) pour autant, bien sûr, que les parcelles pâturées jouxtent des parcelles cultivées ;
- à l'opposé, les teneurs en arsenic et en mercure sont les plus faibles.

Compte tenu du peu d'études disponibles, il est difficile de dire si les teneurs en ETM enregistrées dans la laine sont importantes ou non. Néanmoins, quelques travaux (Gebel *et al.* 1996; Hristev *et al.* 2008; Hussain *et al.* 2021; Liu 2003; Shen, Chi et Xiong 2019) se sont intéressés à quantifier certains ETM (cobalt, cuivre, zinc, cadmium, mercure, plomb et arsenic) dans le sol et le fourrage des parcelles pâturées ainsi que dans d'autres tissus que la laine (Liu 2003; Shen, Chi et Xiong 2019), parmi lesquels le foie et les reins.

De cette approche comparative il ressort que :

- les teneurs dans la laine restent bien inférieures aux teneurs enregistrées dans le sol et le fourrage pâturé (Tableau 9, Annexe 7) et ce, quel que soit le site de prélèvement, à l'exception du zinc pour les sites en zone rurale (Liu 2003; Shen, Chi et Xiong 2019) dont la teneur dans la laine reste à des niveaux similaires quel que soit le site, en lien avec le métabolisme des phanères.

³⁰ Métaux et métalloïdes présents à l'état de trace dans la croûte terrestre (moins de 1 g/kg - Ineris 2014)

- À titre d'information, même si les teneurs en cuivre, zinc, cadmium, mercure et plomb dans la laine sont issues d'études conduites hors territoire national, elles restent inférieures aux teneurs moyennes enregistrées dans les horizons³¹ de surface de sols agricoles français destinés à recevoir des épandages (Baize et al. 2006) et aux seuils limites imposés par la réglementation en vigueur (arrêté du 8 janvier 1998). Par ailleurs, pour le cadmium, le mercure, le plomb et l'arsenic, les teneurs dans la laine restent inférieures aux teneurs maximales fixées pour les substances et produits indésirables dans l'alimentation des animaux (directive 2002/32/CE) ;
- la teneur en zinc dans la laine est 1,3 à 1,8 fois plus faible que dans le foie et les reins ; les teneurs en cadmium et en plomb dans la laine sont 3 à 3,5 fois plus faibles que dans le foie et 8 à 11 fois plus faibles que dans les reins ; la teneur en cuivre est 2,8 fois plus faible que dans le foie et 28 fois plus faible que dans les reins.

En résumé, les teneurs en certains ETM dans la laine de mouton peuvent varier en fonction de facteurs dépendant de l'environnement dans lequel les moutons sont élevés. La laine peut contenir de nombreux ETM, mais généralement à des niveaux pouvant être considérés comme faibles, comparativement aux teneurs retrouvées dans le sol, les fourrages pâturés et certains tissus corporels. Par conséquent, le GT n'a pas retenu ces ETM comme danger chimique lié à la laine en suint.

4.3.3 Dioxine/PCB

En raison de leur caractère lipophile, les polluants organiques persistants (POPs) peuvent s'accumuler dans les tissus, organes et déjections des animaux qui sont riches en lipides (UNEP 2001). Eu égard aux matières grasses contenues dans la laine en suint, il est possible que celle-ci en contienne. Seules deux études se sont intéressées à la quantification de certains POPs dans la laine. Lerch et al. (2020) ont enregistré, dans les lipides extraits de la laine de mouton, des teneurs faibles en TCDD (2,3,7,8-tétra-chloro-dibenzo-para-dioxine), PCB 126 et PCB 153 : respectivement 25,4 pg/g, 55,7 pg/g et 35,9 ng/g. En se basant sur une teneur en matières grasses de la laine de 10 % (Parlato et Porto 2020), les teneurs calculées seraient respectivement de 3 ng/kg de laine, 5,6 ng/kg de laine et 4 µg/kg de laine. Lors d'une étude conduite sur des exploitations ovines contaminées par des PCBs, Gill, Roberts et Galvin (1992) avaient montré que la teneur en PCBs totaux dans la laine brute variait de 0,027 à 0,035 mg/kg et que ces teneurs étaient bien inférieures à celles détectées dans le sol (0,35 à 1,9 mg/kg) et dans le fourrage (0,01 à 0,12 mg/kg) des parcelles pâturées par les animaux.

En résumé, sur la base des quelques données disponibles, la laine peut contenir du TCDD et certains PCBs, mais à des niveaux pouvant être considérés comme faibles. La laine contaminée semble ainsi jouer un rôle mineur comme source de PCB par rapport au sol et aux fourrages. Compte tenu des données très limitées, le niveau d'incertitude associé à cette conclusion est élevé. Le GT n'a donc pas retenu ces substances comme danger chimique lié à la laine en suint.

³¹ L'horizon de surface représente la couche superficielle du sol en contact avec l'atmosphère et la lithosphère et où se trouve la matière organique issue de la décomposition de plantes et d'animaux. Elle a une teneur en matière organique relativement élevée, allant normalement d'environ 4 % à 15 %. C'est une zone où se produisent les processus de décomposition et de minéralisation de la matière organique. De par sa position en surface, c'est l'horizon le plus altéré du profil pédologique.

4.4 Résumé

Le GT a conduit une évaluation des dangers chimiques susceptibles de contaminer la laine de mouton en suint. En l'absence de réglementation définissant une liste de contaminants, le GT a recensé les substances potentiellement présentes en les classant selon leur origine : substances volontairement administrées ou appliquées aux animaux (médicaments vétérinaires, produits à base d'extraits végétaux, peintures de marquage) et substances issues de l'environnement (produits phytopharmaceutiques, éléments traces métalliques, dioxines/PCB).

Plusieurs substances initialement considérées n'ont finalement pas été retenues comme dangers chimiques pertinents pour la laine de mouton en suint. Les antibiotiques n'ont fait l'objet d'aucune étude sur leur concentration ni sur leur persistance dans la laine, et leur contribution potentielle à l'antibiorésistance par ce support a été jugée négligeable par les experts. De même, les produits phytopharmaceutiques, bien que possiblement présents en raison des conditions d'élevage, n'ont pas fait l'objet d'études spécifiques permettant de quantifier leur présence. Les éléments traces métalliques (ETM) et les dioxines/PCB peuvent être présents, mais à des concentrations faibles et généralement inférieures à celles mesurées dans d'autres matrices. Les experts ont donc estimé que la laine en suint joue un rôle mineur par rapport à d'autres sources de contamination pour les humains, les animaux et l'environnement.

Finalement, seuls les antiparasitaires externes (APE), dont l'usage est répandu dans les élevages ovins pour lutter contre les parasitoses cutanées, ont été retenus par les experts comme dangers chimiques pertinents dans la laine en suint. Plusieurs molécules autorisées en France (pyréthrinoïdes, phoxime, dicyclanil), aux effets toxiques reconnus, ont été identifiées comme persistantes dans la laine. Les pyréthrinoïdes et le phoxime présentent une neurotoxicité, tandis que le dicyclanil est hépatotoxique. Ces composés peuvent donc affecter les santés humaine et animale, mais également les écosystèmes, notamment aquatiques. Le GT note que certaines pratiques d'élevage (traitement juste avant tonte, mauvaise dilution des produits) augmentent notablement le risque de présence de ces composés dans la laine.

En conclusion, le GT estime que les APE constituent à ce jour le principal danger chimique identifié dans la laine de mouton en suint. Ce travail met également en évidence les limites actuelles de la littérature scientifique sur ce sujet, et souligne la nécessité de réaliser des études ciblées sur la contamination chimique de la laine en suint.

5 Stockage de la laine en suint et dangers biologiques et chimiques

Au moment de la rédaction du rapport, en raison du manque de débouchés, la laine en suint est stockée dans des curons sur les exploitations ovines pendant de longues périodes pouvant aller jusqu'à plusieurs années (audition FNO). Dans ce contexte, la saisine pose la question des risques sanitaires, en particulier biologiques mais également chimiques, qui pourraient être associés à ce stockage. Le GT s'est interrogé, d'une part sur la capacité de persistance des dangers potentiels possiblement présents au moment de la tonte et retenus aux chapitres 3 et 4, pendant le stockage de la laine et, d'autre part, sur la possibilité de contamination supplémentaire pendant le stockage, par des contaminants qui pourraient être véhiculés par l'environnement et/ou par divers animaux ayant accès au lieu de stockage des curons. Cependant, les conditions physicochimiques (température, pH, humidité, aérobiose/anaérobiose, quantité de matière organique présente) au sein des curons ne sont pas connues. De plus, ces conditions peuvent varier au sein d'un même curon en fonction (i) des saisons (variation de la température et de l'hygrométrie), (ii) de l'état du curon (la présence de curons déchirés est relativement fréquente sur les exploitations), (iii) des conditions du lieu de stockage (abrité et ventilé ou non, curons placés sur des palettes ou posés à même le sol, etc.). La qualité des curons est également variable. Les curons traditionnels en toile de jute sont plus respirants, tandis que ceux en toile de nylon sont plus résistants et plus étanches. La laine en suint est aussi parfois stockée dans des sacs de type *big bag*, ou autres contenants recyclés, initialement non prévus pour cette utilisation. Par ailleurs, il est très difficile, voire impossible, d'évaluer précisément la persistance et le devenir des contaminants au cours du stockage. Or toutes ces conditions, et notamment pour les dangers biologiques, peuvent influencer la durée de leur survie dans la laine, voire permettre théoriquement le développement de certains d'entre eux.

5.1 Persistance, lors du stockage de la laine en suint, des dangers biologiques et chimiques déjà présents au moment de la tonte

5.1.1 Dangers biologiques

La toison de mouton abrite une communauté microbienne diversifiée, avec des populations bactériennes d'environ 10^8 - 10^9 UFC (unités formant colonies) /g de laine (Jackson *et al.* 2002). Ce microbiote comprend des espèces bactériennes des genres *Bacillus* et *Pseudomonas* ainsi que des cocciformes à Gram positif telles que *Kocuria rosea* et *Micrococcus spp.* qui sont des espèces caractéristiques des toisons saines (Jackson *et al.* 2002; Lyness, Pinnock et Cooper 1994). Parallèlement à ces microorganismes commensaux, la laine en suint peut également contenir différents microorganismes pathogènes pour l'être humain ou les animaux (§ 3). Ceux-ci incluent des bactéries provenant de la contamination de la laine par les fèces (Salmonelles, *E. coli*, *Campylobacter*, etc.), par des infections cutanées des moutons ou par l'environnement. Ces contaminants peuvent être plus ou moins présents selon les conditions de tonte et de tri de la laine (en particulier conservation ou pas de la laine souillée par les matières fécales). Dans un même élevage, il peut y avoir à la fois de la laine en suint de bonne qualité et de la laine de moins bonne qualité, possiblement mélangées, avec des conditions de stockage variables. Les curons étant stockés à température ambiante, s'ils sont intègres (sans déchirure du sac), à l'abri de la pluie et de l'humidité et dans un endroit ventilé (par exemple grange ou hangar), les experts considèrent probable que la plupart des bactéries

contaminantes ne soient pas capables de persister sur de longues périodes (supérieures à 12 mois) ou de se développer au sein des curons. Une étude très ancienne a recensé le nombre de bactéries avant et après stockage de la laine en suint en laboratoire : après cinq ans de stockage dans un sac à température ambiante, une décroissance de 10^9 à 10^6 UFC/g est observée (Mulcock 1966), avec une décroissance importante (2 logs) durant les six premiers mois. Ces travaux montrent néanmoins une certaine persistance bactérienne au cours du temps.

Parmi les six dangers les plus importants identifiés par le GT, *B. anthracis*, *C. burnetii*, le *Parapoxvirus Orf* et *Trichophyton verrucosum* pourraient avoir une certaine persistance dans la laine en curons. En effet, les deux bactéries produisent des formes de résistance, des spores dans le cas de *B. anthracis* et des formes de survie dans le cas de *C. burnetii*, qui leur permettent une survie pendant plusieurs années dans l'environnement, particulièrement dans un milieu sec (Annexe 4). Par ailleurs, le *Parapoxvirus Orf* démontre une persistance prolongée dans les croûtes (Annexe 4). De même, *T. verrucosum* peut survivre jusqu'à quatre ans sous forme d'arthroconidies. Par contre, *B. melitensis* ne survit que quelques jours dans un environnement très sec, sa survie devrait donc être très limitée dans la laine stockée dans des conditions normales. *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *Ovis* n'aurait qu'une survie limitée (moins de deux mois) dans des conditions environnementales pas trop humides (Augustine et Renshaw 1986) (Annexe 4). La laine en suint peut également contenir des tiques lors de la mise en curon. Ces tiques peuvent être porteuses d'agents pathogènes qui peuvent ainsi se retrouver au sein des curons. Dans l'environnement naturel, les tiques pourraient survivre jusqu'à deux ou trois ans sans repas de sang (Kahl et Gray 2023), mais nécessitent des conditions d'humidité et de température favorables, dont une forte hygrométrie (McCoy et Boulanger 2015). Il est probable que les conditions d'humidité au sein des curons soient défavorables à une survie prolongée des tiques et donc au maintien de leur potentielle infectiosité.

En résumé, *B. anthracis*, *C. burnetii*, le *Parapoxvirus Orf* et *Trichophyton* pourraient persister lors d'un stockage prolongé de plusieurs années, comme c'est le cas depuis 2020.

5.1.2 Contaminants chimiques

Pour ce qui concerne les APE, contaminants chimiques possiblement présents dans la laine lors de la mise en curons retenus par le GT (§ 4), leur persistance et leur dégradation seront dépendantes des conditions physicochimiques présentes et de la nature de la molécule. Par exemple, les pyréthrinoïdes (hydrophobes) ont tendance à se lier aux molécules organiques. Ils se dégradent rapidement par photolyse et oxydation, mais sont plus stables dans les milieux aquatiques, en particulier s'ils sont adsorbés (Palmquist, Salatas et Fairbrother 2012). Leur demi-vie dans l'environnement est très variable (entre deux et 200 jours), selon la nature du sol, les conditions atmosphériques et l'activité bactérienne (Palmquist, Salatas et Fairbrother 2012).

En l'absence de connaissances sur les conditions physicochimiques à l'intérieur d'un curon, les experts ne peuvent pas estimer précisément la persistance des contaminants chimiques dans la laine stockée. Ces conditions ne sont probablement pas celles rencontrées dans l'environnement naturel, où certains processus biotiques et abiotiques peuvent conduire à leur dégradation, comme la photolyse ou la biodégradation. Il est donc possible qu'à l'intérieur des curons leur persistance ne soit pas diminuée par ces phénomènes. De plus, une part importante des contaminants chimiques étant de nature lipophile, ils présenteront une affinité particulière pour le suint de la laine brute. Ces conclusions du GT sont néanmoins proposées avec un niveau d'incertitude élevée.

En résumé, le GT estime qu'il est possible que les APE puissent persister plus longtemps dans les curons que dans l'environnement naturel, car les conditions physicochimiques, même si elles ne sont pas bien connues, ne devraient pas influencer de façon significative leur dégradation, en particulier si les curons sont bien fermés et stockés à l'abri du soleil et du lessivage par l'eau de pluie (comme le préconise Inn'Ovin³²).

5.2 Contamination de la laine en suint lors de son stockage

5.2.1 Contamination biologique

Lors du stockage, et en cas de mauvaise fermeture ou déchirure du curon, la laine pourrait être contaminée par des moisissures ambiantes, par exemple *Aspergillus fumigatus* (qui pourrait être présent sur des végétaux en décomposition sur le lieu de stockage), en particulier dans des conditions de température et d'humidité (chaleur humide) favorables à leur développement. Ces champignons peuvent notamment être à l'origine de troubles respiratoires ou d'allergies chez l'être humain (*A. fumigatus*), de troubles respiratoires chez les volailles et d'avortements chez les ruminants.

Les lieux de stockage de la laine peuvent attirer des rongeurs et des chats en recherche de lieu de nidification ou de mise bas, en particulier lorsque les curons sont déchirés ou mal fermés. Dans le cas des rongeurs, cela peut introduire une contamination de la laine par l'urine ou les fèces. En effet, les rongeurs peuvent être porteurs de divers agents pathogènes tels que *Leptospira* spp., *Salmonella* ou des virus (*Hantavirus*). Les chats peuvent être porteurs de *Toxoplasma gondii*, *Microsporum*, *Toxocara cati*. Des oiseaux (passereaux, moineaux, hirondelles, pigeons) peuvent avoir accès aux lieux de stockage des curons, qui ne sont généralement pas clos. Ces oiseaux peuvent être porteurs de différents agents pathogènes, par exemple des virus Influenza aviaires faiblement ou hautement pathogènes, *Salmonella*, *Chlamydia* ou *Aspergillus fumigatus*. De même, des chauves-souris, connues pour héberger de nombreux virus, peuvent être présentes sur les lieux de stockage et contaminer la laine par leurs déjections. Des renards pourraient également avoir accès aux lieux de stockage des curons et être porteurs d'agents pathogènes notamment zoonotiques (*Echinococcus multilocularis*, Anses (2023b)). Enfin, des insectes tels que des mouches pourraient également apporter des agents pathogènes à la laine stockée si les curons sont mal fermés ou déchirés. En effet, les mouches pourraient être porteuses de bactéries pathogènes telles que des STEC HP, *Salmonella*, *B. anthracis*, etc., ainsi que de nombreux virus, champignons et parasites pathogènes pour l'être humain et les animaux (Khamesipour *et al.* 2018).

Le GT a réalisé une analyse des dangers biologiques possibles en envisageant des scénarii de contamination par différentes espèces animales lors du stockage de la laine. Cependant, il est probable que toutes ces contaminations potentielles dues à des animaux familiers ou sauvages restent superficielles et très localisées au niveau de certaines parties de certains curons. Par ailleurs, le GT estime que la contamination par ces différents agents pathogènes est très dépendante des conditions et de la durée du stockage, un stockage à long terme, notamment dans de mauvaises conditions, pouvant favoriser l'occurrence de contaminations externes.

En résumé, bien que la survenue de tels évènements de contamination de la laine au cours de son stockage ne puisse être totalement écartée, le rôle de la laine en tant que source de contamination pour l'être humain, l'animal ou l'environnement serait mineur en raison du caractère localisé et superficiel de ces contaminations. À l'issue de son analyse, le GT souligne

³² [Améliorer la qualité de sa laine - Maison Régionale de L'Elevage PACA](#)

que les bonnes pratiques de stockage doivent être respectées. En effet, la laine en suint doit être stockée dans de bonnes conditions pour limiter la survenue de tels évènements.

5.2.2 Contamination chimique

Le stockage et l'élimination des PPP sont réglementés (règlement (CE) n°1107/2009). Ainsi, les PPP doivent être stockés dans un local dédié, fermé et aéré permettant de prévenir les risques de contamination des personnes, des denrées et des milieux (eau, air, sol), et notamment de prévenir les fuites de produits. Leur élimination et celle de leurs contenants doivent être réalisées par une filière dédiée. Il est notamment interdit de les enterrer ou de les jeter directement dans la nature. Par conséquent, si la réglementation est respectée, une contamination des curons par des PPP ne devrait pas se produire ou ne pourrait relever que d'un accident ponctuel, en particulier si les curons sont déchirés ou si la laine est stockée dans des sacs non prévus à cet effet (sacs non-imperméables). De même, si des rodenticides étaient placés à proximité des curons, des rongeurs morts intoxiqués pourraient également être retrouvés dans les curons.

En résumé, si la réglementation est respectée, le GT estime qu'une contamination chimique des curons lors du stockage relèverait de circonstances accidentnelles ponctuelles.

5.3 Résumé

Comme indiqué ci-dessus, les conditions physicochimiques existant au sein des curons ne sont pas connues, et il n'est pas possible d'établir une liste de toutes les conditions physico-chimiques envisageables. De plus, compte tenu des variations liées aux conditions de tonte et de tri de la laine, la contamination biologique ou chimique de la laine lors de la mise en curons est variable. De même, les conditions de stockage des curons peuvent varier d'un élevage à l'autre, et dans le temps (saisons, conditions météorologiques). Il n'est donc pas possible de prévoir le devenir au cours du stockage des agents pathogènes ou des contaminants chimiques potentiellement présents dans la laine lors de la mise en curons. Cependant, le GT estime que si les curons sont stockés dans des conditions adéquates³³, les agents biologiques liés à la laine stockée ne devraient pas constituer un danger, sauf pour le cas de formes de résistance particulièrement persistantes, telles que les spores de *B. anthracis* ou les formes de survie de *C. burnetii*, le *Parapoxvirus Orf* piégé dans les croûtes et *Trichophyton verrucosum*. Les contaminants chimiques, s'ils sont présents à la mise en curons, devraient persister dans leur état initial.

Par ailleurs, l'accès d'animaux sauvages (rongeurs, oiseaux, etc.) ou familiers (chats) sur le lieu de stockage des curons, ou la présence de produits chimiques à proximité, pourrait également permettre une contamination des curons, cette contamination pouvant être favorisée par un stockage long dans des conditions défavorables (curons ouverts ou déchirés etc.). Pour ces contaminations potentielles lors du stockage, du fait du manque de données, le GT se prononce avec un niveau d'incertitude élevé.

Le GT rappelle l'importance du respect des recommandations relatives aux conditions de tonte, de tri et de stockage de la laine (cf. guide « récolte de la laine »³⁸). Ces recommandations soulignent par exemple l'importance d'écartier la laine souillée par des fèces, de l'usage uniquement de curons qui devront être bien fermés et stockés sur des palettes dans un endroit sec et ventilé, à l'abri des intempéries. Il rappelle également la nécessité du respect de la réglementation relative au stockage et à l'élimination des PPP et de leurs contenants.

³³ Conditions préconisées par le guide pratique « récolte de la laine » <https://www.filaturedeniaux.com/wp-content/uploads/2022/01/Conseils-recolte-de-laine-ATM-reseau-limousin.pdf>

6 Incertitudes

Les principales incertitudes associées aux réponses aux questions de la saisine résultent du manque de données sur les dangers biologiques, leur présence effective et les charges infectieuses dans la laine de mouton sur l'animal et après la tonte, comme sur les contaminants chimiques dans la laine en suint. De plus, pour les pesticides, les quelques données bibliographiques disponibles sont souvent anciennes et étrangères, en particulier australiennes et néo-zélandaises. Du fait de ce manque de données, le GT a envisagé une approche assez exhaustive des dangers biologiques et chimiques envisageables, tendant ainsi à surestimer leur présence possible dans la laine en suint lors de la tonte puis lors du stockage. Pour les dangers biologiques, cette surestimation concerne notamment l'éventualité d'une contamination de la laine en curon par différentes espèces animales lors du stockage. Lorsque les données étaient peu nombreuses, les réponses apportées ont souvent été associées à un niveau d'incertitude moyen (Tableau 5).

