



Avis de l'Anses relatif aux modalités de maîtrise du risque lié à la présence de dangers microbiologiques dans les fromages et autres produits laitiers fabriqués à partir de lait cru

Florence Dubois-Brissonnet, Frédéric Auvray, Olivier Cerf, Céline Delbès, Philippe Fravallo, Michel Gautier, Nathalie Jourdan Da-Silva, Nicolas Korsak Koulagenko, Florence Mathieu, Eric Oswald, et al.

► To cite this version:

Florence Dubois-Brissonnet, Frédéric Auvray, Olivier Cerf, Céline Delbès, Philippe Fravallo, et al.. Avis de l'Anses relatif aux modalités de maîtrise du risque lié à la présence de dangers microbiologiques dans les fromages et autres produits laitiers fabriqués à partir de lait cru. Saisine n° 2019-SA-0033, Anses. 2022, 126 p. anses-03889040

HAL Id: anses-03889040

<https://anes.hal.science/anes-03889040>

Submitted on 30 Jan 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 19 janvier 2022

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

**relatif aux modalités de maîtrise du risque lié à la présence de dangers
microbiologiques dans les fromages et autres produits laitiers fabriqués à
partir de lait cru**

*L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.
L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.
Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.
Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).
Ses avis sont publiés sur son site internet.*

L'Anses a été saisie le 22 février 2019 par la Direction générale de l'alimentation (DGAL) d'une demande d'avis sur les modalités de maîtrise du risque lié à la présence de dangers bactériologiques dans les fromages et produits laitiers fabriqués à partir de lait cru.

Sommaire

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE	2
1.1. Contexte.....	2
1.2. Objet de la saisine.....	2
2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE	3
2.1. Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	3
2.2. Prévention des risques de conflits d'intérêts.....	3
2.3. Méthode d'expertise	3
3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GT ET DES CES BIORISK ET ERCA	4
3.1. Fromages et autres produits laitiers fabriqués à partir de lait cru, définition et détermination des volumes de production.....	4
3.2. Données des alertes sur les fromages, la crème et le beurre fabriqués à partir de lait cru.....	8
3.3. Place des fromages et autres produits laitiers au lait cru dans le fardeau des maladies humaines transmises par les aliments	10
3.4. Hiérarchisation des couples selon la démarche ascendante d'évaluation des risques	19
3.5. Mesures de maîtrise à l'élevage.....	28
3.6. Les mesures de maîtrise au stade de la fabrication	39
3.7. Mesures de maîtrise au niveau des consommateurs	49
4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DU GT ET DU CES BIORISK	53
5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE	55

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

1.1. Contexte

Les produits laitiers au lait cru et les fromages fabriqués à partir de lait cru font régulièrement l'objet de procédures de retrait-rappel et peuvent être notamment impliqués dans l'apparition de cas groupés de salmonelloses et de syndromes hémolytiques et urémiques (SHU). Les dernières alertes épidémiologiques interrogent sur l'état des connaissances et l'efficacité des mesures de maîtrise pouvant être mises en œuvre dans la filière des fromages et autres produits laitiers fabriqués à partir de lait cru ainsi que sur l'évaluation de leur impact sur la réduction du risque pour le consommateur.

1.2. Objet de la saisine

La DGAL a saisi l'Anses pour réaliser six actions :

A1 – Etablir quels sont les principaux dangers bactériens en lien avec les différents fromages et produits laitiers fabriqués à partir de lait cru en France.

A2 – Réaliser un bilan des connaissances relatives aux sources de contamination, aux mesures de maîtrise et à leur efficacité dans 3 principales filières laitières (bovins, ovins, caprins), depuis le stade de l'élevage jusqu'au stade de distribution et de consommation, en passant par le stade de transformation des fromages et des produits laitiers fabriqués à partir de lait cru.

A3 – Evaluer l'impact des mesures de maîtrise sur la réduction du risque pour le consommateur.

A4 – Faire le point sur les méthodes analytiques (liste, performance, ...) disponibles pour la recherche des pathogènes dans les matrices.

A5 – Quantifier la performance de l'échantillonnage pour la maîtrise des risques.

A6 – Proposer des pistes de recherche pour améliorer la maîtrise des risques dans les fromages et produits laitiers fabriqués à partir de lait cru.

Le présent avis porte uniquement sur les deux premières actions.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

2.1. Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'Anses a confié l'instruction de cette saisine au groupe de travail (GT) « Fromages au lait cru » (FALC), créé par décision du 17 janvier 2020 et rattaché au comité d'experts spécialisé « Évaluation des risques biologiques dans les aliments » (CES BIORISK). Le mandat du GT FALC est de réaliser les actions 1 et 2 objet de ce présent avis. Les actions 3 à 6 seront conduites par un second groupe de travail et feront l'objet d'un rendu ultérieur.

Les travaux d'expertise du GT FALC ont été soumis régulièrement au CES BIORISK (tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques), entre septembre 2019 et novembre 2020. Le rapport produit par le GT FALC tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les rapporteurs et les membres du CES BIORISK.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) ».

2.2. 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/>.

2.3. Méthode d'expertise

Le champ d'application porte sur les dangers microbiologiques transmis par les fromages et autres produits laitiers au lait cru.

Le GT FALC mis en place rassemble des experts des domaines suivants : écologie des pathogènes dans l'élevage, microbiologie et hygiène des produits laitiers, évaluation des risques microbiologiques, technologie des procédés fromagers, épidémiologie et infectiologie clinique et vétérinaire.

Le GT FALC a d'abord défini les différentes catégories de fromages et de produits laitiers au lait cru qui devaient être intégrés dans les travaux d'expertise. Le GT FALC a choisi une classification basée sur les grandes étapes de fabrication laitière et fromagère. Les différentes

dénominations des fromages et autres produits laitiers fabriqués en France ont été associés à chaque catégorie et les données de production ont été recensées (cf. partie 3.1 de l'avis).

Ensuite, afin de réaliser la première action relative aux principaux dangers bactériens en lien avec les différents fromages et autres produits laitiers fabriqués à partir de lait cru en France, le GT FALC s'est appuyé sur trois sources d'information abordées dans les parties 3.2, 3.3 et 3.4. Le GT FALC a appliqué son analyse à l'ensemble des dangers microbiologiques pour cette action. La première source d'information correspond aux données relatives aux alertes alimentaires recensées ces dernières années en France. La deuxième source d'information correspond à la synthèse des données épidémiologiques humaines. La troisième s'appuie sur la démarche ascendante d'évaluation des risques récemment publiée par l'Anses (Anses 2020a). Le GT FALC a identifié les sources d'incertitude et a quantifié leur impact sur la place dans la hiérarchisation des différents couples « danger / aliment ».

Afin de réaliser la deuxième action relative aux mesures de maîtrise en élevage et en fabrication, le GT FALC s'est appuyé sur les données de la littérature scientifique. Pour les mesures de réduction du risque pour les consommateurs, des travaux de l'Anses sur l'information des consommateurs en matière de prévention des risques microbiologiques liés aux aliments (Anses 2014a, 2015b) ont servi de base aux réflexions du GT.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GT ET DES CES BIORISK ET ERCA

3.1. Fromages et autres produits laitiers fabriqués à partir de lait cru, définition et détermination des volumes de production

3.1.1. Catégorisation des produits laitiers au lait cru

La dénomination « produits laitiers » est définie par le règlement (UE) No 1308/2013 du 17 décembre 2013, et couvre « *les produits dérivés exclusivement du lait, étant entendu que des substances nécessaires pour leur fabrication peuvent être ajoutées, pourvu que ces substances ne soient pas utilisées en vue de remplacer, en tout ou partie, l'un quelconque des constituants du lait* ». Cette définition englobe des dénominations exclusivement réservées aux produits laitiers, tels que le fromage, la crème, le beurre, le lactosérum, le babeurre, et d'autres produits laitiers¹.