Concernant la persistance³⁴, lors du stockage, des dangers biologiques et chimiques présents dans la laine au moment de la tonte, le GT a évalué un niveau d'incertitude élevé (3) du fait de l'absence de données sur les caractéristiques physicochimiques des curons et de leur variabilité en fonction des conditions très diverses de stockage. Pour quelques dangers, le GT a pu se prononcer avec un niveau d'incertitude faible (*B. anthracis*, *Parapoxvirus Orf*) à élevé (1 à 3) compte tenu des caractéristiques des dangers et/ou de l'existence de cas humains en lien avec la laine en suint. Concernant une éventuelle contamination de la laine au cours du stockage par différentes espèces animales et/ou par une contamination chimique accidentelle, l'absence de données a été associée à un niveau d'incertitude élevé.

Les experts ont listé les incertitudes dans le Tableau 6.

Tableau 5 Modalités d'expression et d'attribution des indices d'incertitude

Expression de l'incertitude		Critères d'attribution des indices d'incertitude
Indice (ii)	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.
3	Elevé	La note attribuée est fondée sur : <ul style="list-style-type: none"> - 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.

³⁴ i.e. durée de la persistance, facteur de réduction de la charge infectieuse, évolution du pouvoir infectieux des dangers biologiques, dégradation des substances chimiques et produits générés, etc.

Tableau 6 Sources, types d'incertitudes et conséquences

Partie du rapport	Description	Modalité de prise en compte de l'incertitude	Qualification (ii 1 à 4 cf. Tableau 5)	Sens et impact de l'incertitude sur le résultat de l'expertise
Dangers biologiques : établissement de la première liste (§ 3.2)	Sources : réglementation, liste OMSA, INRS, rapport Anses, avis d'experts	Pas de modalité particulière	1	Impact faible de l'incertitude sur l'établissement de la première liste
Dangers biologiques : établissement de la deuxième liste (§ 3.3)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Données disponibles sur les facteurs d'exclusion de dangers biologiques de la liste 1 (absence en France, épidémiologie n'impliquant pas la laine) ▪ Manque de données bibliographiques/d études qualitatives et quantitatives (publications, littérature grise...) sur la présence de dangers biologiques dans la laine en suint ▪ Incertitudes sur le respect des bonnes pratiques d'élevage (variabilité des modes d'élevage de mouton), de tonte, la qualité de l'hygiène lors de la tonte 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Critères établis en expertise collective ▪ Approche maximaliste sur le niveau de contamination de la laine en suint 	1 à 2	Impact faible à modéré sur l'établissement de la deuxième liste
Dangers biologiques : établissement de la troisième liste (§ 3.4)	Manque de données sur la capacité de persistance des dangers biologiques dans la laine en suint	Utilisation des données dans l'environnement non inhérentes à la laine (sol, litière...) quand elles étaient disponibles	1 (e.g. <i>B. anthracis</i> : et <i>C. burnetii</i>) à 2 (<i>B. melitensis</i>) selon le danger biologique considéré	Impact faible à modéré sur l'établissement de la troisième liste
Identification des dangers chimiques (§ 4)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manque de données qualitatives et quantitatives (publications, littérature grise...) sur la présence de dangers chimiques dans la laine en suint et ses métabolites ▪ Manque de références pour les dangers chimiques dans la laine brute (par ex. absence de valeurs réglementaires de dangers chimiques dans la laine brute) ▪ Impossibilité de prendre en compte toutes les substances chimiques possibles 	Recherche bibliographique	2 (e.g. APE, ETM) à 4 (peintures de marquage, produits à base d'extraits végétaux)	

Partie du rapport	Description	Modalité de prise en compte de l'incertitude	Qualification (ii 1 à 4 cf. Tableau 5)	Sens et impact de l'incertitude sur le résultat de l'expertise
Évolution des dangers biologiques et chimiques lors du stockage de la laine (§ 5.1)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incertitudes sur la qualité et la durée du stockage des curons en élevage ▪ Conditions physico-chimiques dans les curons (température, humidité, aérobiose/anaérobiose, quantité de matière organique...) inconnues ▪ Absences de données sur : <ul style="list-style-type: none"> ○ la persistance des dangers biologiques et leur évolution, notamment de leur caractère infectieux dans la laine brute et dans les curons ○ la cinétique de décroissance des APE et leurs métabolites dans les curons 	<p>Les auditions n'ont pas permis d'apporter des informations sur ce manque de données</p> <p>Prise en compte des données de persistance dans l'environnement et des caractéristiques intrinsèques des dangers biologiques</p>	1 (<i>B. anthracis</i> , <i>C. burnetii</i> , virus de l'ecthyma) à 3	Le GT se prononce avec des incertitudes variant de faible à élevée (selon le danger considéré) sur l'évolution des dangers biologiques et chimiques dans les curons et leur capacité de persistance dans ce contexte
Contamination de la laine en suint lors de son stockage (§ 5.2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incertitudes sur les conditions et la durée du stockage des curons en élevage ▪ Conditions physico-chimiques dans les curons (température, humidité, aérobiose/anaérobiose, quantité de matière organique...) inconnues ▪ Aucune donnée sur l'état de la laine en fin de stockage 	<p>Approche maximaliste sur les possibilités de recontamination par des agents biologiques et chimiques</p> <p>Avis collectif d'experts</p>	3	Le GT se prononce avec une incertitude élevée

7 Conclusions et recommandations du groupe de travail

Pour rappel, la saisine porte uniquement sur l'identification des dangers biologiques et chimiques liés à la laine de mouton en suint issue de tonte en distinguant, sans les hiérarchiser, les plus importants pour les santés humaine et animale et pour l'environnement. Par conséquent, les experts n'ont pas réalisé d'évaluation du risque lié à la présence de ces dangers dans la laine de mouton en suint. La saisine ne portait pas non plus sur les différentes voies de valorisation de la laine. En revanche, elle prend en compte le stockage de la laine en suint par les éleveurs. Dans ce contexte, les recommandations des experts portent uniquement sur les dangers présents lors de la tonte et du stockage de la laine de mouton en suint.

7.1 Conclusion : réponse aux questions

Parmi les **dangers biologiques** d'intérêt initialement identifiés par le GT comme présents chez les ovins (de façon avérée ou plausible), seuls ceux présents en France hexagonale et pouvant être présents dans la laine ont été retenus dans une seconde phase. Une analyse fondée sur des critères établis par le GT a ensuite permis de déterminer une liste restreinte de six dangers biologiques prioritaires (présentés par ordre alphabétique) :

- *Bacillus anthracis* (agent du charbon bactéridien),
- *Brucella melitensis* (agent de la brucellose),
- *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *Ovis* (agent de la lymphadénite caséeuse),
- *Coxiella burnetii* (agent de la fièvre Q),
- le *Parapoxvirus Orf* (agent de l'ecthyma contagieux),
- *Trichophyton verrucosum* (agent de la teigne des bovins).

Ces agents pathogènes ont été considérés comme les plus préoccupants en raison de leur persistance dans l'environnement, de leur potentiel zoonotique et/ou pathogène pour les animaux (ovins, autres ruminants, animaux domestiques), et du rôle possible de la laine en suint comme support de transmission de ces agents.

Concernant les **dangers chimiques**, le GT a identifié plusieurs catégories de contaminants chimiques potentiellement présents dans la laine en suint, mais seul un groupe a été retenu comme représentant un danger pertinent : les antiparasitaires externes (APE), régulièrement utilisés dans les élevages ovins pour contrôler les ectoparasites, i.e. deux pyréthrinoïdes (la cyperméthrine et la deltaméthrine), un organophosphoré (le phoxime) et un IGR (le dicyclanil). Ces substances peuvent persister dans la toison après traitement, être présentes dans la laine au moment de la tonte et conserver leur toxicité dans l'environnement.

Les autres contaminants envisagés (résidus d'antibiotiques, éléments traces métalliques, dioxines/PCB, produits phytopharmaceutiques) n'ont pas été retenus par le GT, soit en raison de leur absence probable, soit de leur présence à des niveaux jugés négligeables au regard des usages actuels et des concentrations constatées dans d'autres matrices.

Le stockage de la laine en suint, fréquemment observé dans les élevages français en raison de l'absence de débouchés économiques, constitue une étape critique dans la gestion des dangers identifiés. Si la persistance des agents biologiques et chimiques est très variable selon leur nature, les experts soulignent l'absence de données quantitatives sur la survie ou l'évolution de ces dangers dans les conditions réelles de stockage (température, humidité,

aération, durée). En l'état actuel des connaissances, les experts considèrent donc que la laine en suint peut, dans certaines situations, constituer une source de certains dangers biologiques et chimiques.

7.2 Recommandations

■ Recommandations relatives à la tonte

Afin de limiter la présence ou la diffusion de dangers biologiques et chimiques dans la laine en suint, les experts recommandent les mesures suivantes :

- appliquer de bonnes pratiques de tonte, notamment un tri systématique de la laine lors de la tonte, afin de séparer les toisons saines de la laine souillée (matières fécales, lochies, pus, sang, peinture de marquage, etc.), le nettoyage et la désinfection systématiques du matériel et du parquet de tonte, en particulier en cas d'épisodes infectieux dans le troupeau ou entre deux lots d'animaux, afin de limiter les contaminations croisées ;
- éliminer la laine des animaux cliniquement malades ou porteurs de lésions cutanées visibles (abcès, gale, ecthyma contagieux, teigne, etc.), en les tondant après les animaux cliniquement sains, afin de limiter la contamination des équipements,
- encourager la formation et la professionnalisation des tondeurs, notamment (i) en promouvant la formation des tondeurs et trieurs à la reconnaissance des lésions propres à certaines affections cutanées ovines, et à la conduite à tenir en cas de doute, (ii) en intégrant, dans les formations existantes, des modules sur les bonnes pratiques de biosécurité et d'hygiène visant à éviter la contamination de la laine pendant la tonte ;
- respecter le délai mentionné entre l'application du traitement antiparasitaire externe et la tonte (en l'occurrence actuellement, seulement dans le RCP du dicyclanil), en vue de limiter le niveau de résidus de substance active présente dans la laine. Le GT recommande que la mention d'un tel délai, entre application du traitement antiparasitaire externe et tonte, soit intégrée dans les RCP de l'ensemble de ces médicaments.

■ Recommandations relatives au stockage de la laine

Les experts recommandent que la laine en suint soit stockée dans des conditions permettant de limiter la persistance ou la contamination secondaire par des agents pathogènes ou des substances chimiques. Les toisons doivent être entreposées dans des contenants adaptés (curons en toile ou équivalents), placés sur palettes, dans des locaux propres, secs et ventilés, et en empêchant au maximum l'accès aux animaux. L'utilisation de contenants non respirants ou souillés (notamment les *big bags* ayant contenu des engrangis ou semences) est à éviter, car elle peut favoriser le développement microbien ou la contamination chimique.

■ Recommandations de recherche

Les travaux du GT ont mis en évidence des lacunes importantes dans les connaissances concernant la présence, la persistance et le devenir des dangers biologiques et chimiques dans la laine de mouton en suint. En particulier, pour les six dangers biologiques retenus par les experts (*Bacillus anthracis*, *Brucella melitensis*, *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *Ovis*, *Coxiella burnetii*, *Parapoxvirus Orf* et *Trichophyton verrucosum*) et les APE (phoxime, cyperméthrine, deltaméthrine, dicyclanil), les données disponibles sont insuffisantes pour caractériser leur niveau de contamination initial à la tonte, leur persistance dans la laine stockée, et leur évolution au cours du temps.

En conséquence, les experts recommandent :

- **la conduite d'études** permettant de mesurer la présence et les niveaux de ces agents biologiques et chimiques dans la laine en suint (i) immédiatement après la tonte et (ii) à différentes étapes du stockage, en conditions réelles dans les élevages ;
- **la caractérisation des conditions physicochimiques** dans les curons utilisés pour le stockage (humidité, température, aération, pH, aérobiose/anaérobiose) et leur évolution, selon les pratiques et les saisons, afin d'identifier les facteurs favorables ou défavorables à la survie des agents pathogènes et la persistance des APE et de leurs éventuels métabolites ;
- la mise en place **d'expérimentations en laboratoire**, en conditions contrôlées, consistant à inoculer des échantillons de laine avec certains des agents pathogènes et dangers chimiques les plus préoccupants, afin de suivre leur persistance en reproduisant les principales conditions observées sur le terrain.

Ces travaux devraient également inclure des tests de **survie des vecteurs** potentiels tels que les tiques, dont la présence dans la laine a été rapportée mais reste mal documentée.

Enfin, s'agissant de ***Bacillus anthracis***, dont la détection dans la laine est techniquement difficile, les experts recommandent le développement (ou l'adaptation) de méthodes sensibles et spécifiques de détection dans la laine de mouton en suint.

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail et le CES SABA : 1^{er} juillet 2025

8 Bibliographie

8.1 Publications

- Abinanti, F. R., H. H. Welsh, J. F. Winn et E. H. Lennette. 1955. "Q fever studies. XIX. Presence and epidemiologic significance of *Coxiella burnetii* in sheep wool." *Am J Hyg* 61 (3): 362-70. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a119760>.
- Afssa. 2007. *Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation de la sensibilité diagnostique des tests rapides réalisés chez les petits ruminants sur un échantillon d'obex (saisine 2007-SA-371)*. (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/en/system/files/ESST2007sa0371.pdf>, 15 p.
- Afssa. 2008a. *Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif aux possibles conséquences, en termes de santé animale et de santé publique, des nouvelles données scientifiques disponibles concernant la transmission intraspécifique de l'agent de la tremblante classique par le lait (saisine 2008-SA-0115)*. (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/system/files/ESST2008sa0115.pdf>, 9 p.
- Afssa. 2008b. *Une méthode qualitative d'estimation du risque en santé animale*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT-Ra-MethodeRisque.pdf>.
- Afssa. 2009. *Avis relatif aux conséquences de deux nouvelles études scientifiques sur les mesures de police sanitaire en cas de tremblante atypique (saisine 2009-SA-0032)*. (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/system/files/ESST2009sa0032.pdf>, 9 p.
- Agreste. 2023. *Ovins: en 2022, une production en repli et des prix record*. <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/SynAbo23404/consyn404202305-Ovins.pdf>, 7 p.
- AGWSD. 2018. *Unwashed Fleeces – Guidance 2018*. <https://www.wsdnotts.co.uk/wp-content/uploads/2020/02/guidance-users-of-fleece.pdf>.
- Andréoletti, O., L. Orge, S. L. Benestad, V. Beringue, C. Litaise, S. Simon, A. Le Dur, H. Laude, H. Simmons, S. Lugan, F. Corbière, P. Costes, N. Morel, F. Schelcher et C. Lacroux. 2011. "Atypical/Nor98 scrapie infectivity in sheep peripheral tissues." *PLoS Pathog* 7 (2): e1001285. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1001285>.
- Angelakis, E. et D. Raoult. 2010. "Q Fever." *Vet Microbiol* 140 (3-4): 297-309. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.07.016>.
- Anses. 2010. *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à une auto-saisine concernant les risques pour l'homme associés à l'ingestion de lait cru ou de produits transformés à base de lait cru issus de troupeaux atteints de fièvre Q avec signes cliniques et à l'intérêt de la pasteurisation du lait issu de ces troupeaux*. Anses (Maisons-Alfort), 8 p.
- Anses. 2012. *Hiérarchisation de 103 maladies animales présentes dans les filières ruminants, équidés, porcs, volailles et lapins en France métropolitaine*. Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2010sa0280Ra.pdf>, 327 p.
- Anses. 2013. *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la paratuberculose : interactions entre l'infection ou la vaccination et le dépistage de la tuberculose chez les ruminants*. (Saisine 2012-SA-0198). (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2012sa0198.pdf>, 27 p.
- Anses. 2014. *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'évolution du dispositif de surveillance des EST des petits ruminants (saisine 2014-SA-0032)*. (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/EST2014sa0032.pdf>, 13 p.

- Anses. 2017. *Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments: Clostridium perfringens.* <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0073Fi.pdf>, 3 p.
- Anses. 2018a. *Étude des expositions des populations aux pyréthrinoïdes. Étude de cas : exposition à la perméthrine. Auto-saisine 2015-SA-0203.* Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2015SA0203Ra.pdf>, 196 p.
- Anses. 25 mai 2018 2018b. *Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'évaluation de l'efficacité des produits biocides destinés à être utilisés pour la désinfection lors de dangers sanitaires: dangers prions.* Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2015SA0178.pdf>, 32 p.
- Anses. 2020. *Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments: Campylobacter jejuni, Campylobacter coli.* (Saisine n° 2016-SA-0079). Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0079Fi.pdf>, 4 p.
- Anses. 2021a. *Avis et rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatifs à l'évaluation du risque associé à un allègement du "feed ban".* (Saisine 2020-SA-0094). (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/ALAN2020SA0094Ra.pdf>, 142 p.
- Anses. 2021b. *Evaluation des risques en appui des mesures de gestion de produits dans la filière bovine, lors de suspicion et de confirmation de cas de botulisme.* (Saisine 2019-SA-0112). Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/en/system/files/BIORISK2019SA0112Ra-1.pdf>, 112 p.
- Anses. 2022. *Avis et rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatifs à l'évaluation du risque lié à l'utilisation des graisses, gélatines et collagènes de ruminants en alimentation animale.* (Saisines 2020-SA-0126 et 2021-SA-0094). Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/ALAN2020SA0126Ra.pdf>, 106 p.
- Anses. 2023a. *Analyse des risques pour la santé humaine et animale liés aux tiques du genre Hyalomma en France.* Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2020SA0039Ra.pdf>, 328 p.
- Anses. 2023b. *Evaluation des impacts sur la santé publique de la dynamique des populations de renards.* (Saisine 2022-SA-0049). Anses (Maisons-Alfort). <https://anses.fr/fr/system/files/SABA2022SA0049Ra.pdf>, 220 p.
- Anses. 2023c. *Evaluation des risques pour la santé humaine et l'environnement et recommandations pour leur maîtrise, dans le cadre de l'administration des médicaments vétérinaires antiparasitaires externes sous forme de bains, douches et pulvérisations en élevages ruminants.* (Saisine n° 2018-SA-0269). Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2018SA0269Ra.pdf>, 308 p.
- Anses. 2023d. *Fièvre Q.* <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT-Fi-FievreQ.pdf>.
- Anses. 2024. *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la fièvre hémorragique de Crimée-Congo.* (Saisine 2023-SA-0194). Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2023SA0194.pdf>, 39 p.
- Anses. 2025. *Phytopharmacovigilance. Identification de signaux issus de l'expertise collective Inserm relative aux effets des pesticides sur la santé humaine. Préambule. Rapport d'expertise collective.* Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/sites/default/files/AP-2021-VIG-0236-RA.pdf>, 102 p.
- Antonczak, L., K. Adjou et J. Guillot. 2024. "La teigne ovine : une adversaire méconnue mais tenace." *Bulletin des GTV* (115): 73-80.

- Appelt, S., M. Faber, K. Köppen, D. Jacob, R. Grunow et K. Heuner. 2020. "Francisella tularensis Subspecies *holarctica* and Tularemia in Germany." *Microorganisms* 8 (9). <https://doi.org/10.3390/microorganisms8091448>.
- Arthur, T. M., J. M. Bosilevac, D. M. Brichta-Harhay, N. Kalchayanand, D. A. King, S. D. Shackelford, T. L. Wheeler et M. Koohmaraie. 2008. "Source tracking of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* contamination in the lairage environment at commercial U.S. beef processing plants and identification of an effective intervention." *J Food Prot* 71 (9): 1752-60. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-71.9.1752>.
- Augustine, J. L. et H. W. Renshaw. 1986. "Survival of *Corynebacterium pseudotuberculosis* in axenic purulent exudate on common barnyard fomites." *Am J Vet Res* 47 (4): 713-5.
- Auvray, F., C. Bièche-Terrier, M. M. Um, V. Dupouy, N. Nzuzi, L. David, L. Allais, M. Drouet, E. Oswald, D. Bibbal et H. Brugère. 2023. "Prevalence and characterization of the seven major serotypes of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) in veal calves slaughtered in France." *Vet Microbiol* 282: 109754. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2023.109754>.
- Badea, E., G. Goran, C. Toca et C. Musetescu. 2023. "Comparative levels of lead and cadmium in sheep wool and cow hair." *Scientific Works. Series C. Veterinary Medicine. Vol. LXIX (2), 2023 ISSN 2065-1295; ISSN 2343-9394 (CD-ROM); ISSN 2067-3663 (Online); ISSN-L 2065-1295*.
- Baird, G.J. 2007. "Caseous lymphadenitis." Dans *Diseases of sheep*, 306-311. : Blackwell Publishing.
- Baize, Denis, Nicolas Saby, Antonio Bispo et Isabelle Feix. 2006. "Analyses totales et pseudo-totales d'éléments en traces dans les sols # Principaux résultats et enseignements d'une collecte nationale." *Etude et Gestion des Sols* 13: 181-200.
- Barkouch, Y., H. Nocairi, A. Sedki et A. Pineau. 2008. "Metallic trace elements in blood, wool, kidney and liver of sheep from a mine area of marrakech-Morocco." *Environmental Science: an Indian journal* 3.
- Barragan, V., S. Olivas, P. Keim et T. Pearson. 2017. "Critical Knowledge Gaps in Our Understanding of Environmental Cycling and Transmission of *Leptospira* spp." *Appl Environ Microbiol* 83 (19). <https://doi.org/10.1128/aem.01190-17>.
- Bauer, B. U., M. R. Knittler, J. Andrack, C. Berens, A. Campe, B. Christiansen, A. M. Fasemore, S. F. Fischer, M. Ganter, S. Körner, G. R. Makert, S. Matthiesen, K. Mertens-Scholz, S. Rinkel, M. Runge, J. Schulze-Luehrmann, S. Ulbert, F. Winter, D. Frangoulidis et A. Lührmann. 2023. "Interdisciplinary studies on *Coxiella burnetii*: From molecular to cellular, to host, to one health research." *Int J Med Microbiol* 313 (6): 151590. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2023.151590>.
- Berri, M., E. Rousset, J. L. Champion, N. Arricau-Bouvery, P. Russo, M. Pepin et A. Rodolakis. 2003. "Ovine manure used as a garden fertiliser as a suspected source of human Q fever." *Vet Rec* 153 (9): 269-70. <https://doi.org/10.1136/vr.153.9.269>.
- Berri, M., A. Souriau, M. Crosby et A. Rodolakis. 2002. "Shedding of *Coxiella burnetii* in ewes in two pregnancies following an episode of *Coxiella* abortion in a sheep flock." *Vet Microbiol* 85 (1): 55-60. [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(01\)00480-1](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(01)00480-1).
- Bertero, A., M. Chiari, N. Vitale, M. Zanoni, E. Faggionato, A. Biancardi et F. Caloni. 2020. "Types of pesticides involved in domestic and wild animal poisoning in Italy." *Science of The Total Environment* 707: 136129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136129>.
- Bhavsar, P., T. Balan, G. Dalla Fontana, M. Zoccola, A. Patrucco et C. Tonin. 2021. "Sustainably Processed Waste Wool Fiber-Reinforced Biocomposites for Agriculture and Packaging Applications." *Fibers* 9 (9): 55.

- Black, Z., I. Balta, L. Black, P. J. Naughton, J. S. G. Dooley et N. Corcionivoschi. 2021. "The Fate of Foodborne Pathogens in Manure Treated Soil." *Front Microbiol* 12: 781357. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.781357>.
- Boarbi, S., D. Fretin et M. Mori. 2016. "Coxiella burnetii, agent de la fièvre Q." *Can J Microbiol* 62 (2): 102-22. <https://doi.org/10.1139/cjm-2015-0551>.
- Bourée, P. et P. Sarrand. 2016. "L'orf, une zoonose virale fréquente mais mal connue." *Revue Francophone des Laboratoires* 2016 (483): 63-66. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1773-035X\(16\)30201-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1773-035X(16)30201-5).
- Brachman, P. S. 1980. "Inhalation anthrax." *Ann N Y Acad Sci* 353: 83-93. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1980.tb18910.x>.
- Broda, J., Gawlowski A., Rom M. et K. and Kobiela-Mendrek. 2023. "Utilisation of waste wool from mountain sheep as fertiliser in winter wheat cultivation." *Journal of Natural Fibers* 20 (2): 2200047. <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2200047>.
- Bronowski, C., C. E. James et C. Winstanley. 2014. "Role of environmental survival in transmission of *Campylobacter jejuni*." *FEMS Microbiology Letters* 356 (1): 8-19. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12488>.
- Bui, X. T., A. Wolff, M. Madsen et D. D. Bang. 2011. "Fate and Survival of *Campylobacter coli* in Swine Manure at Various Temperatures." *Front Microbiol* 2: 262. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2011.00262>.
- Callens, M., K. De Clercq, M. Gruia et M. Danes. 1998. "Detection of foot-and-mouth disease by reverse transcription polymerase chain reaction and virus isolation in contact sheep without clinical signs of foot-and-mouth disease." *Vet Q* 20 Suppl 2: S37-40.
- Caloni, F., C. Cortinovis, M. Rivolta et F. Davanzo. 2016. "Suspected poisoning of domestic animals by pesticides." *Sci Total Environ* 539: 331-336. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.005>.
- Carter, T. 2004. "The dissemination of anthrax from imported wool: Kidderminster 1900-14." *Occup Environ Med* 61 (2): 103-7. <https://doi.org/10.1136/oem.2002.001131>.
- CGAAER. avril 2023 2023. *La valorisation de la laine et des peaux lainées. Rapport n° 22102*. CGAAER. <https://agriculture.gouv.fr/la-valorisation-de-la-laine-et-des-peaux-lainees>, 80.
- Chauvet, S. et M. L'Hostis. 2005. "Les tiques bovines : biologie, répartition et rôle vecteur." *Le Point vétérinaire* 36 (255): 22-26.
- Corbel, M. J., FAO, WHO et WOAH. 2006. Brucellosis in humans and animals. Geneva: World Health Organization.
- Courcoul, A., G. Girault, C. Mendy, M.A. Cherfa, N. Madani et C. Ponsart. 2017. "Fièvre charbonneuse en Moselle au cours de l'été 2016 : investigations épidémiologiques sur l'origine de la contamination et l'ampleur de l'épisode." *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*: 1-11.
- Cousins, D. V., T. M. Ellis, J. Parkinson et C. H. McGlashan. 1989. "Evidence for sheep as a maintenance host for *Leptospira interrogans* serovar hardjo." *Vet Rec* 124 (5): 123-4. <https://doi.org/10.1136/vr.124.5.123>.
- Crawford, S., P. J. James et S. Maddocks. 2001. "Survival away from sheep and alternative methods of transmission of sheep lice (*Bovicola ovis*)."*Vet Parasitol* 94 (3): 205-16. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(00\)00374-5](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(00)00374-5).
- Dahlgren, C. M., L. M. Buchanan, H. M. Decker, S. W. Freed, C. R. Phillips et P. S. Brachman. 1960. "Bacillus anthracis aerosols in goat hair processing mills." *Am J Hyg* 72: 24-31. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a120131>.
- Derzelle, S., L. Aguilar-Bultet et J. Frey. 2016. "Comparative genomics of *Bacillus anthracis* from the wool industry highlights polymorphisms of lineage A.Br.Vollum." *Infect Genet Evol* 46: 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2016.10.019>.

- Derzelle, S. et S. Thierry. 2013. "Genetic diversity of *Bacillus anthracis* in Europe: genotyping methods in forensic and epidemiologic investigations." *Biosecur Bioterror* 11 Suppl 1: S166-76. <https://doi.org/10.1089/bsp.2013.0003>.
- Dupuy, J., J. F. Sutra et M. Alvinerie. 2007. "Pharmacokinetics assessment of moxidectin long-acting formulation in cattle." *Vet Parasitol* 147 (3-4): 252-7. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.05.002>.
- Durso, L. M., J. E. Gilley et D. N. Miller. 2021. "Differential Survival of Non-O157 Shiga Toxigenic *Escherichia coli* in Simulated Cattle Feedlot Runoff." *Foodborne Pathog Dis* 18 (11): 771-777. <https://doi.org/10.1089/fpd.2021.0024>.
- Edrington, T. S., M. Long, T. T. Ross, J. D. Thomas, T. R. Callaway, R. C. Anderson, F. Craddock, M. W. Salisbury et D. J. Nisbet. 2009. "Prevalence and antimicrobial resistance profiles of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* isolated from feedlot lambs." *J Food Prot* 72 (8): 1713-7. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-72.8.1713>.
- EFSA, M. Arena, D. Auteri, S. Barmaz, A. Brancato, D. Brocca, L. Bura, L. Carrasco Cabrera, A. Chiusolo, C. Civitella, D. Court Marques, F. Crivellente, L. Ctverackova, C. De Lentdecker, M. Egsmose, Z. Erdos, G. Fait, L. Ferreira, L. Greco, A. Ippolito, F. Istace, S. Jarrah, D. Kardassi, R. Leuschner, A. Lostia, C. Lythgo, J. O. Magrans, P. Medina, D. Mineo, I. Miron, T. Molnar, L. Padovani, J. M. Parra Morte, R. Pedersen, H. Reich, A. Sacchi, M. Santos, R. Serafimova, R. Sharp, A. Stanek, F. Streissl, J. Sturma, C. Szentes, J. Tarazona, A. Terron, A. Theobald, B. Vagenende, J.. Van Dijk et L. Villamar-Bouza. 2018. "Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance cypermethrin." *EFSA Journal* 16 (8): e05402. <https://doi.org/https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5402>.
- Elbers, A.R.W., H.I.J. Roest et F.G. van Zijderveld. 2009. *Risicobeoordeling schapenscheren en schapenwol voor mens en dier in de Nederlandse wolproductieketen*. (Lelystad: CVI). <https://edepot.wur.nl/143415>, 23 p.
- Eon, L. 2013. "L'épididymite contagieuse du bétier (*Brucella ovis*)" *Santé des élevages Provence - Alpes - Côte d'Azur GDS 06*, édité par GDS 06, 4-5.
- Espinosa, L., A. Gray, G. Duffy, S. Fanning et B. J. McMahon. 2018. "A scoping review on the prevalence of Shiga-toxigenic *Escherichia coli* in wild animal species." *Zoonoses Public Health* 65 (8): 911-920. <https://doi.org/10.1111/zph.12508>.
- Eurich, F.W. 1937. "Dr. F. W. Eurich and Anthrax Research." *Nature* 140 (3546): 675-675. <https://doi.org/10.1038/140675c0>.
- Falandysz, J. et A. Brzostowski. 2017 "Heavy metals in sheep wool from agricultural regions: Assessing environmental contamination." *Environmental Science and Pollution Research* 24 (15): 13485-13493.
- Fechete, F. I., M. Popescu, M. C. Lăcătuş, R. Lăcătuş, M. Tataru, R. I. Matei, M.S. Mârza, A. R. Codea, I. O. Mărcus et F. D. Bora. 2024. "Sheep's wool as a bioindicator of heavy metal pollution: Assessing environmental contamination near former mining sites in Romania." *Advances in Environmental Sciences* 16 (1): 35-49.
- Fediaevsky, A., C. Maurella, M. Nöremark, F. Ingravalle, S. Thorgeirsdottir, L. Orge, R. Poizat, M. Hautaniemi, B. Liam, D. Calavas, G. Ru et P. Hopp. 2010. "The prevalence of atypical scrapie in sheep from positive flocks is not higher than in the general sheep population in 11 European countries." *BMC Vet Res* 6: 9. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-6-9>.
- Fontaine, M. 2009. "Caseous lymphadenitis of sheep." *Moredun research institute. News sheet* 5 (1).
- Food Safety Commission of Japan. 2018. "Dicyclanil (Veterinary Medicinal Products)." *Food Saf (Tokyo)* 6 (3): 136-138. <https://doi.org/10.14252/foodsafetyfsci.2018007s>.
- Gache, K., E. Rousset, J. B. Perrin, D. E. Cremoux R, S. Hosteing, E. Jourdain, R. Guatteo, P. Nicollet, A. Touratier, D. Calavas et C. Sala. 2017. "Estimation of the frequency of

- Q fever in sheep, goat and cattle herds in France: results of a 3-year study of the seroprevalence of Q fever and excretion level of *Coxiella burnetii* in abortive episodes." *Epidemiol Infect* 145 (15): 3131-3142. <https://doi.org/10.1017/s0950268817002308>.
- Garcia, A.B., W.B. Steele et D.J. Taylor. 2010. "Prevalence and carcass contamination with *Campylobacter* in sheep sent for slaughter in Scotland." *Journal of Food Safety* 30 (1): 237-250. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2009.00203.x>.
- GDS Jura. 2020. *Salmonella enterica diarizonae en questions*. <https://www.gdsbfc.org/assets/files/Salmonella-enterica-subsp-diarizonae-ddpp39-2024.pdf>.
- Gebel, T., S. Kevekordes, J. Schaefer, H. von Platen et H. Dunkelberg. 1996. "Assessment of a possible genotoxic environmental risk in sheep bred on grounds with strongly elevated contents of mercury, arsenic and antimony." *Mutation Research/Genetic Toxicology* 368 (3): 267-274. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-1218\(96\)90068-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-1218(96)90068-3).
- Gill, I. J., G. S. Roberts et J. W. Galvin. 1992. "Management of land and livestock contaminated with polychlorinated biphenyls." *Aust Vet J* 69 (7): 155-8. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1992.tb07499.x>.
- Girault, G. et S. Derzelle. 2014. "Apport de la biologie moléculaire pour la connaissance de la fièvre charbonneuse en France." *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* 63: 2-5.
- Gough, K. C. et B. C. Maddison. 2010. "Prion transmission: prion excretion and occurrence in the environment." *Prion* 4 (4): 275-82. <https://doi.org/10.4161/pri.4.4.13678>.
- Grech-Angelini, S., F. Stachurski, R. Lancelot, J. Boissier, J. F. Allienne, S. Marco, O. Maestrini et G. Uilenberg. 2016. "Ticks (Acari: Ixodidae) infesting cattle and some other domestic and wild hosts on the French Mediterranean island of Corsica." *Parasit Vectors* 9 (1): 582. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1876-8>.
- Hawkins, D. P. et K. V. Ragnarsdóttir. 2009. "The Cu, Mn and Zn concentration of sheep wool: Influence of washing procedures, age and colour of matrix." *Science of The Total Environment* 407 (13): 4140-4148. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.02.020>.
- HCSP. 2013. *Fièvre Q. Recommandations de prise en charge*. <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=401>, 82.
- Hempel, H., A. Scheffczyk, H. J. Schallnass, J. P. Lumaret, M. Alvinerie et J. Römbke. 2006. "Toxicity of four veterinary parasiticides on larvae of the dung beetle *Aphodius constans* in the laboratory." *Environ Toxicol Chem* 25 (12): 3155-63. <https://doi.org/10.1897/06-022r2.1>.
- Hermans, T., L. Jeurissen, V. Hackert et C. Hoebe. 2014. "Land-applied goat manure as a source of human Q-fever in the Netherlands, 2006-2010." *PLoS One* 9 (5): e96607. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096607>.
- Herrera-Rodríguez, D., S. Jareño-Moreno, C. Buch-Cardona, F. Mougeot, J. J. Luque-Larena et D. Vidal. 2024. "Water and mosquitoes as key components of the infective cycle of *Francisella tularensis* in Europe: a review." *Crit Rev Microbiol* 50 (5): 922-936. <https://doi.org/10.1080/1040841x.2024.2319040>.
- Hill, G. M. et M. C. Shannon. 2019. "Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production." *Biol Trace Elem Res* 188 (1): 148-159. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1578-5>.
- Horton, B. J., D. J. Best, L. G. Butler et G. G. Gregory. 1997. "Organophosphorus residues in wool grease resulting from specified on-farm lice and flystrike control treatments." *Aust Vet J* 75 (7): 500-3. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1997.tb14382.x>.
- Hristev, H., D. Penkov, V. Kmetov, B. Baykov et A. Bliznakov. 2008. "Lead and cadmium content in washed and unwashed wool of sheep reared in regions with increased

- technogenic Clarc." *Journal of Central European Agriculture* (jcea@agr.hr); Vol.9 No.2 9.
- Hussain, M. Iftikhar., Zafar. Khan, Majida. Naeem, Kafeel. Ahmad, Muhammad. Awan, Mona. Alwahibi et Mohamed. Soliman. 2021. "Blood, Hair and Feces as an Indicator of Environmental Exposure of Sheep, Cow and Buffalo to Cobalt: A Health Risk Perspectives." *Sustainability* 13: 7873. <https://doi.org/10.3390/su13147873>.
- Idèle. 2013. "La chlamydiose abortive chez les petits ruminants. Collection L'Essentiel, 4 p. <https://www.fnec.fr/IMG/pdf/chlamydiose.pdf>."
- Inglis, G. D., T. A. McAllister, F. J. Larney et E. Topp. 2010. "Prolonged survival of *Campylobacter* species in bovine manure compost." *Appl Environ Microbiol* 76 (4): 1110-9. <https://doi.org/10.1128/aem.01902-09>.
- Interbev. 2024. *L'essentiel de la filière ovine française*. https://www.interbev.fr/wp-content/uploads/2024/09/lessentiel-ovins-2024_web.pdf, 40 p.
- Islam, M., J. Morgan, M. P. Doyle, S. C. Phatak, P. Millner et X. Jiang. 2004. "Persistence of *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* on lettuce and parsley and in soils on which they were grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water." *Foodborne Pathog Dis* 1 (1): 27-35. <https://doi.org/10.1089/153531404772914437>.
- Jackson, T. A., Pearson J. F., Young S. D., Armstrong J. et M. and O'Callaghan. 2002. "Abundance and distribution of microbial populations in sheep fleece." *New Zealand Journal of Agricultural Research* 45 (1): 49-55. <https://doi.org/10.1080/00288233.2002.9513492>.
- Jiang, X., J. Morgan et M. P. Doyle. 2002. "Fate of *Escherichia coli* O157:H7 in manure-amended soil." *Appl Environ Microbiol* 68 (5): 2605-9. <https://doi.org/10.1128/aem.68.5.2605-2609.2002>.
- Johnson, P. W., A. Darwish, R. Dixon et J. W. Steel. 1995. "Kinetic disposition of xylene-based or aqueous formulations of deltamethrin applied to the dorsal mid-line of sheep and their effect on lice." *Int J Parasitol* 25 (4): 471-82. [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(94\)00153-f](https://doi.org/10.1016/0020-7519(94)00153-f).
- Jones, K., S. Howard et J. S. Wallace. 1999. "Intermittent shedding of thermophilic campylobacters by sheep at pasture." *J Appl Microbiol* 86 (3): 531-6. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1999.00702.x>.
- Joulié, A., K. Laroucau, X. Bailly, M. Prigent, P. Gasqui, E. Lepetitcolin, B. Blanchard, E. Rousset, K. Sidi-Boumedine et E. Jourdain. 2015. "Circulation of *Coxiella burnetii* in a Naturally Infected Flock of Dairy Sheep: Shedding Dynamics, Environmental Contamination, and Genotype Diversity." *Appl Environ Microbiol* 81 (20): 7253-60. <https://doi.org/10.1128/aem.02180-15>.
- Kahl, O. et J. S. Gray. 2023. "The biology of *Ixodes ricinus* with emphasis on its ecology." *Ticks Tick Borne Dis* 14 (2): 102114. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2022.102114>.
- Kettle, P. R., A. J. Watson et D. A. White. 1983. "Evaluation of a deltamethrin formulation as a back-line treatment of sheep for the control of the sheep body louse (*Damalinia ovis*)." *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 11 (4): 321-324. <https://doi.org/10.1080/03015521.1983.10427776>.
- Kewish, OK. . ;1(4702):356. 1951. "Sheep Shearers Get Orf." *Br Med J* 1 (4702): 356.
- 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. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5934-3>.
- Kissling, E., P. Wattiau, B. China, M. Poncin, D. Fretin, Y. Pirenne et G. Hanquet. 2012. "B. anthracis in a wool-processing factory: seroprevalence and occupational risk." *Epidemiol Infect* 140 (5): 879-86. <https://doi.org/10.1017/s0950268811001488>.

- Konold, T., S. J. Moore, S. J. Bellworthy, L. A. Terry, L. Thorne, A. Ramsay, F. J. Salguero, M. M. Simmons et H. A. Simmons. 2013. "Evidence of effective scrapie transmission via colostrum and milk in sheep." *BMC Vet Res* 9: 99. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-9-99>.
- L'Hostis, M., A. Bureau et A. Gorenflo. 1996. "Female *Ixodes ricinus* (Acari, Ixodidae) in cattle of western France: infestation level and seasonality." *Vet Res* 27 (6): 589-97.
- L'Hostis, M. et H. Seegers. 2002. "Tick-borne parasitic diseases in cattle: current knowledge and prospective risk analysis related to the ongoing evolution in French cattle farming systems." *Vet Res* 33 (5): 599-611. <https://doi.org/10.1051/vetres:2002041>.
- Lenahan, M., S. O'Brien, K. Kinsella, T. Sweeney et J. J. Sheridan. 2007. "Prevalence and molecular characterization of *Escherichia coli* O157:H7 on Irish lamb carcasses, fleece and in faeces samples." *J Appl Microbiol* 103 (6): 2401-9. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03476.x>.
- Lerch, S., L. Rey-Cadilhac, R. Cariou, Y. Faulconnier, C. Jondreville, D. Roux, G. Dervilly-Pinel, B. Le Bizec, S. Jurjanz et A. Ferlay. 2020. "Undernutrition combined with dietary mineral oil hastens depuration of stored dioxin and polychlorinated biphenyls in ewes. 2. Tissue distribution, mass balance and body burden." *PLoS One* 15 (3): e0230628. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230628>.
- Liu, Z. P. 2003. "Lead poisoning combined with cadmium in sheep and horses in the vicinity of non-ferrous metal smelters." *Sci Total Environ* 309 (1-3): 117-26. [https://doi.org/10.1016/s0048-9697\(03\)00011-1](https://doi.org/10.1016/s0048-9697(03)00011-1).
- Lyness, E. W., Dudley E. Pinnock et David John Cooper. 1994. "Microbial ecology of sheep fleece." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 49: 103-112.
- Madani, N., C. Mendy, F. Moutou et B. Garin Bastuji. 2010. "La fièvre charbonneuse en France. Épisodes de l'été 2009 et foyers enregistrés sur la dernière décennie (1999-2009)." *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire* (Hors-série): 15-7.
- Mailles, A., B. Garin-Bastuji, J. P. Lavigne, M. Jay, A. Sotto, M. Maurin, I. Pelloux, D. O'Callaghan, V. Mick, V. Vaillant et H. De Valk. 2016. "Human brucellosis in France in the 21st century: Results from national surveillance 2004-2013." *Med Mal Infect* 46 (8): 411-418. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2016.08.007>.
- Mailles, A. et V. Vaillant. 2014. "10 years of surveillance of human tularemia in France." *Euro Surveill* 19 (45): 20956. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es2014.19.45.20956>.
- Malone, F. E., E. C. Wilson, J. M. Pollock et R. A. Skuce. 2003. "Investigations into an outbreak of tuberculosis in a flock of sheep in contact with tuberculous cattle." *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health* 50 (10): 500-4. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0450.2003.00714.x>.
- Marianelli, C., N. Cifani, M. T. Capuchio, M. Fiasconaro, M. Russo, F. La Mancusa, P. Pasquali et V. Di Marco. 2010. "A case of generalized bovine tuberculosis in a sheep." *J Vet Diagn Invest* 22 (3): 445-8. <https://doi.org/10.1177/104063871002200319>.
- Maurin, M. 2020. "*Francisella tularensis*, Tularemia and Serological Diagnosis." *Front Cell Infect Microbiol* 10: 512090. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.512090>.
- Maurin, M. et M. Gyuranecz. 2016. "Tularemia: clinical aspects in Europe." *Lancet Infect Dis* 16 (1): 113-124. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(15\)00355-2](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(15)00355-2).
- Mayerhofer-Rochel, M. F., F. Himmelbauer, P. Reinprecht, S. Herndl, H. Weidinger, H. J. Hellinger, M. P. Szostak, G. Grass et M. Ehling-Schulz. 2025. "Persistence in time: the hunt for *Bacillus anthracis* at a historic tannery site in Austria reveals genetic diversity thought extinct." *Appl Environ Microbiol* 91 (3): e0173224. <https://doi.org/10.1128/aem.01732-24>.
- McCarthy, S. C., C. M. Burgess, S. Fanning et G. Duffy. 2021. "An Overview of Shiga-Toxin Producing *Escherichia coli* Carriage and Prevalence in the Ovine Meat Production Chain." *Foodborne Pathog Dis* 18 (3): 147-168. <https://doi.org/10.1089/fpd.2020.2861>.