Les définitions des fromages et des spécialités fromagères sont données dans la réglementation française (Anonyme 2015). La définition réglementaire des fromages est large² et tient compte de la grande diversité de produits fabriqués en France. Les fromages et spécialités fromagères au lait cru sont également définis par la réglementation (Anonyme 2015), qui s'applique aux « *produits fabriqués à partir de lait non chauffé au-delà de 40 °C ni*

¹ Les dénominations suivantes sont également réservées aux produits laitiers : butteroil, caséines, matière grasse laitière anhydre (MGLA), yoghourt, kéfir, kumis, smetana, rjaženka, rūgušpiens.

² « *La dénomination "fromage" est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La dénomination "fromage" peut également être utilisée pour tout produit issu de fromages tels que définis à l'alinéa précédent et aux articles 2 et 3, par mélange ou assemblage entre eux ou avec des matières premières laitières mentionnées à l'alinéa précédent, pour autant que ce produit n'incorpore pas d'autres ingrédients que ceux qui sont autorisés dans ces fromages par l'article 10. La teneur minimale en matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23 grammes pour 100 grammes de fromage* ».

soumis à un traitement non thermique d'effet équivalent notamment du point de vue de la réduction de la concentration en micro-organismes ».

A partir de ces différentes définitions, le GT FALC a exclu de son champ d'expertise les produits laitiers qui, lors de leur procédé de fabrication, subissaient un traitement thermique (équivalent à une thermisation ou une pasteurisation). Ont été également exclus les produits laitiers qui pourraient être fabriqués à base de lait cru, tels que les laits fermentés incluant les yaourts, en raison de l'absence de risque avéré.

Ainsi, les produits qui ont été considérés dans ces travaux sont les fromages, le beurre et la crème au lait cru.

Les fromages ne peuvent pas être considérés comme une catégorie homogène au regard des risques microbiologiques. La classification des fromages en catégories pertinentes pour l'évaluation des risques sanitaires reste un défi (Donnelly 2018). Plusieurs systèmes de classification des fromages ont été proposés (Almena-Aliste *et al.* 2014; Fox *et al.* 2017). La Commission du *Codex alimentarius* a initialement proposé un système de classification pour l'étiquetage, basé sur les propriétés de fermeté, d'affinage et de teneur en eau et en matière grasse du fromage (Commission du *Codex alimentarius* 1978). Une classification basée sur les valeurs de pH et d'activité de l'eau dans différents fromages a également été proposée (Trmčić *et al.* 2017).

L'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) a développé plusieurs classifications des aliments (FoodEx2), répondant à différents objectifs, dont l'un est la classification des aliments du point de vue du recensement des maladies zoonotiques. Cette hiérarchie catégorise les produits laitiers, permettant de classer les fromages européens en fonction de leur procédé de fabrication (*brined cheese*, *ripened cheese*, etc.), incluant parfois une description des croûtes (par ex. *bloomy rind*) ou des flores d'affinage (*white and blue mold*, etc.) (cf. Annexe 2). Cette classification repose également sur la notion de fermeté de la pâte des fromages, similaire à celle proposée par le *Codex*.

Telles que proposées, ces classifications ne répondent pas aux critères permettant de classer les fromages sous l'angle de l'impact des procédés de fabrication des fromages sur les dangers microbiologiques.

Une autre approche classe les fromages plus finement, en fonction des procédés technologiques généralement mis en place à certaines étapes de la transformation fromagère : la coagulation, l'égouttage et l'affinage des fromages (Almena-Aliste et Mietton 2014). Ces procédés influent sur les paramètres physico-chimiques de la matrice (a_w , pH, etc.). Le type de coagulation influence la structure du caillé, sa fermeté et ses propriétés de cohésion. L'égouttage du caillé s'effectue spontanément ou à la suite de son tranchage, de son brassage et de son pressage. La température du lactosérum au moment du tranchage et du brassage du caillé est un élément important dans la définition des catégories de fromages à pâte pressée. Enfin, la durée de l'étape d'affinage et la nature des flores d'affinage de surface permet d'approfondir la catégorisation.

Cette approche a été choisie par le GT FALC, elle présente l'avantage de classer efficacement les nombreux types de fromages produits en France et de correspondre à la classification habituellement utilisée par les filières professionnelles. En outre, elle peut servir à évaluer le risque ou à communiquer avec les populations à propos du risque (Afssa 2010; Anses 2020c).

Basée sur cette approche de classification *via* les procédés, la Figure 1 présente les différentes catégories de fromages en fonction des technologies utilisées au cours des étapes de caillage, d'égouttage et d'affinage.