- McCaul, T. F. et J. C. Williams. 1981. "Developmental cycle of *Coxiella burnetii*: structure and morphogenesis of vegetative and sporogenic differentiations." *J Bacteriol* 147 (3): 1063-76. <https://doi.org/10.1128/jb.147.3.1063-1076.1981>.
- McColl, K.A., H.A. Westbury, R.P. Kitching et V.M. Lewis. 1995. "The persistence of foot-and-mouth disease virus on wool." *Australian Veterinary Journal* 72 (8): 286-292. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1995.tb03556.x>.
- McCoy, K. D. et N. Boulanger. 2015. *Tiques et maladies à tiques. Biologie, écologie évolutive, épidémiologie*, ed IRD. Marseille <https://www.editions.ird.fr/produit/349/9782709921022/tiques-et-maladies-a-tiques>.
- McInnes, C. 2009. "Orf infection in sheep." *Moredun research institute. News sheet* (5): 2.
- Miller, M. W., E. S. Williams, N. T. Hobbs et L. L. Wolfe. 2004. "Environmental sources of prion transmission in mule deer." *Emerg Infect Dis* 10 (6): 1003-6. <https://doi.org/10.3201/eid1006.040010>.
- Mínguez-González, O., C-B. Gutiérrez-Martín, M. del C. Martínez-Nistal, María del Rosario Esquivel-García, J.-I. Gómez-Campillo, J.-A. Collazos-Martínez, L.-M. Fernández-Calle, C. Ruiz-Sopeña, S. Tamames-Gómez, S. Martínez-Martínez, C. Caminero-Saldaña, M. Hernández, D. Rodríguez-Lázaro et E.-F. Rodríguez-Ferri. 2021. "Tularemia Outbreaks in Spain from 2007 to 2020 in Humans and Domestic and Wild Animals." *Pathogens* 10 (7): 892.
- Morignat, E., J.P. Amat, T. Maignien, T. Baron et L. Méry. 2024. "Bilan de la surveillance de l'ESB en France en 2023." *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* 103 (1): 1-4.
- Morignat, E., J.P. Amat, T. Maignien, A.G. Morignat et L. Méry. 2023. "Bilan de la surveillance de l'ESB en France en 2022." *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* 100 (1): 1-5.
- Mulcock, A. P. 1966. "The survival of micro-organism in fleece wool." *New Zealand Journal of Agricultural Research* 9 (1): 16-21. <https://doi.org/10.1080/00288233.1966.10418113>.
- Muñoz Mendoza, M., Ld Juan, S. Menéndez, A. Ocampo, J. Mourelo, J. L. Sáez, L. Domínguez, C. Gortázar, J. F. García Marín et A. Balseiro. 2012. "Tuberculosis due to *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium caprae* in sheep." *Vet J* 191 (2): 267-9. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.05.006>.
- Nielebeck, C., S. Kim, A. Pepe, L. Himes, Z. Miller, S. Zummo, M. Tang et J. Monzón. 2023. "Climatic stress decreases tick survival but increases rate of host-seeking behavior." *Ecosphere* 14. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4369>.
- Norrell, N. 2008. "New York City anthrax response." 2007 Workshop on Decontamination, Cleanup, and Associated Issues for Sites Contaminated with Chemical, Biological, or Radiological Materials. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1003BG1.PDF?Dockey=P1003BG1.PDF>.
- O'Brien, D. J., J. S. Gray et P. F. O'Reilly. 1994. "Survival and retention of infectivity of the mite *Psoroptes ovis* off the host." *Vet Res Commun* 18 (1): 27-36. <https://doi.org/10.1007/bf01839258>.
- Olvera-Ramírez, A. M., N. R. McEwan, K. Stanley, R. Nava-Díaz et G. Aguilar-Tipacamú. 2023. "A Systematic Review on the Role of Wildlife as Carriers and Spreaders of *Campylobacter* spp." *Animals (Basel)* 13 (8). <https://doi.org/10.3390/ani13081334>.
- Oyovwi, M. O., A. D. Atere, P. Chimwuba et U. G. Joseph. 2024. "Implication of Pyrethroid Neurotoxicity for Human Health: A Lesson from Animal Models." *Neurotox Res* 43 (1): 1. <https://doi.org/10.1007/s12640-024-00723-1>.

- Palmquist, K., J. Salatas et A. Fairbrother. 2012. "Pyrethroid Insecticides: Use, Environmental Fate, and Ecotoxicology. " Dans *Insecticides - Advances in Integrated Pest Management*, édité par Dr. Farzana Perveen.
- Parlato, M. C.M. et S. M.C. Porto. 2020. "Organized Framework of Main Possible Applications of Sheep Wool Fibers in Building Components." *Sustainability* 12 (3): 761.
- Pepin, M., M. Paton et A. L. M. Hodgson. 1994. "Pathogenesis and epidemiology of *Corynebacterium pseudotuberculosis* infection in sheep." *Current Topics in Veterinary Research* 1: 62-83.
- Perez, G., H-J. Boulouis, S. Bonnet, N. Boulanger, B. Livoreil, K. Mccoy, E. Quillery, L. Bournez, M. René-Martellet et J. Fite. 2020-11-25 2020. *Rapport bibliographique sur l'écologie, l'épidémiologie, la surveillance, la prévention et la lutte contre la tique Ixodes ricinus en France métropolitaine*. INRAE, Anses. <https://anses.hal.science/anses-03263410>, 142 p.
- Petek, B. et R. Marinšek Logar. 2021. "Management of waste sheep wool as valuable organic substrate in European Union countries." *J Mater Cycles Waste Manag* (23): 44–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10163-020-01121-3>.
- Pharo, H.J. 1998. *Import Risk Analysis : Unprocessed Fibre of Sheep and Goats*. Ministry of Agriculture and Forestry, New Zealand. <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/2824/direct>, 139 p.
- Plateforme ESA. 2024. *Synthèse de l'étude StatelCox*. https://www.plateforme-esa.fr/sites/default/files/2024-07/synthese_resultats_statelcox_vf_0.pdf, 37.
- Porter, S. R., G. Czaplicki, J. Mainil, R. Guattéo et C. Saegerman. 2011. "Q Fever: current state of knowledge and perspectives of research of a neglected zoonosis." *Int J Microbiol* 2011: 248418. <https://doi.org/10.1155/2011/248418>.
- Poussard, A., B. Forestier, M. Tabouret, M. Treilles et C. Paraud. 2023. "Exposition des ovins allaitants aux strongylicides dans le département des Deux-Sèvres : résultats d'une enquête auprès des prescripteurs. Proceedings Journées Nationales des GTV, 24-26 mai 2023, Poitiers.".
- Price, M.A. et O.H. Graham. 1996. *Chewing and Sucking Lice as Parasites of Mammals and Birds*. Vol. 1849. *Technical Bulletin*: U.S. Department of Agriculture.
- Ranford, S., P. Swan et C. van Koten. 2022. "Chemical residue trends for Australian and New Zealand wool." *Scientific Reports* 12 (1): 768. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-04787-x>.
- Reid, H.W. et S.M. Rodger. 2007. "Orf " Dans *Diseases of Sheep*, édité par Blackwell Publishing, 297-302.
- Riad, M. H., R. E. Baynes, L. A. Tell, J. L. Davis, F. P. Maunsell, J. E. Riviere et Z. Lin. 2021. "Development and Application of an Interactive Physiologically Based Pharmacokinetic (iPBPK) Model to Predict Oxytetracycline Tissue Distribution and Withdrawal Intervals in Market-Age Sheep and Goats." *Toxicological Sciences* 183 (2): 253-268. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfab095>.
- Rippon, J. A. 2013. "The Structure of Wool." Dans *The Coloration of Wool and other Keratin Fibres*, 1-42.
- Rodríguez-Hernández, P., M. J. Cardador, R. Ríos-Reina, J. M. Sánchez-Carvajal, Á Galán-Relaño, F. Jurado-Martos, I. Luque, L. Arce, J. Gómez-Laguna et V. Rodríguez-Estevez. 2023. "Detection of *Mycobacterium tuberculosis* complex field infections in cattle using fecal volatile organic compound analysis through gas chromatography-ion mobility spectrometry combined with chemometrics." *Microbiol Spectr* 11 (5): e0174323. <https://doi.org/10.1128/spectrum.01743-23>.
- Rousset, E., D. Duquesne, P. Russo et R. Thiery. 2007. "La fièvre Q : Problématiques et risques sanitaires." *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*: 107-114.

- Rousset, E., A. Raptopoulo, M. Poivre, J. Lafon, R. Thiéry, A. Couesnon, E. Jourdain et K. Gache. 2022. "Epidemiological investigation on a dairy sheep farm in a professional agricultural high school following an alert of Q fever clustered human cases. ESCCAR International congress on Rickettsiae and 9th Meeting of the European Society for *Chlamydia* Research (ESCR), Aug 2022, Lausanne, Switzerland. , pp. 171. fthal-03758001f."
- Sabir, Muhammad. Jawad., Muhammad. Ijaz, Arslan. Ahmed, Hamza. Rasheed, Muhammad. Umar. Javed et Farwa. Anwaar. 2024. "First report on genotypic estimation of MRSA load in udder of nomadic sheep flocks affected with subclinical mastitis in Pakistan." *Research in Veterinary Science* 166: 105107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.105107>.
- Shen, X., Y. Chi et K. Xiong. 2019. "The effect of heavy metal contamination on humans and animals in the vicinity of a zinc smelting facility." *PLOS ONE* 14 (10): e0207423. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207423>.
- Sigel, M. M., T. F. Scott, W. Henle et O. H. Janton. 1950. "Q fever in a wool and hair processing plant." *Am J Public Health Nations Health* 40 (5): 524-32. <https://doi.org/10.2105/ajph.40.5.524>.
- Simoes, J.C.C., M.J. Saavedra et P.A. Hunter. 2019. *Brucellosis in goats and sheep, an endemic and re-emerging old zoonosis in the 21st century*. New York: Nova Science Publishers. <https://novapublishers.com/shop/brucellosis-in-goats-and-sheep-an-endemic-and-re-emerging-old-zoonosis-in-the-21st-century/>.
- Smith, E. M., P. F. Needs, G. Manley et L. E. Green. 2014. "Global distribution and diversity of ovine-associated *Staphylococcus aureus*." *Infect Genet Evol* 22 (100): 208-15. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2013.09.008>.
- Smith, K. E., R. Wall, E. Berriatua et N. P. French. 1999. "The effects of temperature and humidity on the off-host survival of *Psoroptes ovis* and *Psoroptes cuniculi*." *Veterinary Parasitology* 83 (3): 265-275. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(99\)00063-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4017(99)00063-1).
- Sörén, K., M. Lindblad, C. Jernberg, E. Eriksson, L. Melin, H. Wahlström et M. Lundh. 2015. "Changes in the risk management of *Salmonella enterica* subspecies *diarizonae* serovar 61:(k):1, 5, (7) in Swedish sheep herds and sheep meat due to the results of a prevalence study 2012." *Acta Vet Scand* 57 (1): 6. <https://doi.org/10.1186/s13028-015-0096-0>.
- Sosa, F. E., D. M. Medina, J. F. Micheloud, H. M. Borsetti, N. Hernández, L. Schnittger, S. R. Romero et M. Florin-Christensen. 2024. "First report on the occurrence of psoroptic mange in llamas (*Lama glama*) of the Andean region." *Parasitol Res* 123 (9): 334. <https://doi.org/10.1007/s00436-024-08357-0>.
- Spyrou, V. et G. Valiakos. 2015. "Orf virus infection in sheep or goats." *Vet Microbiol* 181 (1-2): 178-82. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.08.010>.
- Stoker, M. G., R. D. Brown, F. J. Kett, P. C. Collings et B. P. Marmion. 1955. "Q fever in Britain: isolation of Rickettsia burneti from placenta and wool of sheep in an endemic area." *J Hyg (Lond)* 53 (3): 313-21. <https://doi.org/10.1017/s0022172400000796>.
- Tadjebakche, H. et A. A. Nazari. 1974. "Persistence of *Salmonella abortus ovis* in soil." *Rev Elev Med Vet Pays Trop* 27 (1): 57-9.
- Tan, T., J. Heller, S. Firestone, M. Stevenson et A. Wiethoelter. 2024. "A systematic review of global Q fever outbreaks." *One Health* 18: 100667. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100667>.
- Terry, L. A., L. Howells, K. Bishop, C. A. Baker, S. Everest, L. Thorne, B. C. Maddison et K. C. Gough. 2011. "Detection of prions in the faeces of sheep naturally infected with classical scrapie." *Vet Res* 42 (1): 65. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-42-65>.

- Thomas, K. M., M. S. McCann, M. M. Collery, G. Moschonas, P. Whyte, D. A. McDowell et G. Duffy. 2013. "Transfer of verocytotoxigenic *Escherichia coli* O157, O26, O111, O103 and O145 from fleece to carcass during sheep slaughter in an Irish export abattoir." *Food Microbiol* 34 (1): 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.11.014>.
- Thomzig, A., W. Schulz-Schaeffer, A. Wrede, W. Wemheuer, B. Brenig, C. Kratzel, K. Lemmer et M. Beekes. 2007. "Accumulation of pathological prion protein PrPSc in the skin of animals with experimental and natural scrapie." *PLoS Pathog* 3 (5): e66. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.0030066>.
- Tittarelli, M., M. Di Ventura, F. De Massis, M. Scacchia, A. Giovannini, D. Nannini et V. Caporale. 2005. "The persistence of *Brucella melitensis* in experimentally infected ewes through three reproductive cycles." *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health* 52 (9): 403-9. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.2005.00885.x>.
- Tuncer, S. S. 2019. "An investigation of the lead and cadmium levels of blood serum and wool of white karaman sheep in the Van region (Turkey)." *Applied Ecology and Environmental Research* 17. https://doi.org/10.15666/aeer/1701_13811387.
- Uelze, L., M. Borowiak, C. Deneke, J. Fischer, A. Flieger, S. Simon, I. Szabó, S. H. Tausch et B. Malorny. 2021. "Comparative genomics of *Salmonella enterica* subsp. *diarizonae* serovar 61:k:1,5,(7) reveals lineage-specific host adaptation of ST432." *Microb Genom* 7 (8). <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000604>.
- UNEP. 2001. *United Nations Environment Program. Final act of the plenipotentiaries on the Stockholm convention on Persistent Organic Pollutants. United Nations Environment Program Chemicals, Geneva, Switzerland.* p. 445.
- Vaissaire, J., D. Baroux, C. Bordas, A. Chossonery, M. Dufrêne, JM. Guéraud, JL. Martel, M. Pouillet, V. Tkaczuk-Moquay, A. Valognes, C. Le Doujet, M. Laroche, P. Alliot, C. Mendy et H. Chevalerias. 1996. "Épidémiologie des cas de charbon bactérien (fièvre charbonneuse) observés et répertoriés en France depuis une quinzaine d'années." *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* 149 (1): 65-70.
- Vaissaire, J., M. Mock, C. Le Doujet et M. Levy. 2001. "Le charbon bactérien. Épidémiologie de la maladie en France." *Médecine et Maladies Infectieuses* 31: 257-271. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0399-077X\(01\)80066-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0399-077X(01)80066-4).
- van der Burgt, G. M., F. Drummond, T. Crawshaw et S. Morris. 2013. "An outbreak of tuberculosis in Lleyn sheep in the UK associated with clinical signs." *Vet Rec* 172 (3): 69. <https://doi.org/10.1136/vr.101048>.
- Van Ert, M. N., W. R. Easterday, L. Y. Huynh, R. T. Okinaka, M. E. Hugh-Jones, J. Ravel, S. R. Zanecki, T. Pearson, T. S. Simonson, J. M. U'Ren, S. M. Kachur, R. R. Leadem-Dougherty, S. D. Rhoton, G. Zinser, J. Farlow, P. R. Coker, K. L. Smith, B. Wang, L. J. Kenefic, C. M. Fraser-Liggett, D. M. Wagner et P. Keim. 2007. "Global genetic population structure of *Bacillus anthracis*." *PLoS One* 2 (5): e461. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000461>.
- van Loenhout, J. A. F., W. John. Paget, Jan. H. Vercoulen, C. J. Wijkmans, J. L. A. Hautvast et K. van der Velden. 2012. "Assessing the long-term health impact of Q-fever in the Netherlands: a prospective cohort study started in 2007 on the largest documented Q-fever outbreak to date." *BMC Infectious Diseases* 12 (1): 280. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-12-280>.
- VanderZaag, A.C., K.J. Campbell, R.C. Jamieson, A.C. Sinclair et L.G. Hynes. 2010. "Survival of *Escherichia coli* in agricultural soil and presence in tile drainage and shallow groundwater." *Canadian Journal of Soil Science* 90 (3): 495-505. <https://doi.org/10.4141/cjss09113>.
- Virat, B., A. Vallée et A. Kréguer. 1956. "A propos du botulisme du mouton : première souche ovine isolée en France." *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* 109 (8): 425-426.

- Virlouvet, G. 2003. "Étude de l'élimination fécale et urinaire de la cyperméthrine chez les bovins - Impact écotoxicique sur les coléoptères coprophages." Doctorat vétérinaire, Faculté de médecine de Nantes (109).
- Ward, M. P. et R. T. Armstrong. 1998. "Pesticide use and residues on Queensland wool." *Aust Vet J* 76 (11): 739-42. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1998.tb12303.x>.
- Watson, A. et D. Keir. 1994. "Information on which to base assessments of risk from environments contaminated with anthrax spores." *Epidemiol Infect* 113 (3): 479-90. <https://doi.org/10.1017/s0950268800068497>.
- Wattiau, P., E. Boldisova, R. Toman, M. Van Esbroeck, S. Quoilin, S. Hammadi, H. Tissot-Dupont, D. Raoult, J. M. Henkinbrant, M. Van Hessche et D. Fretin. 2011. "Q fever in Woolsorters, Belgium." *Emerg Infect Dis* 17 (12): 2368-9. <https://doi.org/10.3201/eid1712.101786>.
- Wattiau, P., S. R. Klee, D. Fretin, M. Van Hessche, M. Ménart, T. Franz, C. Chasseur, P. Butaye et H. Imberechts. 2008. "Occurrence and genetic diversity of *Bacillus anthracis* strains isolated in an active wool-cleaning factory." *Appl Environ Microbiol* 74 (13): 4005-11. <https://doi.org/10.1128/aem.00417-08>.
- Wesołowska, M. et E. Szczuka. 2023. "Occurrence and Antimicrobial Resistance among *Staphylococci* Isolated from the Skin Microbiota of Healthy Goats and Sheep." *Antibiotics (Basel)* 12 (11). <https://doi.org/10.3390/antibiotics12111594>.
- WOAH. 2018a. "Ovine epididymitis (*Brucella ovis*)." *WOAH Terrestrial Manual*.
- WOAH. 2018b. "Q Fever (chapter 3.1.16.)." *WOAH Terrestrial Manual*, 560-577.
- WOAH. 2022a. "Foot and mouth disease (infection with Foot and mouth disease virus) (chapter 3.1.8.)." *Code sanitaire pour les animaux terrestres*. https://doi.org/https://www.woah.org/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahc/current/chapitre_fmd.pdf.
- WOAH. 2022b. "Tularemia (chapter 3.1.23.)." *WOAH Terrestrial Manual*, 1-9.
- Zakaria El-Sayed, Hosam. El-Din., Salwa. Mowafi, Amira. Abou El-Kheir et E. M. El-Khatib. 2018. "A Comprehensive Critique on Wool Grease Extraction, Properties and Applications." *Egyptian Journal of Chemistry* 61 (6): 1151-1159. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2018.4214.1372>.

8.2 Normes

AFNOR. 2003. NF X 50-110 *Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise*. AFNOR (indice de classement X 50-110).

ISO (International Organization for Standardization). 1997. *Information and Documentation - Rules for the Abbreviation of Title Words and Titles of Publications*. ISO 4:1997. Paris: ISO.

8.3 Législation et réglementation

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/loda/id/JORFTEXT000000570287>

Arrêté du 27 février 2018 modifiant l'arrêté du 29 avril 2015 fixant la liste des races des espèces bovine, ovine, caprine et porcine reconnues et précisant les ressources zoogénétiques

présentant un intérêt pour la conservation du patrimoine génétique du cheptel et l'aménagement du territoire

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFARTI000036666336>

Arrêté du 3 mai 2022 listant les maladies animales réglementées d'intérêt national en application de l'article L. 221-1 du code rural et de la pêche maritime

<https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=uck05VTtow-Vqdf82EfXOWQFtMjB-7UbD87RGI8K-Oo=>

Code de la santé publique – partie réglementaire – Troisième partie : lutte contre les maladies et dépendances – Livre Ier : lutte contre les épidémies et certaines maladies transmissibles – chapitre III : transmission obligatoire de données individuelles à l'autorité sanitaire - Article D3113-8 (créé par le décret n°2023-716 du 2 août 2023)

<https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000048032110/2023-08-04>

Décision d'exécution (UE) 2018/945 de la Commission du 22 juin 2018 relative aux maladies transmissibles et aux problèmes sanitaires particuliers connexes qui doivent être couverts par la surveillance épidémiologique ainsi qu'aux définitions de cas correspondante.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018D0945>

Décret n° 2023-716 du 2 août 2023 relatif à la liste des maladies devant faire l'objet d'un signalement en application de l'article L. 3113-1 du code de la santé publique.

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGIARTI000047928516/2023-08-04/>

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

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002L0032:20061020:FR:PDF>

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.

<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/99/oj>

Instruction technique DGAL/SDSSA/2023-146 du 28 février 2023 : Surveillance à mener dans les élevages de ruminants concernés par les zones exposées de Savoie et Haute-Savoie suite à la présence de brucellose dans la population de bouquetins.

<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2023-146>

Règlement (CE) n°1069/2009 du 21 octobre 2009 établissant les 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).

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:02009R1069-20191214>

Règlement (CE) n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R1107-20221121>

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

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX%3A32011R0142>

Règlement délégué (UE) 2020/687 de la Commission du 17 décembre 2019 complétant le règlement (UE) 2016/429 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les règles relatives à la prévention de certaines maladies répertoriées et à la lutte contre celles-ci.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?qid=1736761346093&uri=CELEX%3A02020R0687-20230503>

Règlement d'exécution (UE) 2018/1882 de la Commission du 3 décembre 2018 sur l'application de certaines dispositions en matière de prévention et de lutte contre les maladies à des catégories de maladies répertoriées et établissant une liste des espèces et des groupes d'espèces qui présentent un risque considérable du point de vue de la propagation de ces maladies répertoriées.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02018R1882-20240201>

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine



Direction générale
de l'alimentation

Paris, le 18 mars 2024

Service des actions sanitaires
Sous-direction de la santé et du bien-être animal

Bureau de la prévention des risques sanitaires en
élevage
Dossier suivi par : Sandra Jez Tétreau
Tél. : 01 49 55 81 66

La Directrice générale

à

Monsieur le Directeur Général
de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de
l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail
27-31, avenue du Général Leclerc
B.P. 19
94701 MAISONS ALFORT CEDEX

Objet : Saisine relative à l'identification et l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux que
représente la laine de mouton en suint

La France comptait en 2020, 35 781 exploitations d'ovins, pour 7 millions d'animaux (recensement agricole). Annuellement, la tonte des animaux, nécessaire à leur bien-être, conduit à la production de laine en suint.

La fermeture de certains marchés à l'exportation (Chine), la qualité moyenne voire médiocre de certaines toisons, la faiblesse de la filière nationale de lavage destinant la laine à des usages techniques (textile, construction/isolation, fertilisation, etc.), la limite du recours aux filières de lavage européennes existantes et la diminution d'activité des collecteurs en ferme ont entraîné et entraînent toujours la création de stocks de laine brute (en suint, ni lavée, ni traitée) à l'élevage.