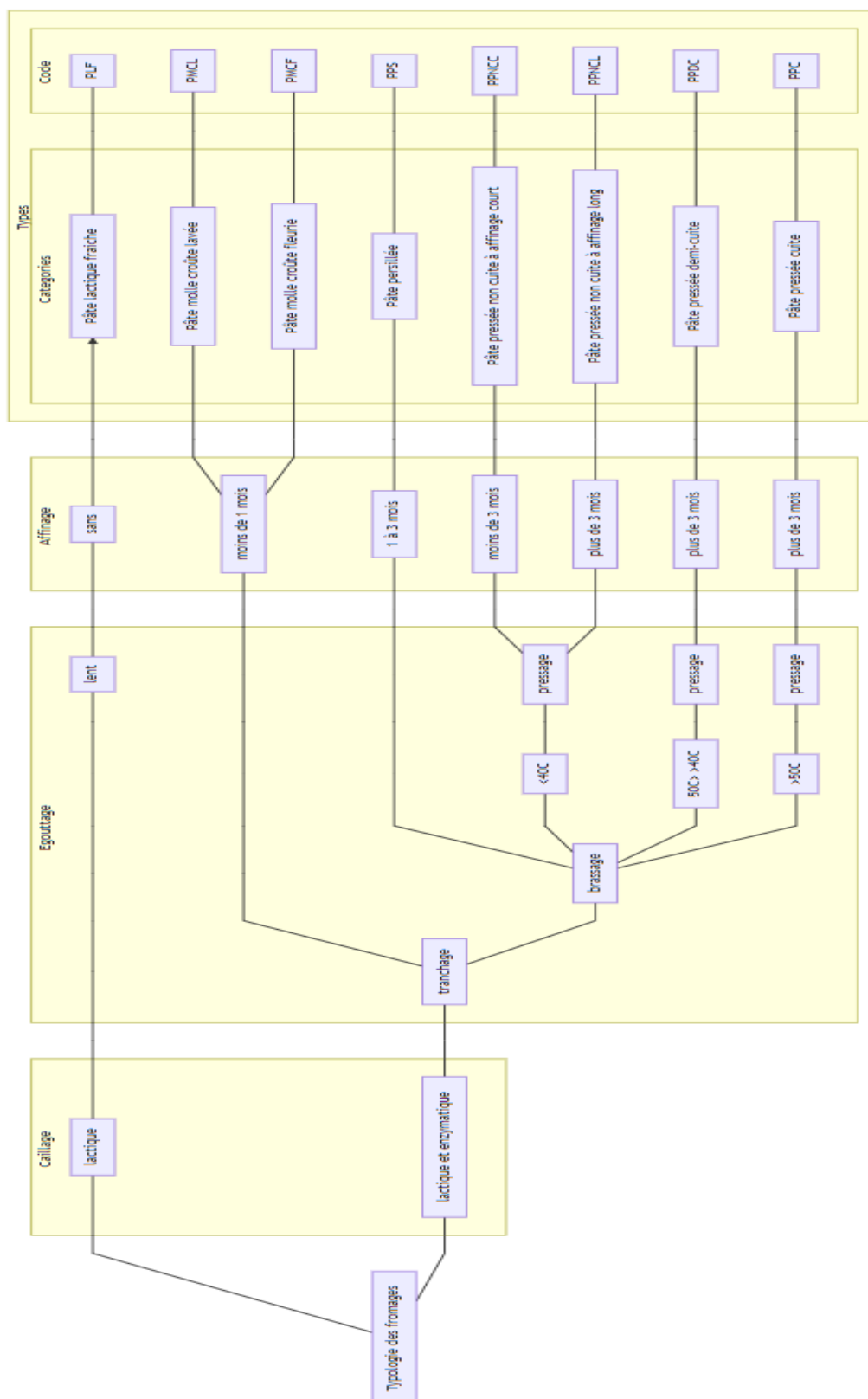


Figure 1 : Typologie des fromages obtenue en fonction des technologies utilisées au cours des étapes de caillage, d'égouttage et d'affinage.

Les dix catégories de produits laitiers au lait cru retenues par le groupe de travail sont donc :

- les pâtes lactiques fraîches (PLF, par ex. petit-suisse) ;
- les pâtes molles à croûte lavée (PMCL, par ex. livarot) ou fleurie (PMCF, par ex. camembert) ;
- les pâtes persillées (PPS, par ex. bleu d'Auvergne) ;
- les pâtes pressées non cuites à affinage court (PPNCC, par ex. reblochon) ou long (PPNCL, par ex. cantal) ;
- les pâtes pressées demi-cuites (PPDC, par ex. abondance) ou cuites (PPC, par ex. comté) (cf. l'annexe 3 pour la liste complète des fromages concernés) ;
- la crème ;
- le beurre.

3.1.2. Volume de production des catégories de fromages et autres produits laitiers au lait cru

Le Tableau 1 présente l'estimation des tonnages de production pour les différentes catégories de fromages définies par le GT FALC ainsi que pour la crème et le beurre. Cette synthèse s'appuie sur les informations disponibles pour les produits sous signes de la qualité et de l'origine (produits laitiers AOP et IGP) sur le site de l'INAO³ et sur les données issues du Service statistique ministériel de l'agriculture (Agreste). L'annexe 3 détaille la liste des dénominations et des données de production de fromages appartenant à chacune de ces catégories, ainsi que des crèmes et beurres.

Tableau 1 : Catégories de produits considérés par le GT. L'annexe 3 fournit le détail sur les données par catégorie (années, sources...)

CATEGORIES	TYPE DE LAIT	PRODUCTION AU LAIT CRU (T/AN)
Pâte lactique fraîche - PLF	chèvre, vache et brebis	3603
Pâte molle croûte fleurie - PMCF	chèvre	7860
	vache	11089
Pâte molle croûte lavée - PMCL	vache	5744
Pâte persillée - PPS	brebis	17656
	vache	1071
Pâte pressée cuite - PPC	vache	52719
Pâte pressée demi-cuite - PPDC	vache	1722
Pâte pressée non cuite à affinage court - PPNCC	brebis	2350
	vache	33762
Pâte pressée non cuite à affinage long - PPNCL	vache	6170
Crème	vache	2634
Beurre	vache	9275

³ <https://www.fromages-aop.com/les-aop-laitieres/les-aop-laitieres-francaises/> (consulté en juillet 2020)

Le Tableau 1 recense également les espèces animales associées aux différentes catégories de fromages et de produits laitiers au lait cru. Deux espèces sont considérées pour les PMCF (vache et chèvre), les PPNCC (vache et brebis) et les PPS (brebis et vache). Il est possible de retrouver sur le marché certains fromages ne correspondant pas à des catégories de ce tableau. Par exemple, il existe des fromages à pâte molle à croûte fleurie (PMCF) et lavée (PMCL) au lait de brebis, ou des pâtes pressées non cuites à affinage court (PPNCC) au lait de chèvre. Mais l'absence de statistiques sur les quantités produites indiquent que la quantité est négligeable au regard de celles des catégories présentées dans le Tableau 1.

3.2. Données des alertes sur les fromages, la crème et le beurre fabriqués à partir de lait cru

3.2.1. Description des systèmes d'alerte en place pour les produits d'origine animale

En France, les non-conformités relatives aux denrées d'origine animale ou aux produits en contenant sont recensées par la Mission des urgences sanitaires (MUS) de la Direction générale de l'alimentation (DGAL) du Ministère chargé de l'agriculture. Des résultats non conformes sur des analyses de produits alimentaires dans le cadre d'autocontrôles ou de contrôles officiels planifiés ou non (plans de surveillance et plans de contrôle, PS/PC), ainsi sur des analyses dans le cadre d'investigations faisant suite à des signalements de cas humains pouvant avoir un lien avec l'alimentation ou à des plaintes de consommateurs, sont notifiés à la DGAL/MUS et donnent lieu à l'enregistrement d'une alerte nationale.

Pour la présente expertise, une extraction des données des alertes sur la période 2014-2018 a été demandée à la DGAL. Les alertes trouvent leur origine sur le territoire national, sur celui d'un pays européen ou d'un pays tiers. Les signalements concernent des produits pouvant être fabriqués en France ou dans d'autres pays. Il faut noter que ces données ne représentent pas la totalité des non-conformités détectées sur le territoire national mais seulement celles qui ont été transmises au niveau central (c'est-à-dire à la MUS). Elles recoupent les non-conformités qui nécessitent des mesures de gestion au niveau national (c'est-à-dire dès lors que la distribution de l'aliment dangereux n'est pas circonscrite à un seul département) ou encore celles qui demandaient une information du consommateur (par exemple au moyen d'affiches prévenant les consommateurs dans les points de vente des produits concernés).

Les alertes enregistrées par la MUS peuvent conduire au déclenchement d'actions immédiates sur les produits, notamment le retrait (défini comme « *toute mesure visant à empêcher la distribution et l'exposition à la vente d'un produit ainsi que son offre au consommateur* ») et le rappel (« *toute mesure visant à empêcher, après distribution, la consommation ou l'utilisation d'un produit par le consommateur et/ou à l'informer du danger qu'il court éventuellement s'il a déjà consommé le produit* »). Le retrait et le rappel des produits relèvent de la responsabilité de l'exploitant. Les alertes peuvent également conduire à des contrôles renforcés.

Le retrait de produits du marché est une procédure normalement utilisée par précaution. Le rappel, quant à lui, a pour objectif de réduire l'exposition des personnes qui détiennent les produits et d'alerter les consommateurs afin qu'ils prêtent une attention particulière à la survenue de symptômes (et qu'ils puissent, le cas échéant, en informer leur médecin afin de faciliter le diagnostic et la mise en route rapide d'un traitement approprié). Les informations sont transmises au moyen d'affichettes apposées sur les lieux de vente, voire de communiqués de presse locaux, régionaux ou nationaux ou d'une information ciblée des consommateurs.

3.2.2. Analyse des données

Une extraction des alertes concernant les fromages et autres produits laitiers au lait cru de 2014 à 2018 a été réalisée. Il n'a pas été noté de différences notables pour le nombre d'alertes ou les pathogènes impliqués entre les différentes années. Cette extraction comporte 510 alertes pour les dangers microbiologiques (l'ensemble des alertes concernant les EHEC/EPEC, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ou les enterotoxines). Parmi ces alertes, seules 11 concernent des produits fabriqués en dehors de la France (principalement l'Italie et l'Espagne). Ces alertes correspondent à des alertes distinctes ayant conduit à des actions de gestion distinctes. Ces alertes représentent moins de 10% des alertes recensées pour l'ensemble des produits alimentaires, sans variation significative sur cette période. Les autocontrôles sont majoritairement (84%) à l'origine de ces alertes. Les contrôles officiels et les PS/PC réalisés par la DGAL ou la DGCCRF sont à l'origine de 12% des alertes. Les plaintes de consommateurs ou les alertes suivant la survenue de cas cliniques représentent 4% des alertes.

Parmi les 510 alertes, 25,1% n'ont pas conduit à des retraits, principalement parce que les produits étaient encore chez le fabricant (56,3%), ou étaient entièrement distribués chez les consommateurs (11,7%) ou la date limite de consommation (DLC) était dépassée (32%). Les retraits dans leur grande majorité avaient une portée nationale (seuls 5% des retraits avaient une portée locale) ; 60% des produits ont fait l'objet d'une communication par affichette à destination des consommateurs dans les lieux de vente.

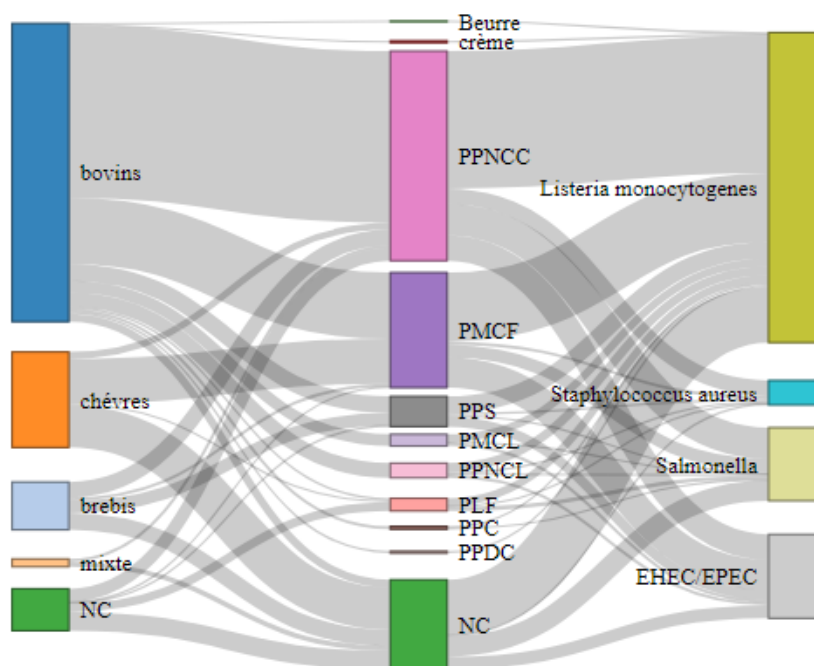


Figure 2 : Répartition des alertes de 2014 à 2018 concernant les produits laitiers (fromages, crème, beurre) au lait cru en fonction de l'origine du lait, de la catégorie de produit laitier et du danger microbien (NC non connu).

La Figure 2 présente la répartition des alertes par danger pour la période allant de 2014 à 2018. *L. monocytogenes* est impliquée dans la majeure partie des alertes (62,3%). Les *Escherichia coli* EHEC/EPEC représentent la seconde source d'alertes (17,1%) suivis par *Salmonella* (14,9%) et *S. aureus* (présence d'entérotoxines ou de niveaux élevés de *S. aureus*) (5%). Les fromages PPNC et PMCF représentent respectivement 42% et 23% des alertes. Le beurre et la crème au lait cru ne sont à l'origine que de trois alertes. Enfin, 60%

des alertes sont associées à des produits au lait de bovins. Les répartitions en fonction des dangers, des catégories de produits laitiers et de type de lait ne semblent pas être impactées par l'origine des alertes (auto-contrôles, contrôles officiels).

3.2.3. Conclusions

Bien qu'elles ne soient pas exhaustives les données d'alertes alimentaires de la MUS peuvent être considérées comme un indicateur de surveillance pour un danger ou une catégorie de produits. La plupart des alertes sont déclenchées à la suite d'autocontrôles. Les fromages et produits laitiers représentent 15% des alertes recensées pour les denrées alimentaires. Parmi ces alertes, celles associées aux produits fabriqués à partir de lait cru sont majoritaires (65%). L'analyse des données d'alerte sur la période 2014-2018 révèle, sur cette faible proportion des alertes, une implication importante (65%) des fromages PPNCC et PMCF parmi les produits laitiers au lait cru. Toutefois, ces données ne doivent pas être interprétées comme un indicateur direct du niveau de risque. Les détectations de produits non conformes, donc les alertes, entraînent la non mise sur le marché de ces produits, leur retrait et/ou leur rappel, et de ce fait le risque pour la santé publique est réduit. Ces données indiquent seulement les couples aliment/danger qui ont fait l'objet du plus grand nombre d'actions de gestion, (par exemple, l'application d'une hygiène renforcée en entreprise, ou d'une surveillance accrue).

Pour chaque catégorie de fromages au lait cru, il est donc possible qu'un nombre élevé d'alertes traduise un réel niveau de risque mais il se peut également que ce nombre s'explique par une pression de contrôle élevée de la filière professionnelle (ou encore la conjonction des deux situations). La pression de contrôle réalisée par les filières n'étant pas connue, il est impossible de trancher entre ces deux hypothèses.

3.3. Place des fromages et autres produits laitiers au lait cru dans le fardeau des maladies humaines transmises par les aliments

3.3.1. Bilan des épidémies

- Epidémies au niveau national
 - Sources de données

En France, la surveillance des infections alimentaires repose sur la déclaration obligatoire (DO) des toxi-infections alimentaires collectives (TIAC). Une synthèse des données des TIAC est publiée annuellement sur le site de Santé publique France (SpF). Les Centres nationaux de référence (CNR) effectuent en routine, dans le cadre de la surveillance de maladies à déclaration obligatoire (par ex. listériose, botulisme) ou non (par ex. salmonelloses non typhiques, campylobactériose), le typage des microorganismes pathogènes (souches) qui leur sont adressés. La caractérisation des souches permet de détecter l'augmentation de la fréquence de sous-types (définis par la génomique pour l'ensemble des pathogènes) alertant sur de possibles épisodes de cas groupés ou de l'émergence de nouveaux variants. Les cas groupés détectés font l'objet d'investigations par SpF.

Ces deux sources de données (base de données des TIAC de SpF et bilan des épidémies par pathogène révélées par les CNR ou par SpF) ont été récemment analysées afin de recenser les événements en lien avec les fromages au lait cru (De Valk 2020) pour la période allant de 2004 à 2017 pour la DO TIAC, de 2014 à 2019 pour les EHEC et de 2014 à 2018 pour *Salmonella* et *L. monocytogenes*. Ce travail est présenté dans les sections suivantes.