Cette problématique a fait l'objet d'une mission du CGAAER dont le rapport est disponible au lien suivant : <https://agriculture.gouv.fr/la-valorisation-de-la-laine-et-des-peaux-lainees>.

La laine de mouton, est classée comme une matière de catégorie 3 au regard du règlement (CE) 1069/2009 relatif aux sous-produits animaux¹, qu'elle soit issue d'animaux vivants (art 10 lettre h) ou morts (art 10 point n) « n'ayant présenté aucun signe de maladie transmissible aux êtres humains ou aux animaux par ce produit ».

Si la laine provient d'un animal vivant jugé inapte à l'abattage ou à la consommation humaine, ou trouvé mort et porteur de signe de maladie transmissible à l'homme ou l'animal, elle est alors classée comme sous-produit animal de catégorie 2² (article 9 du R1069/2009).

¹ Règlement n°1069/2009 du 21 octobre 2009 établissant les règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine ;

² La laine ou la peau lainée d'un mouton dont le test EST s'est révélé positif ou suspect est une matière de catégorie 1 (art 8 a du R1069/2009). Elle est interdite de valorisation en fertilisant. « Exclusivement pour élimination », elle peut être valorisée dans certains usages techniques (production d'énergie, de biocarburant, biodiesel, combustible) une fois transformée. Son usage en gélatine photographique ou en dispositif de diagnostic in vitro n'est pas autorisé par le R999/2001.

Le règlement (CE) 1069/2009 prévoit que la laine en suint de catégorie 3 peut être compostée, convertie en biogaz (article 14 f) ou transformée en engrais organique et amendements (article 14 d) par des méthodes décrites au règlement (UE) 142/2011 (annexe IV, chapitres III et IV, annexe X, chapitre II, hors sections 2, 4, 7, 9 et 10). Pour la même valorisation, la laine de catégorie 2 doit subir, quant à elle, une stérilisation sous pression (méthode n°1, art 13 d du règlement (CE) 1069/2009). Ces activités sont réalisées en « usine » disposant d'un agrément sanitaire au titre du règlement (CE) 1069/2009. Le règlement (UE) 142/2011³ définit, en plus des méthodes, les critères microbiologiques à observer lors de la validation des processus de transformation et en autocontrôles réguliers⁴.

L'application directe de la laine en suint dans les sols est quant à elle interdite (article 14 l du règlement (CE) 1069/2009) et la réglementation européenne ne prévoit pas que les autorités compétentes nationales puissent l'autoriser, quelle que soit l'évaluation des risques faite au niveau national.

Dans ce cadre, la direction générale de l'alimentation demande à l'Anses d'identifier les dangers biologiques et chimiques que peut représenter la laine en suint et d'identifier les plus importants pour les santés humaine, animale et environnementale. Cet avis proposera des préconisations de maîtrise de ces risques et tiendra compte dans son évaluation des pratiques dans la filière notamment des conditions de stockage.

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

Je vous remercie de bien vouloir accuser réception de la présente demande et d'adresser la réponse aux destinataires suivants bprse.sdsbea.dgal@agriculture.gouv.fr, sdsbea.dgal@agriculture.gouv.fr, sandra.jez-tetreau@agriculture.gouv.fr, saisines-anses.dgal@agriculture.gouv.fr.

Maud
FAIPOUX ID

Signature
numérique de
Maud FAIPOUX ID

³ Règlement n°142/2011 du 25 février 2011 portant application du règlement (CE) n° 1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et portant application de la directive 97/78/CE du Conseil en ce qui concerne certains échantillons et articles exemptés des contrôles vétérinaires effectués aux frontières en vertu de cette directive

⁴ En vue de sa transformation de la laine de catégorie 3 en engrais organiques et amendements, une des méthodes possibles est la méthode dite n°7, pour laquelle, en sortie de l'équipement de transformation, l'absence de Clostridium perfringens doit être avérée (sur 30 jours de production, dans 1g de produit transformé, (cf. règlement (UE) 142/2011 annexe IV Chap III)

Tél : 00 00 00 00
Mél : prénom.nom@xxx.fr
Adresse, code postal, ville

Annexe 2 : Recherche bibliographique

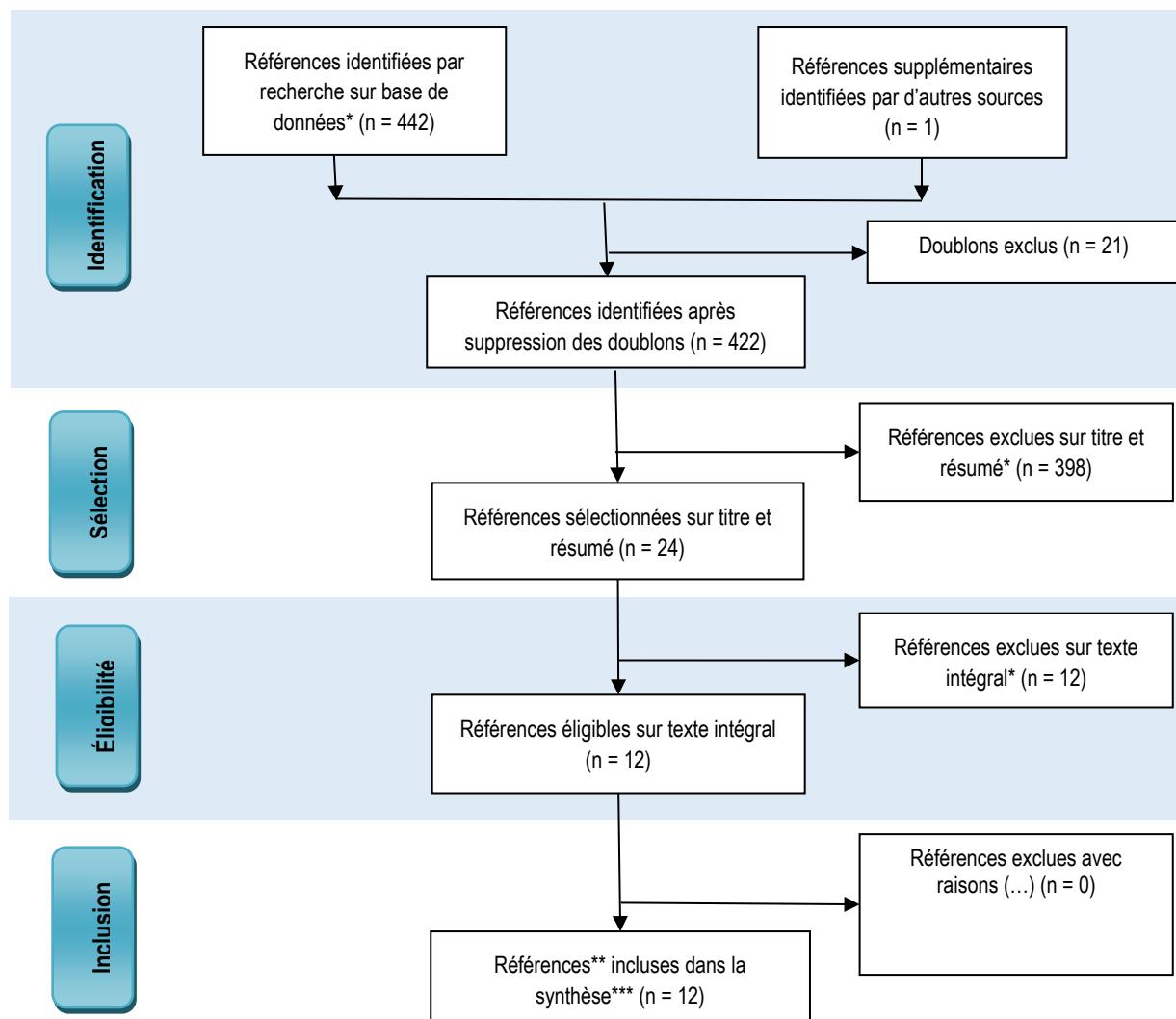
- Sources : Agricola, CAB Abstracts, HAL, Google Scholar, PubMed, Scopus, Web of Science
- Date de début : 8 août 2024
- Date de fin : 28 février 2025

Compte tenu du sujet très large de la saisine, plusieurs recherches bibliographiques ont été conduites en utilisant les principaux mots-clés suivants : *raw wool, greasy wool, raw fleece, greasy fleece, wool, fleece, sheep shearer, woolsorters' disease, biological hazard, biohazard, pathogen, virus, bacteria, parasites, zoonosis, chemical hazard, residue, contaminant, pesticide, insecticide, acaricide, external antiparasitic, drug, plant extract, essential oil, geraniol, citriodiol, para-menthane-3.8-diol, juniperus oxycedrus, oil of cade, medicament, antibiotic, marquing paint, heavy metal, dioxin/PCB, mycotoxin, pesticide, insecticide, herbicide, fungicide, phytopharmaceutical product, wool-scouring, cypermethrine, deltamethrine, phoxime, dicyclanil*.

Concernant les dangers biologiques, les experts se sont appuyés sur les publications dont ils disposaient dans leur champ de compétence et ont recherché quelques publications récentes en tant que de besoin, par exemple sur les STEC, *Campylobacter*, les microorganismes de la toison, *Coxiella burnetii*, etc.

Pour les dangers chimiques, les recherches sur les extraits de plante et les peintures de marquage n'ont pas permis d'identifier de publication d'intérêt. Une recherche approfondie a été conduite pour les pesticides (Figure 3) et les ETM (Figure 4). Des recherches ont également été conduites pour certaines substances dans la laine de mouton en suint sur Agricola, CAB Abstracts, PubMed et Scopus, compte tenu de leur large utilisation : lactones macrocycliques (moxidectine, avermectine) (six publications hors sujet), énilconazole (une publication hors sujet), tetracycline/oxytetracycline/ OTC (sept publications hors sujet), glyphosate (une publication hors sujet), prosulfocarbe (une publication non retenue).

Une recherche sur les tondeurs de moutons (*sheep shearer*) a été conduite afin d'identifier d'éventuelles maladies infectieuses ou toxiques liées à leurs pratiques (Figure 5).



*Bases de données : Agricola, CabAbstract, Medline, Scopus

Figure 3 Diagramme de flux « pesticide »³⁵

³⁵ D'après 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)

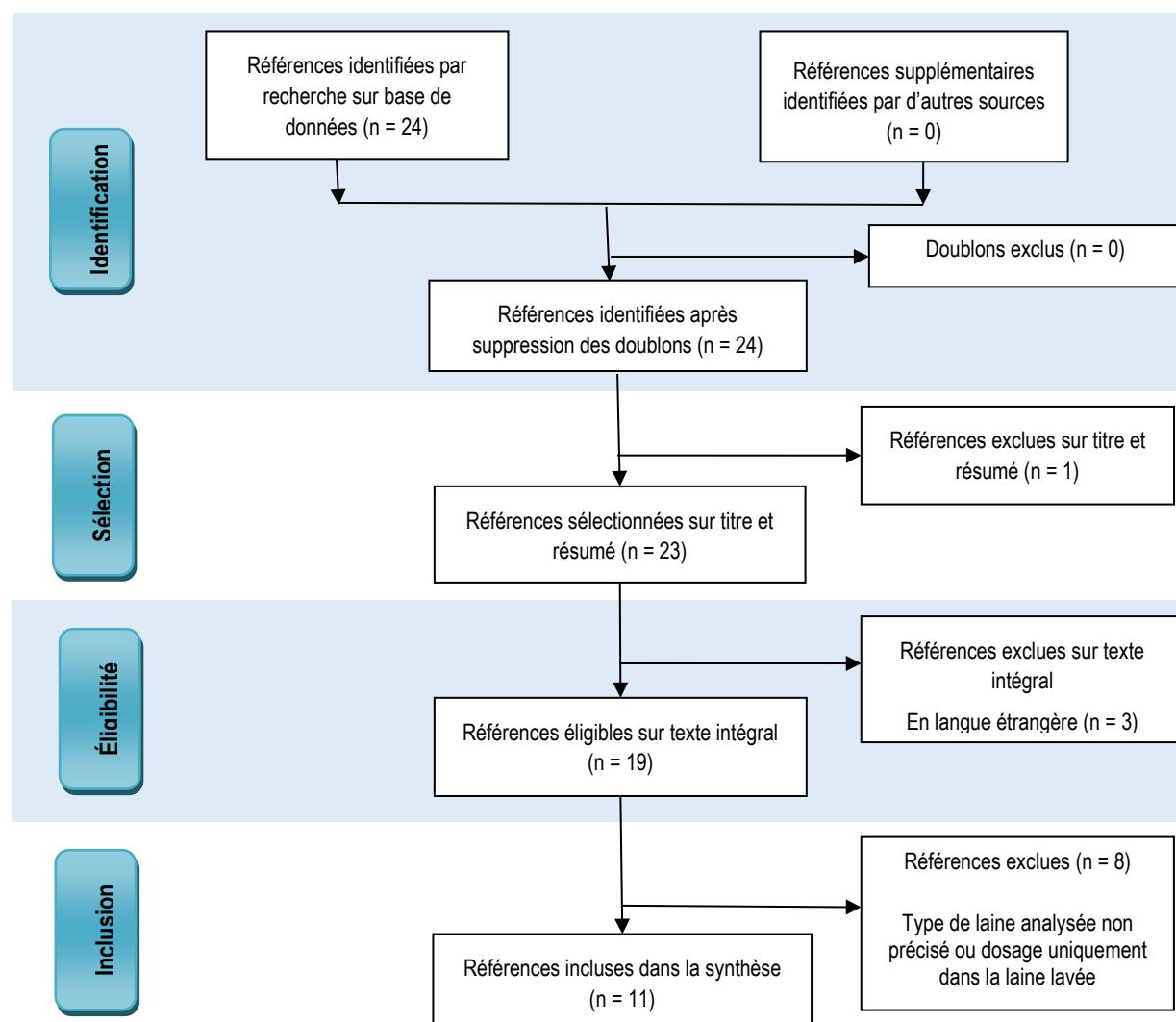
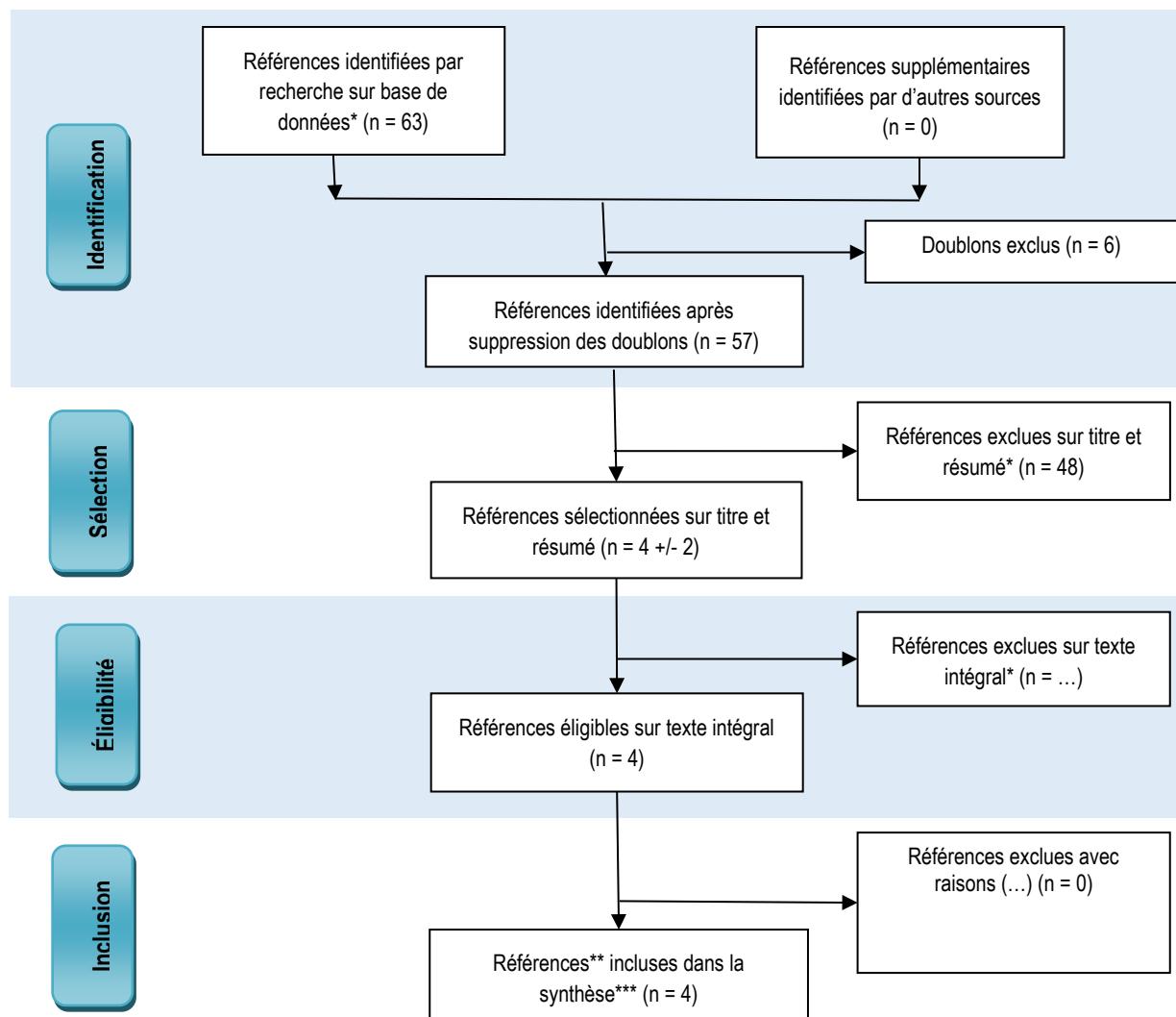


Figure 4 Diagramme de flux « ETM »



*Bases de données : Agricola, CabAbstract, Medline, Scopus

Figure 5 Diagramme de flux « *sheep shearer** »

Annexe 3 : Première liste de dangers biologiques d'intérêt présents chez les ovins

Tableau 7 Première liste : dangers d'intérêt chez les ovins d'après des listes établies par différents organismes

Danger biologique Maladie	Liste OMSA ¹	Règlement (UE) 2018/1882 ²	Arrêté du 3 mai 2022 ³	Directive 2003/99/CE ⁴	Décision (UE) 2018/945 ⁵	Décret 2023- 716 ⁶	Liste établie par l'INRS ⁷	Anses 2012 ⁸
<i>Anaplasma phagocytophilum</i> , <i>A. ovis</i> , <i>Mycoplasma ovis</i> Anaplasmosé								
<i>Bacillus anthracis</i> Fièvre charbonneuse	X	X			X	X		X
Bactéries antibiorésistantes								
<i>Bovicola (=Damalinia) ovis</i> Phtiriose								
<i>Brucella melitensis</i> Brucellose	X	X		X	X	X		
<i>Brucella ovis</i> Épididymite ovine	X	X						X
<i>Campylobacter jejuni</i> et <i>C. coli</i> Campylobactérose				X	X			
<i>Campylobacter fetus</i> Campylobactérose								
Capripoxvirus Clavelée (variole ovine)	X	X						
<i>Chlamydia abortus</i> Avortement enzootique des brebis ou chlamydiose ovine	X							X
<i>Clostridium botulinum</i> Botulisme			X	X	X	X		
<i>Clostridium chauvoei</i> Charbon symptomatique								
<i>Clostridium perfringens</i> (types A, B, C et D) et <i>septicum</i> Enterocolites, enterotoxémie, toxiinfection alimentaire (TIA)								
<i>Clostridium tetani</i> Tétanos								
<i>Corynebacterium</i> <i>pseudotuberculosis</i> (biovar Ovis) Lymphadénite caséuseuse								X
<i>Coxiella burnetii</i> Fièvre Q	X	X			X		X	X
<i>Cryptosporidium parvum</i> Cryptosporidiose				X	X			X
<i>Dermatophilus congolensis</i> Dermatophilose								
<i>Dichelobacter nodosus</i> et <i>Fusobacterium necrophorum</i> Piétin du mouton								
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> Rouget								

Danger biologique Maladie	Liste OMSA ¹	Règlement (UE) 2018/1882 ²	Arrêté du 3 mai 2022 ³	Directive 2003/99/CE ⁴	Décision (UE) 2018/945 ⁵	Décret 2023- 716 ⁶	Liste établie par l'INRS ⁷	Anses 2012 ⁸
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) productrices de shigatoxines (STEC) (<i>Shigatoxin producing E. coli</i>) Infection à STEC				X	X			X
<i>Francisella tularensis</i> subsp <i>tularensis</i> et <i>holartica</i> Tularémie	X		X		X	X	X	
<i>Giardia</i> spp. Giardiose								
<i>Leptospira</i> spp. Leptospirose				X	X	X		X
<i>Listeria monocytogenes</i> Listérose				X	X	X		X
Mouches (<i>Lucilia sericata</i> et <i>Wohlfahrtia magnifica</i>) Myases								
<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i> Paratuberculose	X	X						X
<i>Mycobacterium bovis</i> Tuberculose bovine	X	X		X		X		X
<i>Mycoplasma agalactiae</i> Agalactie contagieuse (AC)	X		X					X
<i>Mycoplasma</i> autres que <i>M. agalactiae</i> Mycoplasmoses ovines autres que AC ovine								X
<i>Parapoxvirus Orf</i> Ectyma contagieux							X	X
<i>Pestivirus ovis</i> Border Disease								X
Prion Tremblantes classique et atypique	X		X					X
<i>Psoroptes ovis</i> Gale								X
<i>Salmonella abortus ovis</i> Salmonellose	X			X	X « entérite à salmonelle »			X
<i>Salmonella diarizonae</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Dublin</i> Salmonellose								
<i>Staphylococcus</i> et autres bactéries de surinfection (<i>Streptococcus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>) Surinfections bactériennes								
<i>Taenia hydatigena</i> Cysticercose				X				
<i>Toxoplasma gondii</i> Toxoplasmose				X	X « toxoplasmose congénitale »			X
<i>Trichophyton verrucosum</i> Dermatophytose								
<i>Trypanosoma evansi</i> Surra	X	X						
Virus de la fièvre aphteuse (FA) (FMDV)	X	X						

Danger biologique Maladie	Liste OMSA ¹	Règlement (UE) 2018/1882 ²	Arrêté du 3 mai 2022 ³	Directive 2003/99/CE ⁴	Décision (UE) 2018/945 ⁵	Décret 2023- 716 ⁶	Liste établie par l'INRS ⁷	Anses 2012 ⁸
FA								
Virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO) (BTV) FCO	X	X						X
Virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo Fièvre hémorragique de Crimée- Congo	X							
Virus de la maladie hémorragique épidézootique (MHE) MHE	X	X						
Virus rabique Rage	X	X			X	X		
Virus de visna-maëdi Visna-Maëdi	X							X
Virus de la fièvre de la vallée du Rift (FVR) FVR	X	X						
Virus de la peste des petits ruminants (PPR) PPR	X	X						
<i>Yersinia enterocolitica</i> Yersiniose				X (et <i>Y. pseudo</i> <i>tuberculosis</i>)				
Tiques Maladies animales et humaines dûes à des agents pathogènes transmis par des tiques								

¹ liste de l'organisation mondiale de la santé animale (OMSA) des maladies affectant les animaux terrestres (chapitre 1.3. du Code sanitaire pour les animaux terrestres)

² règlement d'exécution (UE) 2018/1882 de la Commission du 3 décembre 2018 sur l'application de certaines dispositions en matière de prévention et de lutte contre les maladies à des catégories de maladies répertoriées et établissant une liste des espèces et des groupes d'espèces qui présentent un risque considérable du point de vue de la propagation de ces maladies répertoriées

³ arrêté du 3 mai 2022 listant les maladies animales réglementées d'intérêt national en application de l'article L. 221-1 du code rural et de la pêche maritime

⁴ directive 2003/99/CE du Parlement européen et du Conseil 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

⁵ décision d'exécution (UE) 2018/945 de la Commission du 22 juin 2018 relative aux maladies transmissibles et aux problèmes sanitaires particuliers connexes qui doivent être couverts par la surveillance épidémiologique ainsi qu'aux définitions de cas correspondantes

⁶ décret n° 2023-716 du 2 août 2023 relatif à la liste des maladies devant faire l'objet d'un signalement en application de l'article L. 3113-1 du code de la santé publique

⁷ Institut National de Recherche et Sécurité (INRS) ; source de contamination : laine

https://www.inrs.fr/publications/bdd/baobab/rechercherechercheAgent.html?baobab_typeagent=&baobab_nomagent=&baobab_maladies=&baobab_autorisationfssaps=&baobab_tableauregimegeneral=&baobab_tableauregimeagricole=&baobab_declarationobligatoire=&baobab_especesreservoirs=&baobab_systemesreservoirs=laine&baobab_zonegeo=&efi_termes=&valid_CRITERES=Rechercher&introspection

⁸ Anses. 2012. Hiérarchisation de 103 maladies animales présentes dans les filières ruminants, équidés, porcs, volailles et lapins en France métropolitaine. Anses (Maisons-Alfort). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2010sa0280Ra.pdf>, 327 p

Annexe 4 : Fiches des dangers d'intérêt

1) ***Bacillus anthracis*, agent de la fièvre charbonneuse (charbon bactéridien ou anthrax)**

■ Agent pathogène, aspects cliniques

La fièvre charbonneuse (charbon bactéridien ou anthrax) est due à *Bacillus anthracis*, bactille gram positif aérobie anaérobie facultatif, formant des spores en présence d'air. Cette maladie affecte de nombreuses espèces de mammifères, principalement les herbivores (bovins, moutons, chèvres et chevaux) et certains oiseaux. Il s'agit d'une maladie zoonotique : dans de très rares cas, elle peut se transmettre à l'être humain. Lors d'infection, la bactérie, sous sa forme végétative, produit deux toxines très pathogènes pour l'être humain et les mammifères (INRS 2019³⁶).