- Données des TIAC

De 2004 à 2017, parmi près de 14000 recensements de la base de données TIAC, 24 % des TIAC recensées présentaient des informations sur l'aliment à l'origine de l'événement. Parmi ces 3 712 événements, seuls 4,4% (soit 164 TIAC) concernaient des produits laitiers. Le niveau d'information sur les produits concernés ne permet d'identifier le lait, les fromages et autres produits laitiers au lait cru que dans 34 cas. *Salmonella* et les entérotoxines de *S. aureus* sont les principaux dangers impliqués dans les TIAC impliquant les fromages au lait cru. La Figure 3 présente la répartition des fromages associés aux différents dangers microbiologiques retrouvés dans les TIAC. On retrouve en plus de *Salmonella* et des enterotoxines de *S. aureus*, *Campylobacter*, norovirus, l'histamine et *Cryptosporidium*. Les fromages à pâte molle à croûte fleurie (PMCF) et à pâte pressée non cuite (PPNC) sont les principaux fromages à l'origine des cas de TIAC. Cette figure présente également l'origine des laits crus utilisés. Les laits crus de bovins sont majoritairement impliqués dans les TIAC.

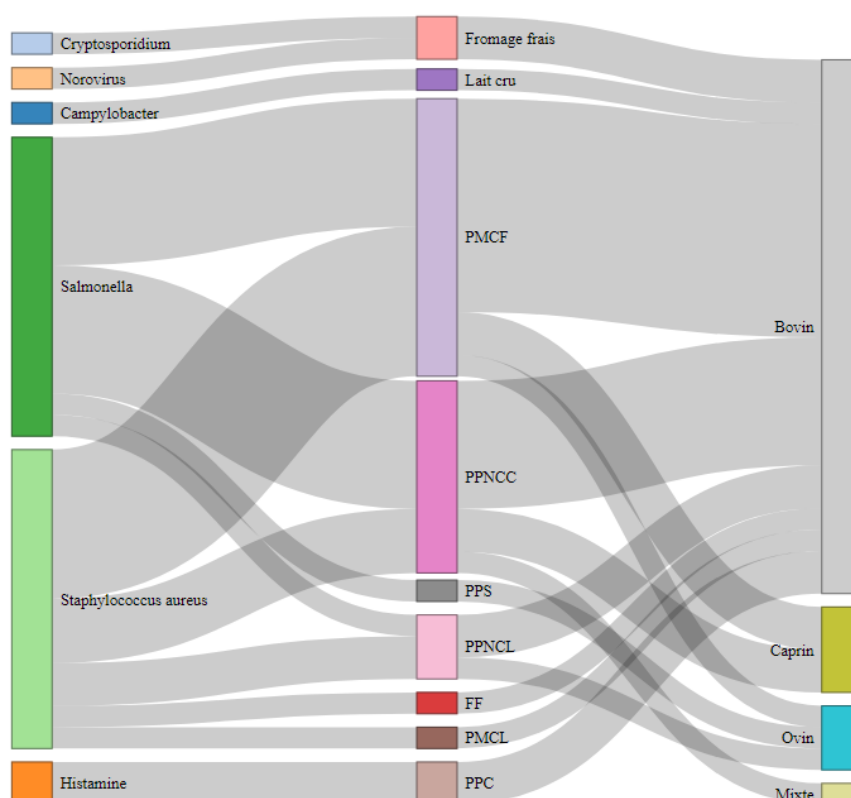


Figure 3 : Répartition des TIAC avec aliment confirmé selon le pathogène, la catégorie de produits laitiers et l'origine animale du lait cru sur la période 2004-2017 (n=34), à partir de la base de données TIAC de SpF

○ Synthèse des épidémies pour les EHEC

Parmi les dix épidémies recensées par SpF entre 2004 et 2019, six impliquaient les fromages au lait cru. Les autres épidémies impliquaient les viandes hachées dans trois cas (Anses 2017c) et les graines germées dans un autre (King *et al.* 2012). Le Tableau 2 recense les caractéristiques des six épidémies, qui représentent au total 48 cas de SHU et 79 % des cas concernent des enfants de moins de 5 ans. Cinq épidémies concernent des fromages au lait cru de vache et la sixième un fromage au lait cru de chèvre.

Tableau 2 : Caractéristiques des épidémies de cas de SHU associés à la consommation de fromages au lait cru sur la période 2014-2019, à partir de la base de données TIAC de SpF

Année	Sérotype	Catégorie de fromage	Espèce animale	Nombre de cas de SHU	Age médian	Clef	Référence
2019	O26 :H11 (HC10 75047)	PMCF (deux fromages différents)	Bovin	14	22 mois	#Ec6	(Jones <i>et al.</i> 2019)
2018	O26:H11 stx2a eaeβ ehxA (HC5 65006)	PPNCC	Bovin	2		#Ec5	Bilan SHU 2018 site SpF
2018	O26 stx2a eaeβ ehxA (HC5 65006)	PPNCC	Bovin	13	24 mois	#Ec4	(Jones <i>et al.</i> 2020)
2013	O157 stx2 eae hlyA	PMCF	Bovin	5		#Ec3	(Institut de veille sanitaire 2015)
2005	O26 :H11 stx2+ eae+	PMCF	Bovin	12	15 mois	#Ec2	(Institut de veille sanitaire 2007)
2004	O157 stx2 eae	Fromage frais	Caprin	2		#Ec1	(Espié <i>et al.</i> 2006)

○ Synthèse des épidémies pour *L. monocytogenes*

Concernant les cas de listériose, les fromages au lait cru ont causé 14 épidémies (soit 37% des épidémies) pour un total de 103 cas sur la période 2012-2018 (Tableau 3).

Tableau 3 : Caractéristiques des épidémies de listériose associées à la consommation de fromages au lait cru sur la période 2012-2018, à partir de la base de données TIAC de SpF

Année	Complexe clonal	Catégorie de fromage	Espèce animale	Nombre de cas de listériose	Age médian	Clef	Référence ^a
2018	-	PMCF	Caprin	2	65	#Lm14	
2017	-	Non déterminée	Ovin	3	83,5	#Lm13	
2017	-	PPNCC	Bovin	2	74,5	#Lm12	
2016	-	PMCF	Bovin, (également bovin + caprin)	19	91	#Lm11	
2016	CC1	PPNCC	Bovin	23	77	#Lm10	(CNR des Listeria 2017)
2015	-	PMCF	Bovin	2	51	#Lm9	
2013	-	PMCF	Bovin	17	76	#Lm8	
2015	-	PNCC	Bovin	6	84	#Lm7	
2015	-	PMCF	Bovin	2	80	#Lm6	
2015	-	PPNCC	Bovin	2	46	#Lm5	
2013	-	PPNCC	Ovin	4	37	#Lm4	
2013	-	PPNCC	Ovin	4	49,5	#Lm3	
2013	-	PMCF	Ovin	6	44	#Lm2	
2012	CC4	PMCF	Bovin	11	48	#Lm1	(Tourdjman <i>et al.</i> 2014)

^a Non spécifié : information issue de SpF

Il est à noter que le nombre d'épidémies est plus fréquent depuis 2015 avec l'introduction du séquençage des souches en cause, qui a permis de détecter plus de cas groupés. En effet,

plus de relations sont établies entre les souches grâce au meilleur pouvoir discriminant de l'investigation basée sur la méthode cgMLST. Le corolaire de cette augmentation du nombre de cas groupés est la diminution du nombre médian de cas par épidémie. Celui-ci est passé de six cas/épidémie avant 2015 contre deux après 2015 (Moura *et al.* 2017). Ces 14 épidémies ont impliqué 103 personnes dont 14 femmes enceintes. L'âge médian des cas des formes non materno-néonatales est élevé (76 ans). Près de 80% des cas présentaient des comorbidités. Le taux de létalité sur ces cas de listériose était de 10%. L'information sur les complexes clonaux (CC) de *L. monocytogenes* est connue pour deux épidémies. Ils appartiennent aux CC reconnus comme les plus virulents.

○ Synthèse des épidémies pour *Salmonella*

Concernant *Salmonella*, parmi les 50 épidémies avec aliment confirmé entre 2008 et 2018, 18 ont pour origine les fromages au lait cru (soit 34% des épidémies). Les caractéristiques de ces 18 épidémies sont présentées dans le Tableau 4. Les sérovars Enteritidis, Dublin et Newport sont les plus fréquemment incriminés. *Salmonella* Newport semble être fortement associée aux fromages de chèvre. Ces 18 épidémies sont à l'origine de 1114 cas de salmonellose dont 19 décès (taux de létalité de 2%).

Tableau 4 : Caractéristiques des épidémies de salmonellose associées à la consommation de fromages au lait cru sur la période 2008-2018, à partir de la base de données TIAC de SpF

Année	Sérovar	Catégorie de fromage	de Espèce animale	Nombre de cas de salmonellose	Age médian	Clef	Référence ^a
2018	Enteritidis	PPNCC	Bovin	104	33	#S18	⁴
2018	Newport	PMCF	Caprin	147	46	#S17	(Robinson <i>et al.</i> 2020)
2017	Eastbourne	PMCF	Bovin	30	63	#S16	
2017	Diarizonae	PPNCC	Bovin	44	66	#S15	
2016	Enteritidis	PPNCC	Bovin/ovin/	55	34	#S14	⁵
2016	Dublin	2 fromages (1 PPNC, 1 PMCL)	Bovin	83	70	#S13	(Ung <i>et al.</i> 2019)
2015	Typhimurium + Enteritidis	PPNCC	Bovin	116		#S12	
2014	Kedougou	PPNCC	Bovin	31	72	#S11	⁶
2014	Enteritidis	-	Bovin/ovin /	181	40	#S10	
2013	Newport	-	Caprin	4	65	#S9	
2012	Dublin	PPNCC	Bovin	103	49	#S8	(Vignaud <i>et al.</i> 2017) ⁷
2012	Oranienburg	PPNCC	Ovin	81	44	#S7	

⁴ <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2018/epidemie-de-salmonellose-a-s.-enteritidis-en-haute-savoie-investigations-en-cours>

⁵ <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/nouvelle-aquitaine/documents/bulletin-regional/2016/surveillance-sanitaire-en-region-aquitaine-limousin-poitou-charentes.-point-epidemiologique-au-19-mai-2016>

⁶ <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/bourgogne-franche-comte/documents/bulletin-regional/2014/surveillance-sanitaire-en-region-bourgogne-et-franche-comte.-point-au-3-juillet-2014>

⁷ <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/bourgogne-franche-comte/documents/bulletin-regional/2014/surveillance-sanitaire-en-region-bourgogne-et-franche-comte.-point-au-3-juillet-2014>

Année	Sérovar	Catégorie de fromage	Espèce animale	Nombre de cas de salmonellose	Age médian	Clef	Référence ^a
							(Jourdan Da Silva et al. 2012) ⁸
2011	Dublin	PPNCC	Bovin	6	73	#S6	
2011	1,4,[5],12:i:-	PLF	Caprin	13		#S5	
2010	Typhimurium	PMCF	Bovin	35	40	#S4	
2010	Newport	PPNCC	Caprin	28		#S3	
2010	Newport	PMCF	Caprin	28	64	#S2	
2008	Muenster		Caprin	25	58	#S1	(van Cauteren et al. 2009)

^a Non spécifié : information issue de SpF

- Quelles sont les leçons à tirer des épidémies impliquant les fromages au lait cru en France ?

Les investigations réalisées ont souvent pour point de départ l'existence de cas groupés humains (au niveau géographique, temporel, ou en raison de la proximité génétique des souches isolées de cas humains). Les investigations ont ainsi pour principal objectif d'identifier la source alimentaire afin de prendre des mesures de contrôle pour stopper l'apparition de nouveaux cas. Pour plusieurs épidémies, les rapports d'investigations réalisés donnent également des informations sur les causes de la perte de maîtrise par les professionnels (Tableau 5). Mais les informations disponibles sont limitées par rapport au nombre total d'épidémies.

Le Tableau 5 illustre différentes situations. Des problèmes de maîtrise de l'hygiène à la ferme ou des manquements en termes d'hygiène pendant la fabrication sont parfois clairement identifiés. Pour d'autres situations, comme pour *Salmonella* Dublin ou EHEC O26:H11 dans les fromages PPNCC, il n'est pas évident de démontrer une perte de maîtrise au niveau d'une ferme ou d'un atelier de fabrication fromagère. Dans ces deux situations, le déclenchement de l'épidémie semble plus relever de la circulation active des pathogènes dans les bassins laitiers que d'une perte de maîtrise dans un élevage ou chez un fabricant de fromages. Aucune investigation n'a mis en évidence les pratiques des consommateurs comme facteur contributif.

Tableau 5 : Facteurs contributifs potentiels des épidémies associées aux fromages au lait cru

Clef de l'épidémie	Pathogène	Facteurs contributifs				Référence
		A l'élevage	A la transformation	A la distribution	Chez le consommateur	
#S17	<i>Salmonella</i>	Excrétion asymptomatique dans le lait (mammite sub-clinique)	-	-	-	(Robinson et al. 2020)
	<i>Salmonella</i>	Pas d'identification de l'origine de la contamination dans l'élevage (analyses sur les animaux, l'environnement, l'alimentation)	-	-	-	(Dominguez et al. 2009)
	<i>Cryptosporidium</i>	-	Problème d'hygiène (sas de séparation entre l'atelier de fabrication et le bâtiment d'élevage)	-	-	(Loury, Gross, Dugast, Favennec, Dalle, et al. 2019)

⁸ <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/auvergne-rhone-alpes/documents/bulletin-regional/2012/surveillance-sanitaire-en-rhone-alpes.-point-epidemiologique-au-21-juin-2012>

Clef de l'épidémie	Pathogène	Facteurs contributifs				Référence
		A l'élevage	A la transformation	A la distribution	Chez le consommateur	
#Lm1	<i>L. monocytogenes</i>	-	Pas de problème d'hygiène, prélèvements environnementaux conformes, plan de maîtrise respecté	-	-	(Tourdjman <i>et al.</i> 2014)
#Ec4 et #Ec6	EHEC	Pas de causes identifiées à ce jour	Pas de causes identifiées à ce jour	-	-	(Anses 2020c)
#Ec2	EHEC	Présence d'étourneaux pour une des fermes (potentiels vecteurs) Présence de veaux malades dans le même bâtiment que les vaches productrices de lait	-	-	-	(Institut de veille sanitaire 2007)
#Ec1	EHEC	Conditions d'hygiène de la traite inadéquates	Conditions d'hygiène inadéquates pour la préparation du fromage	-	-	(Espie <i>et al.</i> 2006)

- Epidémies au niveau européen

L'Efsa, dans son avis sur la définition des *E. coli* pathogènes, a réalisé un bilan des épidémies en lien avec les fromages au lait cru. Six épidémies ont pu être identifiées (Tableau 6). L'Efsa a également recensé quatre épidémies pour *L. monocytogenes* entre 2008 et 2018 en Europe pour les fromages au lait cru (EFSA Panel on Biological Hazards *et al.* 2018; Efsa Panel on Biological Hazards *et al.* 2020). Les informations disponibles pour ces deux pathogènes donnent peu ou pas d'indication sur le type de fromage et les circonstances de ces épidémies. Il est à noter que le recensement des épidémies au niveau européen n'est pas exhaustif.