Son importance réside dans la mortalité rapide et soudaine qui survient dans les cheptels touchés, dans sa capacité de persistance et de résurgence à partir d'anciens foyers, et dans la possibilité de transmission à l'être humain par les animaux infectés ou leurs produits.

■ Modalités de transmission (dont le rôle de la laine), résistance dans l'environnement, sensibilité à des traitements (biocides...)

La bactérie est présente dans les sols sous la forme d'une spore qui peut survivre pendant des dizaines d'années. Les spores peuvent remonter en surface notamment à la faveur d'épisodes climatiques de sécheresse suivie de précipitation abondantes, et également après des travaux de terrassement. Elles contaminent ainsi l'herbe et les plantes fourragères ingérées par les animaux.

Une étude très ancienne a recensé le nombre de bactéries avant et après stockage de la laine brute en laboratoire : après cinq ans de stockage dans un sac à température ambiante, une décroissance de 10⁹ à 10⁶ CFU/g a été observée (Mulcock 1966), avec une décroissance importante (2 log) au cours des six premiers mois. Ces travaux montrent néanmoins une certaine persistance bactérienne au cours du temps. Il est ainsi possible que les spores des bactéries sporulées (telles que celles de *B. anthracis*) puissent survivre pendant de longues périodes dans la laine stockée en curons.

La fièvre charbonneuse a été connue dans l'industrie lainière sous le nom de maladie du trieur de laine ou maladie du chiffonnier. Il a constitué une menace sérieuse après les années 1830, lorsque diverses laines orientales telles que le mohair ou le poil de chèvre du Cachemire ont été importées pour être utilisées comme fibres textiles (Carter 2004; Derzelle, Aguilar-Bultet et Frey 2016). La présence de souches particulières (cluster A.Br.Vollum) dans les régions occidentales industrialisées a souvent été liée au commerce international d'articles infectés par des spores, en particulier la laine ou les poils de chèvre provenant du Moyen-Orient et de l'Asie centrale (Derzelle et Thierry 2013; Van Ert *et al.* 2007; Wattiau *et al.* 2008). Les risques de transmission liés à la laine ont été étudiés à partir du début du 20^{ème} siècle. En particulier, Eurich a traité 200 000 cultures et analysé bactériologiquement plus de 14 000 spécimens d'alpaga, de mohair et de laine. Ses recherches ont montré que la présence de *B. anthracis* était liée à la « saleté générale » et à la contamination sanguine des fibres (Eurich 1937). Aux États-Unis, seuls 5 % des cas de charbon étaient des cas d'inhalation, les autres étant des cas cutanés. Dix-huit cas de charbon par inhalation ont été signalés dans la littérature américaine entre 1900 et 1980 (Brachman 1980). Les humains sont généralement considérés comme modérément résistants à l'anthrax. En utilisant des techniques d'échantillonnage de

³⁶ Fiche Charbon https://www.inrs.fr/publications/bdd/eficatt/fiche.html?refINRS=EFICATT_Charbon

l'air, Dahlgren et ses collègues ont estimé que dans une filature de laine, les travailleurs inhalaient entre 600 et 1 300 spores au cours d'un poste de travail de huit heures, sans effets néfastes (Dahlgren *et al.* 1960).

Plus récemment, un appartement, un atelier et une camionnette de la région de New York ont été contaminés par des spores de *B. anthracis* en raison d'activités de fabrication de tambours utilisant des peaux d'animaux importées d'Afrique (Norrell 2008). Enfin, la longue persistance des spores vient d'être rapportée, 80 ans après la dernière apparition de la maladie du charbon dans une tannerie abandonnée située en Autriche, à partir de deux échantillons prélevés à une profondeur de 150 cm du sol des mares de boue : des poils d'animaux accompagnés d'une odeur distincte de putréfaction (Mayerhofer-Rochel *et al.* 2025).

- Distribution géographique en France (en Europe si disponible)

En France, les épisodes de fièvre charbonneuse en élevage sont peu fréquents mais réguliers : 114 foyers ont été notifiés entre 1980 et 2000 (23 départements, Vaissaire *et al.* (2001)), 69 foyers ont été notifiés chez des animaux domestiques (bovins principalement) entre 2001 et 2013 (Girault et Derzelle 2014). Les cas autochtones de fièvre charbonneuse chez l'être humain sont rarissimes mais néanmoins rapportés : entre octobre 2001 et 2016, sept cas humains (dont cinq autochtones), tous cutanés, ont été déclarés en France (Courcoul *et al.* 2017).

Certaines années connaissent des épisodes particuliers, souvent cantonnés à un même département : l'année 2008 a connu 19 foyers (dont un épisode de 17 foyers dans le Doubs), 2009 a connu 22 foyers (dont un épisode de 17 foyers en Savoie, Madani *et al.* (2010), puis en 2016, un épisode en Moselle (Courcoul *et al.* 2017) et en 2018, plus de 25 foyers dans les Hautes Alpes³⁷.

Entre 1981 et 1996, plus de 70 foyers ont été répertoriés dans une cinquantaine de communes de 17 départements, dont deux développés suite à des déversements d'eaux contaminées par des mégisseries traitant des peaux d'importation (Vaissaire *et al.* 1996).

En résumé, la maladie est peu fréquente en France, mais régulière dans certains départements. Les laines qui seraient contaminées par les spores *Bacillus anthracis* peuvent constituer un réservoir potentiel persistant plusieurs années.

2) *Brucella melitensis*, agent de la brucellose

Catégorisées BDE chez les bovins, les ovins et les caprins selon la loi de santé animale européenne (règlement (UE) 2016/429), les brucelloses à *Brucella abortus*, *B. melitensis* et *B. suis* doivent être contrôlées par tous les États membres et leur éradication est obligatoire chez les ruminants domestiques. Elles sont également soumises à surveillance et à restriction de mouvements entre États membres. Leur surveillance chez les animaux sensibles est à la fois programmée et évènementielle, cette dernière étant fondée sur la déclaration obligatoire des avortements et les analyses sérologiques et bactériologiques conduites sur les prélèvements réalisés à cette occasion par les vétérinaires sanitaires des élevages de ruminants. Chez l'être humain, la brucellose est une maladie à déclaration obligatoire.

- Agent pathogène, aspects cliniques

Brucella est un coccobacille à Gram négatif, intracellulaire facultatif, de 0,5 à 0,7 µm de diamètre et 0,5 à 1,5 µm de longueur. Parmi les espèces du genre *Brucella*, *B. melitensis* est reconnu comme l'agent pathogène causant le plus grand nombre de cas de brucellose humaine dans le monde. L'espèce *B. melitensis* est retrouvée de façon majoritaire chez les

³⁷ <https://agriculture.gouv.fr/des-cas-de-fievre-charbonneuse-identifies-dans-les-hautes-alpes>

ruminants, mais peut infecter de nombreux mammifères terrestres (comme les suidés et les canidés).

Sur le plan clinique, chez les mammifères infectés, la brucellose à *B. melitensis* se traduit généralement par des avortements au cours du dernier tiers de gestation. Ces avortements peuvent être épidémiologiques au sein d'un troupeau récemment infecté, mais il existe également des formes plus discrètes avec néanmoins une excréption brucellique. La diminution de la production de lait est également une conséquence systématiquement signalée lors d'infection brucellique chez les ruminants. La maladie peut évoluer vers la chronicité, avec notamment l'apparition d'arthrites.

Chez l'être humain, la brucellose est une maladie fébrile aiguë ou subaiguë généralement caractérisée par une fièvre intermittente et ondulante accompagnée de malaise, d'anorexie et de prostration qui, en l'absence de traitement spécifique, peuvent persister pendant des semaines ou mois. En règle générale, peu de signes caractéristiques sont apparents, mais des lésions hépatiques, de la rate et/ou des adénopathies peuvent apparaître. La phase aiguë peut évoluer vers une phase chronique en cas de rechute, de développement d'une infection localisée persistante ou d'un syndrome de fatigue chronique.

■ Modalités de transmission (dont le rôle de la laine), résistance dans l'environnement, sensibilité à des traitements (biocides, etc.)

La contamination humaine par *B. melitensis* se réalise principalement par ingestion de produits au lait cru, mais elle peut également se produire lors de contact direct avec les animaux infectés excréteurs ou à partir de leur environnement proche, que ce soit par inhalation de l'agent pathogène ou par sa pénétration par voie conjonctivale ou transcutanée. La dose infectieuse chez l'être humain est très faible et des cas ont été rapportés par le passé chez les éleveurs et les vétérinaires, sans que la voie de contamination ne soit précisée.

La persistance dans l'environnement dépend largement des conditions de température et d'hygrométrie (Corbel *et al.* 2006). *Brucella* peut se développer à des températures comprises entre 20 et 40°C. La température optimale de croissance se situe entre 34 et 37°C. La survie est plus longue lorsque la température est basse, même en cas de températures négatives³⁸. La croissance de *Brucella* dans l'environnement est favorisée par des conditions humides. La survie dépend fortement de la disponibilité de l'eau. Dans les fèces ou sur un sol humide, la survie dans l'environnement est de l'ordre de quelques jours si les températures sont élevées et de quelques mois pour des températures froides ou modérées (Corbel *et al.* 2006).

■ Distribution géographique en France (en Europe si disponible)

En France, la majorité des cas humains de brucellose sont des cas importés. Pour autant, en 2012/2013, deux cas autochtones provoqués par *B. melitensis* ont été diagnostiqués. La contamination des patients s'est produite à la suite de l'ingestion de fromage fermier au lait cru provenant d'un troupeau bovin qui s'est révélé, par la suite, être infecté (Mailles *et al.* 2016).

La France est officiellement indemne de brucellose bovine depuis 2005 et de brucelloses ovine et caprine depuis 2021. Il n'y a plus eu de cas de brucellose chez les ruminants domestiques depuis 2003, hormis dans le département de la Haute-Savoie³⁹ : deux foyers bovins en 2012 et un foyer bovin en 2021, tous deux provoqués par *B. melitensis*. En rapport avec ces foyers bovins, *B. melitensis* est présente au sein des populations de bouquetins des massifs

³⁸ *Brucella story map* <https://storymaps.arcgis.com/stories/8f560383d90b47e8a6f2223384a09c5f>

³⁹ <https://agriculture.gouv.fr/maladies-animales-la-brucellose>

montagneux du Bargy et des Aravis. En dehors de ces secteurs particuliers, la brucellose est une maladie quelque peu oubliée sur le terrain.

En résumé, la France est officiellement indemne de brucellose à *B. melitensis* chez les petits ruminants depuis 2021. Dans un contexte épidémiologique défavorable, la laine pourrait constituer un réservoir potentiel, compte tenu de l'excrétion massive par voie vaginale après la mise-base, de la survie de la bactérie dans un environnement organique et de la faible dose infectieuse.

3) *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *Ovis*, agent de la lymphadénite caséeuse

■ Agent pathogène, aspects cliniques

Corynebacterium pseudotuberculosis biovar *Ovis* est l'agent responsable d'une maladie cosmopolite, la lymphadénite caséeuse ovine et caprine (parfois appelée maladie des abcès). En France, la fréquence de cette maladie est variable selon les régions (plus élevée dans le sud-ouest) et surtout les races, les races à peau fine (Causse du Lot, Lacaune, etc.) étant les plus touchées (Autef communication personnelle).

Il s'agit d'une bactérie Gram + qui une fois contractée par un ovin est capable d'échapper au système immunitaire et de persister toute la vie de l'animal.

Après pénétration par voie cutanée, par exemple à la faveur d'une micro blessure, la bactérie gagne rapidement les nœuds lymphatiques où elle induit la formation de pyogranulomes, c'est-à-dire des abcès contenant du pus à l'intérieur d'une capsule fibreuse. Ils sont localisés principalement (1) pour une forme externe, dans les nœuds lymphatiques superficiels (nœuds lymphatiques parotidien, mandibulaire, rétropharyngien, préscapulaire, préfémoral, poplité, rétromammaire, atteints de manière uni- ou bilatérale et visibles cliniquement, (2) pour une forme interne dans les nœuds lymphatiques profonds (hépatiques, rénaux, etc.) et dans les poumons, à partir desquels la contagion peut s'exprimer par voie aérienne (aérosols). D'autres localisations sont observées plus rarement : cœur, scrotum, mamelle.



Figure 6 Abcès rénal et pulmonaire chez des ovins atteints de lymphadénite caséeuse (photo Autef)

La présence d'abcès superficiels altère peu l'état de santé des animaux alors que la présence d'abcès profonds et d'abcès pulmonaires est associée à un amaigrissement progressif. Outre un éventuel amaigrissement, les pertes économiques sont liées à une diminution de la production de la laine et du lait, à une entrave à la commercialisation, à une dévalorisation des peaux et à des saisies à l'abattoir.

Peu de cas de transmission à l'être humain sont rapportés, la plupart le sont chez des travailleurs en contact régulier avec des ovins : éleveurs, travailleurs d'abattoir, tondeurs, etc. Souvent les formes cliniques évoluent de façon chronique avec des lymphadénites localisées pyogranulomateuses associées à un syndrome grippal. Le traitement consiste en une exérèse chirurgicale du ganglion atteint.

- Modalités de transmission (dont le rôle de la laine), résistance dans l'environnement, sensibilité à des traitements (biocides, etc.)

La durée de survie de *C. pseudotuberculosis* dans le milieu extérieur est estimée selon certains auteurs à 55 jours, d'autres proposent des durées de survie dans des conditions d'humidité et de froid adéquates et sur des supports et dans des matrices contaminés de plus de huit mois (Fontaine 2009).

La rupture d'abcès superficiels est fréquente, soit accidentellement lors du frottement de l'encolure sur des montants de cornadis en bois par exemple, soit lors de la tonte qui peut alors devenir très contaminante pour le revêtement cutané, la laine, l'environnement immédiat ; il a été montré (Baird 2007) qu'un gramme de pus peut contenir entre 1×10^6 et 5×10^7 bactéries viables. La tonte, par la rupture accidentelle d'abcès superficiels, par les microtraumatismes qu'elle peut occasionner et par le passage d'un animal à un autre ainsi que d'un troupeau à un autre, a été décrite comme principale responsable de la transmission de la maladie en Australie lorsque le matériel n'est pas correctement désinfecté (Pepin, Paton et Hodgson 1994).

Le diagnostic clinique de la lymphadénite caséeuse dans sa forme externe est aisé, il peut être étayé par un diagnostic bactériologique à partir d'un écouvillonnage d'abcès mais avec des risques de contamination du milieu extérieur par du matériel purulent. Pour les formes internes, aucun test n'est disponible en France (au Royaume-Uni, un test ELISA a été développé à partir de la détection de la réponse humorale à l'exotoxine PLD : phospholipase D).

La seule utilisation d'antibiotiques pour traiter les animaux atteints est le plus souvent inefficace, du fait de l'encapsulation de la bactérie dans des abcès ; un traitement chirurgical de ponction/vidange des abcès les plus volumineux peut être tenté en association avec une antibiothérapie de longue durée (quatre à six semaines) pour éviter les récidives. Lorsqu'elle est possible, la réforme des sujets atteints doit être conseillée.

Les désinfectants utilisables pour le matériel d'élevage, les claires, les cornadis, etc. sont l'hypochloride de calcium et la chlorhexidine à 1 %. La présence de matière organique rend ceux-ci moins efficaces.

En résumé, la laine peut jouer un rôle dans l'épidémiologie de la lymphadénite caséeuse du fait (1) de la fragilité des abcès (principalement localisés au niveau de l'avant-main) et la facilité avec laquelle un peigne de tondeuse peut les rompre et répandre du contenu purulent sur la laine, (2) de la capacité de survie de la bactérie dans l'environnement.

4) *Coxiella burnetii*, agent de la fièvre Q

- Agent étiologique

La fièvre Q est une zoonose bactérienne due à *Coxiella burnetii*, dont deux formes morphologiques distinctes peuvent être observées :

- les variants de petite taille qui peuvent évoluer en forme de survie, capables de se disséminer dans l'air, de survivre pendant plusieurs semaines ou mois dans l'environnement et de résister à des températures élevées, à la dessiccation et à de nombreux désinfectants. L'environnement peut donc constituer une source de contamination prolongée pour les animaux et les humains ;
- les variants de grande taille, grosses cellules allongées, exclusivement intracellulaires, métaboliquement très actives, et très fragiles dans le milieu extracellulaire (McCaul et Williams 1981).

Coxiella burnetii infecte principalement les ruminants domestiques, mais également d'autres espèces domestiques (chiens, chats, chevaux) et sauvages, ainsi que des arthropodes (Bauer *et al.* 2023). Toutes ces espèces ont été impliquées comme source occasionnelle d'infection humaine (Tan *et al.* 2024). *Coxiella burnetii* circule par ailleurs dans la faune sauvage, notamment par une transmission vectorielle par les tiques, mais les contaminations humaines sont quasi-exclusivement dues à l'inhalation de particules contaminées par des animaux domestiques infectés (Boarbi, Fretin et Mori 2016).

- Fièvre Q chez l'être humain

En France, la déclaration des cas humains de fièvre Q n'est pas obligatoire, d'où une sous-estimation du nombre de cas. Le Centre national de référence confirme 100 à 300 cas par an en France métropolitaine⁴⁰. Les élevages ovins et caprins constituent la principale source de contamination de l'être humain (Tan *et al.* 2024; Anses 2023d). La principale voie d'infection humaine est l'inhalation de poussières et/ou d'aérosols contaminés, disséminés par voie aérienne ou lors de contact avec des animaux infectés. La dissémination de la bactérie peut être fortement influencée par la période des mises bas (densité, groupage, caractère saisonnier en particulier chez les petits ruminants). La propagation aérienne peut avoir lieu sur de longues distances, jusqu'à 30 km⁴¹, en fonction de paramètres tels que les conditions météorologiques (temps sec, vents dominants) ou la topographie des lieux (végétation basse, vallée) (Anses 2023d). Les bactéries peuvent aussi être disséminées lors d'épandage de fumier (Anses 2023d; Berri *et al.* 2003; Hermans *et al.* 2014).

Il n'existe pas de preuves formelles d'une transmission de *C. burnetii* par voie alimentaire. En effet, la consommation de lait cru ou de produits à base de lait cru contaminés peut entraîner des séroconversions mais n'a jamais été associée à une maladie clinique chez l'humain (Angelakis et Raoult 2010; Anses 2010; Boarbi, Fretin et Mori 2016; WOAH 2018b).

Les personnes les plus exposées sont celles travaillant dans les filières d'élevages (personnel de ferme, d'abattoir, de laboratoire, d'industrie lainière, vétérinaires, etc.) ou habitant à proximité d'élevages ovins et caprins (Tan *et al.* 2024; Anses 2023d)⁴². Cependant, les populations qui côtoient ponctuellement un environnement contaminé semblent les plus à risque de développer une maladie (Anses 2023d).

La plupart des cas humains groupés ont tendance à être sporadiques et transitoires, affectant un nombre limité de personnes. Une épidémie de grande ampleur s'est toutefois produite aux Pays-Bas entre 2007 et 2011, suite au développement rapide d'une filière caprine industrielle dans ce pays, avec des conséquences économiques et sanitaires importantes (4 108 cas notifiés (van Loenhout *et al.* 2012)).

- Fièvre Q chez les animaux

La fièvre Q est soumise à déclaration et surveillance obligatoire dans l'ensemble des États membres chez les chèvres, moutons, vaches et bufflons selon la loi de santé animale européenne (catégorie E du règlement (UE) 2016/429). En France, sa surveillance chez les ruminants domestiques est uniquement événementielle. Elle fait partie des maladies recherchées lors du diagnostic différentiel des causes infectieuses d'avortements. En

⁴⁰ <https://www.anses.fr/fr/content/fievre-q-ruminants-humains#:~:text=De%20100%20%C3%A0%20300%20cas,n'est%20pas%20toujours%20identifi%C3%A9e.>

⁴¹ <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-transmissibles-de-l-animal-a-l-homme/fievre-q/la-maladie/#tabs>

⁴² EFSA Story map on Q fever <https://storymaps.arcgis.com/stories/7f9d9bc1eeee4b838eaaa0d2576ee0c0>

particulier, elle figure sur la liste de maladies à rechercher en première intention dans les départements où le dispositif OSCAR⁴³ est appliqué.

L'infection est généralement enzootique chez les ovins, les caprins et les bovins (Gache et al. 2017), avec une prévalence intra-troupeau de 38 à 70 % en Europe (Boarbi et al. 2015) et de 55 % en France (Gache et al. 2017).

L'infection est majoritairement inapparente chez les ruminants et peut se manifester par quelques avortements et mortinatalités sporadiques. Chez les ovins, la fièvre Q est très rarement à l'origine d'avortements épizootiques, contrairement à ce qui peut être parfois observé chez les caprins, espèce la plus sensible à la fièvre Q.

Lors d'avortements ou de mises-bas normales (animaux asymptomatiques), *C. burnetii* est excrétée dans le placenta, les sécrétions vaginales, les fèces, le lait, et les urines. Dans les sécrétions vaginales, des bactéries ont été retrouvées jusqu'à 71 jours après la mise-bas chez la brebis et 14 jours chez la chèvre (Berri et al. 2002). La charge bactérienne du placenta est souvent très élevée (Abinanti et al. 1955; Rousset et al. 2007; Stoker et al. 1955). Les niveaux d'excrétion bactérienne et les proportions d'excréteurs sont plus élevés en cas d'épisode abortif, ce qui majore la contamination environnementale (Joulié et al. 2015).

■ Le rôle de la laine

Quelques études ont rapporté la **présence de *C. burnetii* dans la laine**. Ainsi, en 1955, dans un troupeau ovin présentant des anticorps spécifiques de l'infection par *Rickettsia burnetii* (ancien nom donné à *C. burnetii*) en Angleterre, les placentas de deux brebis (n=96) avaient été trouvés infectés par *C. burnetii* (Stoker et al. 1955). Stoker et al. ont également isolé *C. burnetii* de la toison (zone postérieure et périnéale) de la brebis dont le placenta présentait le niveau le plus élevé de contamination. Ces auteurs soulignent que l'excrétion placentaire par un très petit nombre d'animaux peut entraîner une dispersion considérable de *C. burnetii* en raison de la forte contamination de la toison et de la résistance élevée des pseudo-spores. En 1955, Abinanti et al. ont conduit une recherche de *C. burnetii* sur 30 brebis choisies au hasard dans six exploitations ovines de Californie (Abinanti et al. 1955). *C. burnetii* a été mise en évidence sur deux des 30 échantillons de laine prélevée en zone périnéale dans les sept jours après l'agnelage. La bactérie a également été isolée à partir de l'une des 16 toisons issues de la tonte de brebis ayant agnelé précédemment, et pour laquelle les auteurs suggèrent une contamination par voie aérienne dans l'élevage. Les auteurs concluent que la laine représente une source réelle d'infection, ce qui était déjà pressenti à partir de considérations épidémiologiques. En effet, la prévalence sérologique chez les tondeurs de la région était 10 fois supérieure à celle de la population générale de la même région (Abinanti et al. 1955).

En France, une étude a montré que *C. burnetii* était détectable par qPCR dans la laine pendant plusieurs mois après un épisode abortif (Rousset et al. 2022). Par ailleurs, dans le cadre de l'étude StatelCox (Plateforme ESA 2024), *C. burnetii* a été détecté par qPCR sur 22 échantillons de laine prélevés dans 27 ateliers ovins. Les auteurs considèrent que cette présence d'ADN de *C. burnetii* pourrait correspondre à une contamination environnementale cumulative de la laine au contact de la litière et par les poussières qui s'y sont accumulées depuis la dernière tonte. Cependant, ces résultats obtenus sur un nombre limité d'animaux ne peuvent pas être extrapolés et ne permettent donc pas d'estimer la fréquence de circulation

⁴³ Observatoire des causes d'avortements chez les ruminants mis en œuvre depuis 2017

de *C. burnetii* dans les élevages⁴⁴. La laine est en outre citée par l'EFSA comme un substrat pouvant être régulièrement contaminé par *C. burnetii* sur son site internet dédié à la fièvre Q (Q Fever EFSA Story Map⁴⁵).

D'autres études rapportent **des cas humains de fièvre Q en lien avec la laine**. En 1950, Siger et al. ont décrit *a posteriori* une épidémie de fièvre Q survenue en février 1948 à Philadelphie parmi les travailleurs d'une usine de transformation de la laine de mouton et de poils de chèvre (Sigel et al. 1950). Les auteurs avaient conclu que la maladie sévissait chez les manutentionnaires du bétail, les travailleurs des abattoirs et ceux de l'industrie de la laine. Plus récemment, en Belgique, Wattiau et al. ont détecté de l'ADN de *C. burnetii* dans la poussière en suspension collectée à l'intérieur d'une usine de nettoyage et de transformation de laine de mouton et de poils de chèvres pendant leur traitement. Cependant, aucune information n'est disponible sur l'infectiosité ou la viabilité des *Coxiella* en suspension dans l'air dans l'environnement étudié. Dans l'effectif de 69 travailleurs, la séroprévalence cumulée sur trois ans à partir de prélèvements sanguins annuels était de 50,7 %. Les auteurs suggèrent que cette séroprévalence élevée est due à l'exposition continue à *C. burnetii*, évoquant une infection chronique ou récurrente en l'absence de tout symptôme. Ils soulignent le fait que, bien que moins dangereuse que l'anthrax, la fièvre Q reste une maladie professionnelle très répandue qui affecte les trieurs de laine (personnes travaillant la laine et les poils d'animaux dans les environnements industriels) (Wattiau et al. 2011).

Selon le HCSP, une dissémination passive de *C. burnetii*, distante ou non, est possible par l'intermédiaire de supports passifs autres que l'air (vêtements, véhicules de transport d'animaux, etc.), notamment des ballots de laine. En particulier, les sites de traitement des produits animaux, dont les établissements de tri de la laine et les usines en charge de son traitement, représentent autant de sites à risque autres que les élevages excréteurs (HCSP 2013).

A partir des études interdisciplinaires sur la fièvre Q en Allemagne depuis 2017 (consortium Q-GAPS⁴⁵), Bauer et al. concluent que le risque zoonotique pendant la tonte des troupeaux de moutons infectés reste élevé en raison du grand nombre de bactéries libérées dans un court laps de temps. Par ailleurs, leurs travaux ont permis de démontrer la compétence vectorielle des tiques *Ixodes ricinus* et *Dermacentor marginatus*, qui peuvent excréter des *C. burnetii* infectieuses dans leurs fèces, lesquelles pourraient contaminer la laine. Cependant la charge bactérienne dans le sang de l'hôte doit être élevée pour pouvoir infecter la tique lors de son repas sanguin, ce qui limite probablement la présence d'une charge élevée de *C. burnetii* dans la laine par ce biais (Bauer et al. 2023).

En résumé, la fièvre Q est une zoonose cosmopolite d'importance, tant en santé animale qu'en santé humaine. L'absence de déclaration officielle dans certains pays, la prédominance des formes asymptomatiques, le polymorphisme clinique et la difficulté du diagnostic entraînent une sous-estimation de son incidence réelle et de l'infection chez l'être humain (Porter et al. 2011).

Des questions importantes demeurent concernant les facteurs susceptibles de favoriser la transmission de *C. burnetii* et la sévérité de la fièvre Q (charge bactérienne, virulence des souches de *C. burnetii*, conditions favorables à la persistance dans l'environnement ou l'aérosolisation, sensibilité de l'hôte, etc.) ainsi que la variabilité des situations épidémiologiques. Ces éléments soulignent la nécessité de poursuivre les travaux sur la

⁴⁴ En effet, le protocole consistait à prélever dans chaque atelier trois animaux de trois classes d'âge différentes (échantillonnage non aléatoire) et le nombre d'ateliers considérés était faible.

⁴⁵ Q fever GermAn interdisciplinary Program for reSearch

contamination environnementale, dont celle de la laine, avec notamment pour objectif de définir des indicateurs de risque d'exposition aérienne.

5) *Parapoxvirus Orf*, agent de l'ecthyma contagieux

■ Agent pathogène et aspects cliniques

L'ecthyma contagieux ou Orf est une maladie cosmopolite très contagieuse des ovins et des caprins causée par un virus appartenant à la famille des Poxviridae et au genre *Parapoxvirus*.

La maladie, très courante en élevage, se caractérise par l'apparition de lésions croûteuses sur les lèvres et les narines, le plus fréquemment chez les sujets âgés de quelques semaines. L'incubation est de six à huit jours. Au bout des lèvres apparaissent des papules qui évoluent vers des vésicules puis par complication septique, vers des pustules. Les vésicules ou les pustules finissent par se rompre, se dessécher et donner des ulcérations et des croûtes noirâtres. Celles-ci peuvent ensuite envahir le pourtour de la bouche, s'étendre vers les ailes du nez et couvrir entièrement les lèvres et les gencives. Si l'évolution est normale, elles sèchent en une quinzaine de jours, mais laissent des cicatrices en cas de survenue d'une surinfection bactérienne. Des formes moins classiques (forme buccale, forme chou-fleur) sont parfois notées, ainsi que des localisations inhabituelles (anales, vulvaires, podales, site de bouclage, etc.).



Figure 7 Lésions d'ecthyma contagieux (photos Autef)

■ Modalités de transmission (dont le rôle de la laine), résistance dans l'environnement, sensibilité à des traitements (biocides...)

La contamination se fait habituellement à partir de brebis porteuses de lésions sur leurs tétines, la transmission d'agneau à agneau étant facilitée par la présence d'agneaux qui tètent plusieurs brebis.

La maladie apparaît en général lors d'introduction de brebis porteuses dans le troupeau ou lors d'une rupture de l'équilibre immunitaire (intensification, surdensité, maladies intercurrentes, virus de la Border disease).

Le diagnostic clinique est en général simple, un prélèvement de croûtes et une analyse PCR permettent d'étayer le diagnostic.

La vaccination des brebis gestantes et/ou des agneaux est conseillée (diminution de la contagiosité à partir des tétines infectées). La désinfection de la bergerie peut être réalisée par épandage de superphosphate, celle du matériel d'élevage avec des iodophores (McInnes 2009).

La résistance du virus dans les croûtes est extrême à des températures basses et en milieu sec, jusqu'à 23 ans (Reid et Rodger 2007). En milieu humide et à des températures plus élevées, le virus perd de sa résistance. Cependant il est capable de résister plusieurs mois dans les lésions cicatrisées et anciennes, et contribue ainsi à la possibilité d'un portage

chronique. Le virus est sensible au Dakin, à l'eau de Javel, la bétadine ou la chlorexidine (Bourée et Sarrand 2016).

L'ecthyma contagieux est également une zoonose qui touche principalement les personnes en contact étroit avec les ovins, notamment lors du biberonnage des agneaux, puis toutes les personnes en contact avec le virus. Du fait de sa très grande résistance dans les croûtes, le virus peut infecter les tondeurs lors de la tonte, puis lors de la manipulation de la toison, ainsi que le personnel affecté au tri, au stockage/déstockage des curons, mais aussi les vétérinaires, les employés d'abattoir.

Lors de la tonte, bien que rarement, les croûtes peuvent être arrachées par la tondeuse sur des sites infectés. En effet, les zones lésionnelles de prédilection que sont la mamelle et la bouche ne sont pas tondues. Le plus souvent, des croûtes, qui se sont détachées des sites lésionnels lors de la cicatrisation, sont ramassées avec la laine et constituent un réservoir de virus.

L'infection humaine s'établit après l'introduction du virus à travers l'épiderme, surtout au niveau du lit de l'ongle ou d'excoriations cutanées. Après une incubation de trois à sept jours, une lésion focale d'un diamètre de 0,5 cm à 1,5 cm, douloureuse et inflammatoire, apparaît ; puis elle tend à augmenter en taille, légèrement suintante en surface, d'une coloration brun jaunâtre en son centre. Ensuite la lésion devient croûteuse, possiblement hémorragique si la croûte se détache à ce stade. La croûte sèche alors et se détache après quelques semaines sans laisser de cicatrice. En principe, une seule lésion se développe sans s'étendre vers d'autres zones. Parfois une lymphangite et une adénopathie du ganglion satellite peut être notée. Rarement, des formes généralisées (érythème multiforme) apparaissent, associées à un syndrome grippal. Chez des individus sous traitement immunosupresseur ou atteints de dermatite atopique, l'ecthyma peut revêtir ces formes graves.

Le port de gants est essentiel pour prévenir l'infection.

En résumé, du fait de son extrême persistance dans le milieu extérieur dans des croûtes sèches possiblement présentes dans la laine tondu, l'ecthyma contagieux ou Orf constitue un danger important pour l'être humain et pour le maintien à travers les lieux de stockage de la laine de la maladie dans le troupeau.

6) *Trichophyton verrucosum*, agent de la teigne bovine

■ Agent pathogène, aspects cliniques

Deux espèces de *Trichophyton* sont régulièrement isolées lors de cas de teigne ovine : *T. verrucosum* principalement, mais aussi *T. mentagrophytes*. Ces deux espèces sont zoonotiques. *Trichophyton verrucosum* est enzootique dans certains troupeaux bovins, et probablement sous-diagnostiqué chez les ovins, plus résistants que les bovins.

Les jeunes animaux sont les plus atteints. L'expression clinique est variable, de l'absence de signes à des lésions cutanées inflammatoires. La forme la plus habituelle se caractérise par l'absence d'atteinte de l'état général associée à l'observation de lésions alopéciques, circulaires et non prurigineuses, principalement sur la tête mais aussi sur les zones en lainées et sur les membres.

Chez l'être humain, la teigne à *T. verrucosum* se traduit majoritairement par des lésions arrondies et prurigineuses, présentant une bordure érythémateuse et une évolution centrifuge, situées sur les zones de contact direct avec les animaux infectés (avant-bras et cuisses) (Antonczak, Adjou et Guillot 2024) (audition ATM). L'apparition de lésions de teigne chez des

personnes en contact avec des moutons (éleveurs, vétérinaires, tondeurs, etc.) peut être le révélateur de la présence de cette maladie dans le troupeau.

- Modalités de transmission (dont le rôle de la laine), résistance dans l'environnement, sensibilité à des traitements (biocides...)

La transmission entre animaux se fait principalement par contact avec un animal infesté, par les spores du champignon. Ces spores, appelées arthroconidies, sont très résistantes dans l'environnement et peuvent survivre dans le milieu extérieur jusqu'à quatre ans dans les poils et les squames (Antonczak, Adjou et Guillot 2024).

- Distribution géographique en France (en Europe si disponible)

La teigne à *Trichophyton verrucosum* semble ubiquitaire, mais est probablement sous-diagnostiquée chez les ovins. Elle s'exprime principalement dans les périodes où les ovins sont rassemblés et confinés, comme en hiver.

En résumé, la teigne à *Trichophyton verrucosum* est une maladie d'importance chez les moutons, probablement sous-diagnostiquée. Elle est zoonotique, l'apparition de lésions chez les manipulateurs pouvant être le révélateur de sa présence dans le troupeau. Du fait de sa probable forte prévalence et de la résistance des spores dans la laine et dans l'environnement, ce champignon fait partie des agents pathogènes qui peuvent être disséminés par la laine en suint.

Annexe 5 : Dangers non retenus dans la troisième liste des dangers biologiques

¹ Sans considération spécifique sur la laine ; Persistance courte < 1 mois ; moyenne : un à 12 mois ; longue > 12 mois

² Santé animale : mammifères domestiques et sauvages autres que les ovins, abeille domestique *Apis mellifera*

³ Santé environnementale : poissons, insectes autres que l'abeille domestique, flore

⁴ Niveau de gravité : faible, moyen, élevé (cf. § 4.1) ou sans objet-(SO)

Dangers biologiques retenus dans la deuxième liste Maladie	Fréquence de l'infection/ la maladie chez les moutons	Persistance du danger biologique dans l'environnement ¹	Impact sur la santé						Commentaires et références bibliographiques	
			Santé humaine		Santé animale ²		Environnement ³			
			Oui/ non	Niveau de gravité ⁴	Oui/ non	Niveau de gravité	Oui/ non	Niveau de gravité		
Bactéries antibiorésistantes	Variable selon espèces bactériennes	Variable selon espèces bactériennes	Oui		Oui				Aucune étude spécifique ne rapporte la présence de bactéries résistantes aux antibiotiques dans la laine en suint issue de la tonte. Toutefois, des bactéries antibiorésistantes sont présentes dans tous les élevages, ceux de moutons ne faisant pas exception. La toison des moutons peut être contaminée par des bactéries antibiorésistantes au contact direct de leur environnement d'élevage au sens large, pâtures comprises. Diverses espèces de staphylocoques, dont certaines souches multirésistantes, peuvent faire partie du microbiote cutané naturel des moutons (Wesolowska et Szczuka 2023). Des MRSA (Methicillin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i>), bien que n'étant pas considérés comme un membre stable et dominant du microbiote cutané sain des moutons, peuvent également être présents, parfois associés à des infections comme des mammites (Sabir <i>et al.</i> 2024; E.M. Smith <i>et al.</i> 2014). Des bactéries résistantes présentes dans les matières fécales des moutons et présentant des profils de multirésistances peuvent contaminer l'environnement d'élevage, notamment les litières et la toison des moutons. Une étude décrit par exemple la détection d' <i>E. coli</i> O157:H7 et de salmonelles, pour certaines antibiorésistantes, dans des écouvillons fécaux et dans des échantillons de laine prélevés sur des agneaux avant leur abattage (Edrington <i>et al.</i> 2009). Globalement, les bactéries présentes sur la toison des moutons, donc dans la laine en suint, reflètent pour partie le microbiome d'élevage et peuvent donc représenter une large diversité d'espèces, dont certaines souches peuvent être pathogènes et résistantes aux antibiotiques. Toutefois, le GT estime que la laine en suint joue probablement un rôle négligeable dans la transmission de bactéries antibiorésistantes (et la diffusion de gènes d'antibiorésistance) par rapport aux autres sources de contamination présentes dans les élevages. Aucun cas de contamination humaine, animale ou environnementale par une bactérie antibiorésistante en lien avec la laine en suint n'a été documenté à ce jour.	
<i>Bovicola ovis</i> (pou broyeur) Phthirose	Élevée	Courte	Non	SO	Oui, autres ovidés : mouflons	Faible (démangeaisons)	Non	SO	La phthirose est une maladie cosmopolite. Le cycle complet des poux broyeurs est réalisé sur l'hôte. Les parasites se transmettent d'un animal à l'autre par contact direct. Les animaux les plus atteints sont les plus âgés ou ceux qui sont en mauvaise condition (Price et Graham 1996). Persistance : les nymphes peuvent persister jusqu'à 29 jours sur la laine à 36°C. Pour les lentes et les nymphes, la LT50 est de 9 jours maximum. Les adultes peuvent survivre de 14 à 16 jours dans les laines tondues en hiver et début de printemps, 5 jours maximum dans la laine en dehors de l'animal, 24 heures maximum dans la laine accrochée à des barrières ; la survie sur les "mocassins" des tondeurs peut aller jusqu'à 10 jours (Crawford, James et Maddocks 2001).	
<i>Brucella ovis</i> Épididymite ovine	Faible (incidence régionale, fréquent dans pays basque, Alpes de Haute Provence)	Court (milieu sec) à moyen (milieu humide)	Non	SO	Oui, très rare (cerf, <i>Cervus elaphus</i> , Ridder <i>et al.</i> (2000))	Élevé	Non	SO	<i>Brucella ovis</i> est excrétée dans la semence et les urines des bétiers. Contamination entre bétiers eux-mêmes et par l'intermédiaire de la litière souillée. Effets : diminution générale de la fertilité, augmentation de la mortalité des agneaux, diminution de la production laitière et augmentation de l'abattage des mâles en raison de lésions chroniques sur les organes reproducteurs (Eon 2013; Simoes, Saavedra et Hunter 2019). Aucun cas humain n'a été signalé et <i>B. ovis</i> est considéré comme non zoonotique (WOAH 2018a).	

Dangers biologiques retenus dans la deuxième liste Maladie	Fréquence de l'infection/ la maladie chez les moutons	Persistance du danger biologique dans l'environnement ¹	Impact sur la santé						Commentaires et références bibliographiques	
			Santé humaine		Santé animale ²		Environnement ³			
			Oui/ non	Niveau de gravité ⁴	Oui/ non	Niveau de gravité	Oui/ non	Niveau de gravité		
<i>Campylobacter jejuni</i> et <i>C..coli</i> Campylobactériose	Élevée (forte prévalence de portage)	Courte à moyenne	Oui, fréquent	Moyen	Oui	Faible	Non, portage déjà présent chez les reptiles, oiseaux, poissons, coquillages	Contamination de l'eau	Campylobacter a été détecté dans la laine de moutons (Garcia, Steele et Taylor 2010) mais, étant donné la forte prévalence dans la faune sauvage (Olvera-Ramirez <i>et al.</i> 2023) et la présence de Campylobacter dans l'environnement (Bronowski, James et Winstanley 2014; Jones, Howard et Wallace 1999), la laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport à d'autres supports ou matrices. Présence dans eau de surface non traitée (contamination fécale), persistance quelques semaines en milieu aquatique. Persistance : <i>C. jejuni</i> : 2,5 mois dans fumier de bovins et tout au long des phases actives et de maturation du compostage (environ 7,7 mois) (Inglis <i>et al.</i> 2010), <i>C. coli</i> : 6 à 24j dans lisier de porc (Bui <i>et al.</i> 2011) Contamination par voie orale. Entérite aiguë de guérison spontanée dans 80 % des cas humains (Anses 2020).	
<i>Chlamydia abortus</i> Avortement enzootique des brebis ou chlamydose ovine	Élevée	Courte à moyenne (plusieurs semaines)	Oui	Élevé (pneumopathies chez personnes exposées ; risque fausse couche)	oui (chèvres, vaches)	Élevé	Non	SO	Persistance quelques jours dans les déjections; quelques semaines dans la paille souillée par des animaux infectés (Idèle 2013), plusieurs jours dans le milieu extérieur dans les conditions météorologiques printanières (humidités et températures moyennes) et plusieurs mois lorsque les températures sont proches de zéro (https://theses.vet-alfort.fr/Th_multimedia/repro_ovicap/femelle/htm/avortements/bacterien/chlamydophila/chlamydia.htm) La laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie (importance de la transmission verticale chez les ovins, bactéries intracellulaires très sensibles à la dessiccation, mais possiblement prolongée par matière organique - liquides d'avortements).	
<i>Clostridium botulinum</i> Botulisme	Rarissime en conditions d'élevage normales	Longue (spores)	Oui	Faible (autre toxinotype)	Oui (sauf porc) (ruminants sauvages, manque de données)	Très faible à élevé	Non (poissons, autre toxinotype)	SO	Présence dans l'environnement. Danger théorique, rarissime chez les ovins si respect des bonnes pratiques d'élevage (serait lié à des conditions d'élevage déficientes, à une réutilisation de litière (il est interdit de l'incorporer dans l'alimentation en Europe) (Anses 2021b; Virat, Vallée et Kréguer 1956).	
<i>Clostridium chauvoei</i> Charbon symptomatique	Moyenne	Longue (spores)	Non	SO	Oui (ruminants surtout ovins ; ruminants sauvages manque données)	Élevé	Non	SO	Présence fréquente dans l'environnement La laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport au portage et à l'excréition fécale.	
<i>Clostridium perfringens</i> (types A, B, C et D) Enterocolites, enterotoxémie, TIA et <i>septicum</i>	Élevée	Longue (spores)	Oui (TIA)	Faible	Oui	Élevé	Non	SO	Bactéries et spores faisant partie du microbiote fécal et environnemental (ex. litière), présentes dans les élevages ovins, mais à des niveaux faibles. Contamination de la laine d'origine fécale. Contamination humaine par voie orale (Anses 2017).	
<i>Clostridium tetani</i> Tétanos	Élevée	Longue (spores)	Oui	Élevé	Oui	Élevé	Non	SO	Présence fréquente dans l'environnement Prévention et bonnes pratiques peuvent réduire la fréquence La laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport à d'autres sources de contamination (jardin, etc.)	