Tableau 6 : Synthèse des épidémies recensées pour les *E. coli* EHEC au niveau européen entre 2012 et 2017 impliquant les fromages au lait cru. D'après (Efsa Panel on Biological Hazards *et al.* 2020)

Année	Sérovar	Catégorie de fromage	Pays ayant recensé les cas humains
2013	<i>E. coli</i> O157	-	Irlande
2013	<i>E. coli</i> O26 et O174	-	Suède
2015	<i>E. coli</i> EHEC	-	Irlande
2016	<i>E. coli</i> O157	PPS	Royaume-Uni
2016	<i>E. coli</i> O157	-	Belgique
2017	<i>E. coli</i> O111	PLF	Italie

La littérature scientifique ne montre que quelques exemples d'investigation sur des conditions d'élevage ou de fabrication ayant entraîné des épidémies (Brockmann *et al.* 2018; Van Duynhoven *et al.* 2009).

Pour les différents pathogènes, les données publiées au niveau européen sont trop lacunaires et ne permettent pas de tirer de conclusion quant à l'attribution des épidémies à des pertes de maîtrise au niveau des différents maillons de production de fromages au lait cru.

3.3.2. Attribution des cas sporadiques⁹

- Résultats des études d'attribution des sources

⁹ Les cas des maladies infectieuses d'origine alimentaire peuvent être sporadiques ou épidémiques. Un cas sporadique est un cas isolé sans lien identifié avec d'autres cas de la même maladie.

- *E. coli* EHEC

Les animaux capables de rester porteurs de EHEC en l'absence d'exposition continue (réservoirs ou hôtes amplificateurs), ainsi que ceux qui sont fréquemment exposés aux EHEC (depuis l'environnement par exemple) peuvent être des sources potentielles de contamination pour l'Homme (Persad *et al.* 2015).

Bien que les ruminants soient considérés comme le principal réservoir des EHEC (Caprioli *et al.* 2005), il existe des preuves que les porcs, chiens, chevaux et la faune sauvage dont certains oiseaux sont des hôtes importants, c'est-à-dire des animaux susceptibles d'être colonisés par des EHEC (Persad et Lejeune 2015; Anses 2020b). Implicitement, cela signifie qu'il peut y avoir d'autres sources d'infection humaine par les EHEC en dehors des ruminants domestiques.

En utilisant une analyse d'attribution des sources, Mughini-Gras *et al.* (Mughini-Gras *et al.* 2018) ont déterminé les contributions relatives de quatre sources animales putatives (bovins, petits ruminants, porcs, volailles) aux infections humaines par les EHEC. Ils ont ensuite déterminé les facteurs de risque alimentaire, de contact avec les animaux, temporels et sociodémographiques associés, à l'aide d'une enquête cas-témoin. Cette étude a été réalisée aux Pays-Bas pour des données collectées de 2010 à 2014. Ces données ont été complétées par celles d'autres pays européens (dont la France) ayant une épidémiologie similaire. Les infections humaines par les EHEC ont été attribuées pour les différents sérotypes aux différentes sources en utilisant deux modèles de type « comparaison de fréquences » (Anses 2017a). Parmi les principaux sérogroupes, quatre (O157, O26, O91 et O103) ont été principalement attribués aux bovins (61 % - 75 % d'attribution) et le sérotype O146 aux petits ruminants (71 % - 77 %). L'enquête cas témoin réalisée en complément a montré que les facteurs de risque importants étaient la consommation de viande bovine, et de produits de charcuterie sèche pour les autres viandes.

Hoffman *et al.* (2017) ont utilisé la méthode d'élicitation pour estimer la part attribuable des infections à EHEC d'origine alimentaire à six catégories d'aliments (Hoffmann *et al.* 2017). Pour l'Europe (zone occidentale), la viande de bœuf a été estimée être la principale source alimentaire (environ 50 %), les produits laitiers arrivant en deuxième position (environ 15 %). Il est à noter que cette catégorie de produits inclut le lait cru et, que dans l'étude, il n'existe pas de distinction quant à l'origine animale des laits mis en œuvre. L'incertitude de la part relative des différentes catégories d'aliments est très importante.

- *L. monocytogenes*

Moller-Nielsen *et al.* ont appliqué plusieurs modèles d'attribution pour les cas sporadiques de listériose (Nielsen *et al.* 2017). Les modèles, tenant compte de différents niveaux d'analyse génétique des souches (MLST à 7 gènes, cgMLST, wgMLST), ont tendance à placer les bovins comme principale source de listériose humaine (32 % à 64 %). Les ovins représentaient de 5 à 20 % des cas sporadiques. Cela semble être en contradiction avec l'étude de prévalence dans les aliments prêts à être consommés (« ready to eat », RTE) menée au niveau européen (EFSA 2013). La prévalence (présence dans un échantillon de 25 g) était plus élevée chez les poissons RTE (10,3 % dont 1,7 % au-dessus de 100 UFC/g) que dans les viandes RTE (2,07 % dont 0,43 % au-dessus de 100 UFC/g) et les fromages (0,47 % dont 0,06 % au-dessus de 100 UFC/g) à la fin de leur durée de conservation. L'Efsa (EFSA Panel on Biological Hazards *et al.* 2018) dans son dernier avis sur la recherche des causes de l'augmentation des cas de listériose en Europe a estimé le risque pour trois des principales catégories d'aliments RTE. Les viandes représentaient 67 % des cas humains, les produits de

poisson 32 % et les fromages à pâte molle et semi-molle 1 %. Si l'on considère que les viandes RTE provenaient principalement du réservoir porcin et les produits fromagers des réservoirs bovins et ovins, les résultats du modèle d'appréciation des risques de l'Efsa peuvent être considérés comme contradictoires avec ceux de d'attribution de la source basée sur les données génomiques. Une hypothèse importante de l'évaluation quantitative des risques par l'Efsa était que la variabilité de la virulence de la souche était la même quel que soit le type d'aliment, ce qui n'est pas démontré pour *L. monocytogenes*. Cependant, la variabilité de la virulence entre souches est en fait considérable pour *L. monocytogenes*. La probabilité de listériose pour une dose donnée peut être 10.000 fois plus élevée pour les souches les plus virulentes que pour les souches les moins virulentes (Pouillot *et al.* 2015). Une petite modification de la proportion de souches virulentes dans une catégorie d'aliments pourrait donc modifier considérablement la contribution estimée de cet aliment (Fritsch *et al.* 2018).

- *Salmonella*

Pour *Salmonella*, l'attribution de sources est le plus souvent basée sur le sous-typage microbien et sur les méthodes de comparaison de fréquences (Anses 2017a). Dans ce cadre, l'attribution est le plus souvent réalisée en étudiant les réservoirs, sans information sur les véhicules de la contamination. Les attributions des cas sporadiques réalisées selon cette approche donnent souvent une place importante aux réservoirs porcins et aux volailles (Mughini-Gras *et al.* 2014; David *et al.* 2013). En France, les ruminants (bovins et petits ruminants) représentent moins de 10 % de l'attribution des cas sporadiques (David *et al.* 2013).

Récemment, on a assisté à l'émergence des méthodes d'attribution basées sur les données génomiques (Munck, Leekitchaenphon, *et al.* 2020). Ces études d'attribution sont réalisées au niveau d'un sérovar, et concernent essentiellement le sérovar Typhimurium (Merlotti *et al.* 2020; Zhang *et al.* 2019; Munck, Njage, *et al.* 2020). Elles montrent que le réservoir porcin est le plus important et qu'une très faible part serait attribuable aux ruminants (Munck, Njage, *et al.* 2020).

Ces méthodes d'attribution ne permettent pas de préciser l'importance des véhicules de la contamination pour une source donnée. La part relative des fromages et des viandes issues de ruminants ne peut pas être estimée.

- *Campylobacter*

Les *Campylobacter* sont classiquement associés aux réservoirs des volailles. Les études d'attribution basées sur la méthode de comparaison des fréquences comme celles basées sur la génétique des populations ont souvent abouti à la conclusion que le réservoir bovin était moins important que celui des volailles (Anses 2017a). Récemment plusieurs études françaises s'appuyant sur des données de séquençage du génome entier ont remis en cause ce constat (Berthenet *et al.* 2019; Thépault *et al.* 2017; Thépault, Rose, *et al.* 2018). En effet, la prévalence chez les bovins augmente avec l'âge de l'animal et est proche de 100 % chez les bovins adultes (Thépault, Poezevara, *et al.* 2018). Cependant, les méthodes d'attribution utilisées ne permettent pas d'identifier le véhicule de transmission. Le véhicule n'est pas forcément le fromage, les viandes restent également un véhicule putatif. Toutefois, l'absence d'événements épidémiologiques et de mise en évidence des *Campylobacter* dans les produits issus des bovins ne vient pas conforter l'hypothèse de l'importance de ce réservoir dans les cas sporadiques de campylobactériose humaine (Inglis *et al.* 2020).

Les petits ruminants sont également concernés par *Campylobacter* (Christidis *et al.* 2016), mais la part des cas attribuables à ces espèces semble minoritaire (Mullner *et al.* 2009).

- Facteurs de risque identifiés dans les études cas-témoin

Plusieurs études cas-témoin réalisées en France ont montré la contribution des fromages au lait cru aux maladies infectieuses transmises par les aliments. Une enquête réalisée en France en 1997 a montré que la consommation de fromage à pâte molle était significativement associée à une augmentation du risque de listériose (odds-ratio de 2,1) (Goulet 2013).

Des études cas-témoins françaises relatives aux cas sporadiques de salmonellose (Delarocque-Astagneau *et al.* 2000; Delarocque-Astagneau *et al.* 1998) et de SHU chez les enfants (Espie *et al.* 2003) ont été publiées. Aucune des trois études n'a mis en évidence les fromages comme facteur de risque des cas sporadiques de salmonellose ou de SHU chez les enfants.

Les méta-analyses des enquêtes cas-témoins réalisées pour les différents dangers biologiques ont permis de mettre en évidence les produits laitiers pour la transmission alimentaire de plusieurs dangers. La consommation de lait cru ressort comme facteur significatif pour *Campylobacter* (Fravalo *et al.* 2020), *E. coli* EHEC (Augustin, Kooh, Mughini-Gras, *et al.* 2020) et *Cryptosporidium* (Kooh *et al.* 2020). La consommation de fromage (sans précision sur la nature du lait mis en œuvre) est un facteur de risque significatif de listériose (Leclercq *et al.* 2020).

3.3.3. Conclusions et recommandations

- Conclusions

Les fromages et autres produits laitiers au lait cru sont à l'origine de cas sporadiques et d'épidémies.

L'analyse des épidémies a été réalisée à partir de la base de données des TIAC de SpF ainsi que sur le bilan des épidémies par pathogène révélées par les CNR ou par SpF.

L'analyse de la base de données des TIAC montre l'implication des fromages et autres produits laitiers au lait cru, sur la période 2004-2017, dans 34 parmi les 3712 TIAC qui présentaient des informations sur l'aliment à l'origine de l'événement. Toutefois, l'interprétation des données issues de la DO TIAC est difficile en raison de plusieurs limites (part importante des TIAC à agent inconnu ou non confirmé, description non précise des aliments impliqués, absence d'information pour certains pathogènes...) (Anses 2018a).

L'analyse sur la deuxième source de données (données récentes disponibles sur les épidémies pour lesquelles les investigations ont permis d'identifier la source alimentaire) montrent que les fromages au lait cru représentent 34 % des épidémies de salmonellose (n=50), 37 % des épidémies de listériose (n=37), et 60 % des épidémies à *E. coli* EHEC (n=10) en France. Certaines catégories de fromage sont plus souvent impliquées dans ces épidémies. Il s'agit des fromages à pâte molle et des fromages à pâte pressée non cuite. Toujours sur la base des données des épidémies, les fromages au lait cru fabriqués à base de lait de vache sont plus souvent impliqués que les fromages au lait de chèvre ou au lait de brebis. Cette observation est cohérente avec les plus grands volumes de fromages au lait cru fabriqués à partir de lait de vache. Il est à noter qu'aucune épidémie au cours des 10 dernières années en France n'implique les fromages à pâte persillée.

Cependant, les pourcentages d'implication des fromages dans les épidémies ne peuvent pas être étendus à tous les cas observés d'infections alimentaires (salmonelloses, listérioses, infections à EHEC). En effet, l'importance relative des différentes sources observées pour ces épidémies peut ne pas être représentative de la contribution de ces sources au fardeau global (incluant les cas sporadiques et les épidémies). Les études d'attribution des cas sporadiques

ne permettent pas, à ce jour, de distinguer la contribution des viandes ou des produits laitiers issus d'un même réservoir et d'estimer la part relative des fromages au lait cru pour les différents dangers biologiques transmissibles par les aliments.

Les informations issues des investigations épidémiologiques dans les filières montrent des situations contrastées. Certaines épidémies ont pour origine un défaut de maîtrise d'hygiène à la ferme ou dans l'atelier de fabrication. Pour d'autres épidémies, les facteurs causaux n'ont pas été identifiés : cela montre que, même quand les bonnes pratiques d'hygiène et les mesures de maîtrise semblent être respectées par les opérateurs de la filière, le risque n'est pas nul.

Compte-tenu de l'incertitude, Il n'est pas possible à ce jour d'attribuer à partir des données épidémiologiques la part des fromages au lait cru dans le fardeau sanitaire et d'apporter des précisions à l'estimation basée sur les dires d'expert (Anses 2014a; Augustin, Kooh, Bayeux, *et al.* 2020).

- Recommandations

Les méthodes conventionnelles de typage des bactéries pathogènes d'origine alimentaire sont remplacées par le séquençage du génome entier (WGS). Il est aujourd'hui démontré que l'analyse génomique (méthodes cgMLST et SNP) des souches humaines et alimentaires offre une résolution sans précédent. Ces méthodes permettent de relier les sources et les cas de façon plus précise que les approches épidémiologiques classiques. Des démonstrations de la plus-value de la génomique ont été publiées pour *Salmonella* (Sanaa *et al.* 2019), *E. coli* EHEC (Nouws *et al.* 2020; Anses 2020c) et *Listeria monocytogenes* (Nielsen *et al.* 2017; Sanaa *et al.* 2019).

Ces méthodes WGS offrent de fortes perspectives de détection précoce des épidémies, sous