Dangers biologiques retenus dans la deuxième liste Maladie	Fréquence de l'infection/ la maladie chez les moutons	Persistance du danger biologique dans l'environnement ¹	Impact sur la santé						Commentaires et références bibliographiques	
			Santé humaine		Santé animale ²		Environnement ³			
			Oui/ non	Niveau de gravité ⁴	Oui/ non	Niveau de gravité	Oui/ non	Niveau de gravité		
<i>Dichelobacter nodosus</i> et <i>Fusobacterium necrophorum</i> Piétin du mouton	Très élevée	<i>Dichelobacter nodosus</i> : moyenne <i>Fusobacterium necrophorum</i> : moyenne	Non	SO	Oui (chèvre, bovin)	Moyen	Non	SO	Persistance : <i>Dichelobacter nodosus</i> : 42 j dans corne infectée ; <i>Fusobacterium necrophorum</i> : jusqu'à 18 semaines dans le sol. La laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport à celui de la litière.	
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) productrices de shigatoxines (STEC) Infection à STEC	Fréquence du portage (animal non malade), mais grande variation selon les études	Moyenne à élevée selon les souches, quelques semaines à deux ans (plusieurs mois pour la plupart des sérotypes)	Oui	Élevé, surtout enfant et personnes âgées et/ou immunodéprimées	Non	SO	Non	SO	Présence de STEC détectée dans la toison, prévalence très variable selon les études (peu d'études sur la laine) (McCarthy <i>et al.</i> 2021; Lenahan <i>et al.</i> 2007; Thomas <i>et al.</i> 2013). Prévalence chez le mouton dépend de la saison et de l'état physiologique des animaux. Présence de STEC dans la faune sauvage (Espinosa <i>et al.</i> 2018). Pas de risque de contamination humaine par voie aérienne, seulement par voie orale. Persistance dans l'environnement plusieurs mois : 77 à 231 jours dans un sol stérile amendé par du fumier de bovin contaminé (Jiang, Morgan et Doyle 2002), un an dans le sol (VanderZaag <i>et al.</i> 2010), et jusqu'à deux ans en microcosme (Durso, Gilley et Miller 2021). La laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport à l'environnement.	
<i>Leptospira</i> spp. Leptospirose	Faible	Moyenne dans le sol à longue dans l'eau	Oui	Élevé	Oui (bovins, caprins, chiens, chevaux)	Élevé	Non	SO	Plusieurs serovars de <i>Leptospira interrogans</i> peuvent être impliqués : le plus important étant <i>L. pomona</i> associé à un syndrome icérohémorragique aigu principalement sur des agneaux ; <i>L. hardjo</i> associé à des avortements de fin de gestation et de l'agalactie. Classiquement il est décrit un passage des bovins vers les ovins, de même qu'il a été observé une présence de leptospires dans les urines chez des ovins non en contact avec des bovins, suggérant que le mouton peut être un porteur sain de la bactérie (Cousins <i>et al.</i> 1989) Persistance : 43 j dans un sol sec et 20 mois dans l'eau (Barragan <i>et al.</i> 2017) La laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie	
<i>Listeria monocytogenes</i> Listériose	Moyenne	Moyenne (plusieurs mois dans paille, eau sol)	Oui	Élevé	Oui (bovins, caprins)	Élevé	Non	SO	Ingestion de denrées alimentaires contaminées (lait, viande, etc.) Surtout encéphalite, puis entérite/avortement (moins fréquents). Persistance : 84 à plus de 295 j dans le sol (Black <i>et al.</i> 2021) Dans l'environnement d'élevage, la laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport à la litière ou aux ensilages/erubannages contaminés.	
<i>Mycobacterium avium</i> Paratuberculose	Moyenne	Longue (plus d'un an dans fèces, sol, fumier GDS Meurthe et Moselle)	Non démontré	SO	Oui (dont ruminants sauvages)	Moyen	Non	SO	Lorsqu'ils sont initialement contaminés, les ovins n'excrètent pas la bactérie. Cette période peut être courte, comme une année, ou plus longue comme cinq ans, mais elle dure souvent de deux à trois ans. Éventuellement, l'infection progresse au point où la bactérie est excretée dans les déjections, bien que l'ovin semble toujours en santé et productif. Cette période d'excrétion bactérienne sans maladie clinique peut durer un an ou plus. La laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport aux matières fécales. ((Anses 2013), Ministère de l'agriculture de l'Ontario 2024. La maladie de Johne chez les ovins https://www.ontario.ca/fr/page/la-maladie-de-johne-chez-les-ovins)	
Prion Tremblante classique	Pas d'observation récente	Longue	Oui	Élevé (mais modalités de transmission spécifiques)	Oui (ruminants sauvages)	Élevé	Non	SO	La tremblante classique est la forme contagieuse (transmission directe et indirecte) qui inclut une composante environnementale, le prion étant stable dans l'environnement, le sol. Chez les ovins, dans cette forme, le prion est détecté notamment dans les tissus périphériques des animaux infectés, dont des terminaisons nerveuses du derme, à des niveaux très inférieurs à ceux détectés dans le système nerveux central (Thomzig <i>et al.</i> 2007), ainsi que dans les fèces (Terry <i>et al.</i> 2011), la salive et le placenta (Gough et Maddison 2010), le colostrum et le lait (Afssa 2008a; Konold <i>et al.</i> 2013). Il pourrait ainsi se retrouver dans la laine, mais aucune donnée de détection dans ce sous-produit n'a été rapportée qui permettrait de le confirmer et le quantifier. Le GT estime que le rôle de la laine serait	

Dangers biologiques retenus dans la deuxième liste Maladie	Fréquence de l'infection/ la maladie chez les moutons	Persistance du danger biologique dans l'environnement ¹	Impact sur la santé						Commentaires et références bibliographiques	
			Santé humaine		Santé animale ²		Environnement ³			
			Oui/ non	Niveau de gravité ⁴	Oui/ non	Niveau de gravité	Oui/ non	Niveau de gravité		
									mineur/négligeable par rapport aux autres voies de contamination (e.g. l'environnement ou l'ingestion de placentas contaminés, ou par le lait ou le colostrum de brebis infectées). Pour rappel, la laine issue de moutons atteints de tremblante est considérée comme un sous-produit de catégorie C1. En France, la tremblante classique n'a pas été détectée depuis 2018, probablement du fait notamment des mesures d'assainissement des troupeaux consécutive à une période de dépistage intensif entre 2005 et 2007 et d'une éventuelle augmentation de la résistance d'origine génétique à cette forme de tremblante ⁴⁶ . Il faut néanmoins garder en tête les limites du dépistage (échantillon de la population et prélèvement effectué uniquement sur système nerveux central, ne détectant qu'une partie des animaux en incubation) et le fait que les programmes de surveillance des EST des petits ruminants ont été allégés en 2014 (Afssa 2007; Anses 2014). On ne peut donc pas exclure la présence résiduelle d'animaux infectés en France (Anses 2021a, 2022). Les pâturages peuvent conserver des prions infectieux au moins deux ans (Miller <i>et al.</i> 2004).	
Prion Tremblante atypique	Rarissime	Longue	Oui	Élevé (mais modalités de transmission spécifiques)	Oui (ruminants sauvages)	Élevé	Non	SO	Bien qu'elle soit expérimentalement transmissible par voie orale, la tremblante atypique semble peu ou non transmissible en conditions d'élevage (Afssa 2009; Fediaevsky <i>et al.</i> 2010). Les titres infectieux mesurés dans les tissus périphériques (formations lymphatiques, système nerveux périphérique) semblent très inférieurs à ceux mesurés pour la tremblante classique (Andréoletti <i>et al.</i> 2011). Contrairement à la tremblante classique, il n'y a pas de données relatives à une contamination de l'environnement d'élevage (Anses 2018b). En France, la tremblante atypique est encore présente, comme le montrent les données de surveillance actives réalisées à l'équarrissage et à l'abattoir. La surveillance annuelle dans la population ovine (environ 5 000 tests en abattoir sur carcasses de plus de 18 mois et 15 000 tests en équarrissage) a conduit à détecter trois cas en 2020 et sept cas en 2021, 2022 et 2023 (Morignat <i>et al.</i> 2024; Morignat <i>et al.</i> 2023).	
Psoroptes ovis Gale psoroptique	Élevée	Courte	Non	SO	Oui (lamas, lapins : <i>P. ovis cuniculi</i>)	Moyen (démangeaisons, lésions cutanées, amaigrissement, otite chez lapin)	Non	SO	La gale psoroptique est une maladie très contagieuse d'ovin à ovin, mais non transmissible à l'être humain. Les parasites peuvent persister 15 jours (selon la bibliographie), un mois (expérience terrain), de manière variable selon les conditions de température, d'humidité, et la présence de substrat nutritif. En cas de survie au-delà de 16 jours, il y a une perte de l'infectivité. La laine ne joue pas de rôle particulier car la contagion entre animaux a certainement déjà eu lieu avant la tonte. La persistance de l'acarien dans la laine peut néanmoins être plus longue que dans le milieu extérieur, la laine et les débris cutanés qui y sont attachés pourraient servir de substrat nutritif au parasite pendant un délai possiblement plus long que celui proposé dans un milieu neutre, mais aucune étude ne permet d'en quantifier la durée (O'Brien, Gray et O'Reilly 1994; K.E. Smith <i>et al.</i> 1999; Sosa <i>et al.</i> 2024).	
Salmonella abortus ovis Salmonellose	Moyenne	Moyenne	Non	SO	Oui (ovinés sauvages)	Moyen à élevé	Non	SO	Répartition géographique hétérogène : nulle (jamais retrouvée dans le bassin du roquefort) à élevée (jusqu'à 75 % dans le centre-ouest) selon les régions (Autef communication personnelle) ; non zootonique. Contamination de la laine possible lors d'avortement. Persistance : au moins six mois dans le sol (Tadjebakhche et Nazari 1974) La laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport aux supports contaminés (excrétas, effluents d'élevage).	

⁴⁶ Un programme national d'amélioration génétique des ovins pour la résistance à la tremblante, qui a eu un impact très significatif sur la proportion d'allèles de résistance dans les noyaux de sélection ovine, a également été mis en place depuis 2002. Néanmoins, il est difficile de connaître l'impact de ce programme sur les brebis de production, la diffusion des allèles de résistance dans la population générale étant par ailleurs un phénomène beaucoup plus lent (Anses 2010, 2012b, 2017)

Dangers biologiques retenus dans la deuxième liste Maladie	Fréquence de l'infection/ la maladie chez les moutons	Persistance du danger biologique dans l'environnement ¹	Impact sur la santé						Commentaires et références bibliographiques	
			Santé humaine		Santé animale ²		Environnement ³			
			Oui/ non	Niveau de gravité ⁴	Oui/ non	Niveau de gravité	Oui/ non	Niveau de gravité		
<i>S. diarizonae</i> Salmonellose	Élevée	Moyenne	Oui (possible)	Faible	Oui	Faible	Non	SO	Fréquente chez le mouton, mais risque zoonotique négligeable (Sörén <i>et al.</i> 2015; Uelze <i>et al.</i> 2021). Un cas d'agneau infecté par le lait de sa mère, infection à l'origine d'une septicémie (Grisot communication personnelle) Persistance dans l'environnement : au moins un mois dans le fumier, trois mois dans l'eau, plus de deux mois dans le sol (GDS Jura 2020). La laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport aux supports et matrices contaminés.	
<i>Salmonella Typhimurium</i> , <i>S. Dublin</i> Salmonellose	Très rare	Moyenne (entre cinq et huit mois)	Oui	Nul à élevé selon les sérotypes et l'humain infecté	Oui	Nul à élevé, selon espèces hôtes et sérotypes	Non	SO	Persistance : entre 161 et 231 jours dans les sols amendés avec des composts contaminés (Islam <i>et al.</i> 2004). La laine joue un rôle très mineur dans l'épidémiologie de la maladie par rapport aux supports et matrices contaminés.	
Tiques	Élevée	Courte à longue (milieu humide)	Oui	Nul (pas d'inoculation d'agent pathogène) à élevé selon l'agent pathogène vectorisé	Oui	Nul (pas d'inoculation d'agent pathogène) à élevé selon l'agent pathogène vectorisé	Non	SO	Les tiques sont très fréquemment retrouvées chez les ovins. Elles sont vectrices de nombreux agents pathogènes. Aucun cas rapporté d'infection par des tiques venant de laine en saut. Les tiques étant sensibles à la dessiccation, la laine brute n'est probablement pas un milieu favorisant leur persistance au-delà de quelques jours ou semaines (Nielebeck <i>et al.</i> 2023). Les experts estiment que la laine joue un rôle très mineur par rapport à l'environnement (herbes, etc.) (Chauvet et L'Hostis 2005; Kahl et Gray 2023).	

Annexe 6 : Périodes usuelles de traitements antiparasitaires (Autef communication personnelle, exemple pour la zone d'élevage centre-ouest)

Les périodes de traitement antiparasitaire usuelles chez les moutons peuvent être décrites ainsi (Autef communication personnelle) :

- Contre les agents des gales : l'utilisation des bains est la plus fréquente et fait appel au phoxime (Sebacil®) et à la deltaméthrine (Butox 50 pour mille®). La période de traitement peut varier en fonction de l'établissement du diagnostic, étant considéré qu'il est conseillé de traiter rapidement après la mise en évidence du parasite.
En général, la rentrée en bergerie est propice à l'exacerbation du prurit lors de gale psoroptique, la plupart des traitements par bain auront lieu dans le courant de l'hiver. Il est en outre conseillé fortement de ne pas tondre avant le bain, une longueur de laine de 5 cm permettant le meilleur compromis entre un contact peau substance active et une rémanence suffisante d'une substance lipophile comme le phoxime.
Dans des systèmes d'élevage où l'estive est présente, le bain peut avoir lieu au retour d'estive, c'est-à-dire pendant l'automne, soit plusieurs semaines après la tonte.
- Contre les mouches agents des myiases : un schéma de prévention couramment proposé consiste en l'application d'un *pour on* (deltaméthrine ou cyperméthrine), généralement avant la période d'activité des mouches pour éviter les premières attaques en avril/mai, ensuite la tonte a lieu en mai/juin, puis après un délai d'environ quatre semaines pendant lequel la très faible épaisseur de laine ne présente pas un facteur d'attractivité pour les mouches, une application de dicyclanil (Clik®) en *pour on* est effectuée, permettant une rémanence de 16 semaines vis-à-vis des mouches. Ensuite, en début d'automne, selon les conditions climatiques (chaleur, humidité), un traitement supplémentaire de durée d'action plus courte (deux à huit semaines) peut être appliqué : dicyclanil (ClikZin® rémanence huit semaines), cyperméthrine (Ectofly® rémanence six à huit semaines), deltaméthrine en *pour on* (bien que les données du RCP n'indiquent pas d'efficacité sur les agents des myiases). Ces formulations sont utilisées sur le terrain avec des durées observées de protection extrêmement variables, mais d'au moins deux semaines.
- Contre les tiques, les APE seront utilisés autour de la période d'activité de ces acariens, c'est-à-dire soit au printemps d'une à huit semaines avant la tonte, puis moins fréquemment à l'automne. Les substances actives seront principalement les pyréthrinoïdes (cyperméthrine, deltaméthrine en *pour on* ou en pulvérisation) ou parfois le phoxime en pulvérisation. Ces applications sont la plupart du temps effectuées de façon curative, parfois même dans l'urgence afin de maîtriser une infestation massive de tiques, sans considération pour la tonte qui peut avoir lieu dans un délai très court.
- Contre les *Culicoïdes* vecteurs du BTV, le traitement APE est à visée préventive. Il fait appel aux pyréthrinoïdes en *pour on*, éventuellement au phoxime en pulvérisation. Logiquement ce traitement s'effectue avant la reprise d'activité vectorielle, mais l'allongement de cette période et le manque d'efficacité préventive de ces formulations vis-à-vis des *Culicoïdes* en restreignent l'emploi.
- Contre les poux broyeurs ou piqueurs, le traitement est essentiellement curatif, correspondant à l'apparition d'un prurit et/ou de pertes de laine, le plus souvent lors du séjour en bergerie, c'est-à-dire plusieurs semaines après la période classique de tonte.

Annexe 7 : Tableaux relatifs aux ETM dans la laine de mouton en suint

Tableau 8 Teneurs (mg/kg) en éléments trace métalliques dans la laine de mouton en suint

ETM	Zone rurale	Zone polluée	Référence
Cr	1,6 ± 1,3		Broda <i>et al.</i> (2023)
Co	0,47 ± 0,07 0,25 ± 0,12 0,56 ± 0,03	0,54 ± 0,27	Hussain <i>et al.</i> (2021) Broda <i>et al.</i> (2023) Fechete <i>et al.</i> (2024)
Ni	0,18 ± 0,04	0,17 ± 0,05	Fechete <i>et al.</i> (2024)
Cu	3,6 ± 0,74 4,2 ± 0,07 6,5 ± 1,7 3,7 ± 0,57 4,7 ± 0,7	9,6 ± 3,1 4,3 ± 2,1 9,8 ± 0,23	Liu (2003) Barkouch <i>et al.</i> (2008) Hawkins et Ragnarsdóttir (2009) Shen, Chi et Xiong (2019) Broda <i>et al.</i> (2023)
Zn	95,3 ± 21,2 11,7 ± 8,4 1390 ± 757 ?? 87,6 ± 5,9 72 ± 6	101,5 ± 31,4 11,4 ± 10,3 119,9 ± 7,2	Liu (2003) Barkouch <i>et al.</i> (2008) Hawkins et Ragnarsdóttir (2009) Shen, Chi et Xiong (2019) Broda <i>et al.</i> (2023)
Cd	0,37 ± 0,02 0,09 ± 0,02 0,36 ± 0,03 0,21 ± 0,01 0,036 0,08 ± 0,01 < LOQ	2,0 ± 0,45 0,11 ± 0,08 0,69 ± 0,04 2,2 ± 0,13 0,53 ± 0,06 0,13 ± 0,07	Liu (2003) Barkouch <i>et al.</i> (2008) Hristev <i>et al.</i> (2008) Shen, Chi et Xiong (2019) Tuncer (2019) Badea <i>et al.</i> (2023) Broda <i>et al.</i> (2023) Fechete <i>et al.</i> (2024)
Hg	0,049 (min : 0,012 ; max : 0,155)	0,044 (min : 0,01 ; max : 0,133)	Gebel <i>et al.</i> (1996)
Pb	1,01 ± 0,21 6,9 ± 1,0 1,16 ± 0,12 47,7 ± 0,13 µg/kg 0,299 0,92 ± 0,27	3,64 ± 1,9 10,8 ± 10,2 15,3 ± 2,4 3,76 ± 0,2 49,3 ± 0,01 µg/kg	Liu (2003) Barkouch <i>et al.</i> (2008) Hristev <i>et al.</i> (2008) Shen, Chi et Xiong (2019) Tuncer (2019) Badea <i>et al.</i> (2023) Broda <i>et al.</i> (2023)
As	0,058 (min : < 0,001 ; max : 0,224)	0,57 (min : 0,064 ; max : 1,50)	Gebel <i>et al.</i> (1996)

Tableau 9 Teneurs (mg/kg) comparées en certains ETM dans le sol, le fourrage et la laine brute

ETM	Zone rurale			Zone polluée			Référence
	Sol	Fourrage	Laine brute	Sol	Fourrage	Laine brute	
Co	0,42 à 0,65	0,16 à 0,35	0,47 ± 0,07				Hussain <i>et al.</i> (2021)
Cu	13,3 ± 1,2 11,3 ± 1,2	6,3 ± 2,3 6,3 ± 1,2	3,6 ± 0,74 3,7 ± 0,57	181,2 ± 87,9 103,3 ± 5,9	24,8 ± 15,3 21,7 ± 2,3	9,6 ± 3,1 9,8 ± 0,23	Liu (2003) Shen, Chi et Xiong (2019)
Zn	35,3 ± 9,9 32,3 ± 1,9	24,4 ± 5,6 23,4 ± 2,6	95,3 ± 21,2 87,6 ± 5,9	200,7 ± 113,2 218,1 ± 9,2	166,8 ± 117,3 178,0 ± 6,3	101,5 ± 31,4 119,9 ± 7,2	Liu (2003) Shen, Chi et Xiong (2019)
Cd	0,6 ± 0,2 0,63 ± 0,05	0,012 ± 0,004 0,013 ± 0,003	0,37 ± 0,02 0,36 ± 0,03	7,1 ± 2,6 3,4 43,2 ± 4,6	8,3 ± 5,4 0,72 7,2 ± 0,55	2,0 ± 0,45 0,69 ± 0,04 2,2 ± 0,13	Liu (2003) Hristev <i>et al.</i> (2008) Shen, Chi et Xiong (2019)
Hg	< 0,5 à 1,5		0,049	< 0,5 à 2		0,044	Gebel <i>et al.</i> (1996)
Pb	9,4 ± 2,7 8,4 ± 0,77	6,4 ± 2,7 6,3 ± 0,95	1,01 ± 0,21 1,16 ± 0,12	54,7 ± 25,1 118 132,3 ± 8,1	59,4 ± 32,1 6,6 104,7 ± 8,1	3,64 ± 1,9 15,3 ± 2,4 3,76 ± 0,2	Liu (2003) Hristev <i>et al.</i> (2008) Shen, Chi et Xiong (2019)
As	5 à 9		0,058	6 à 11		0,57	Gebel <i>et al.</i> (1996)



anses

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr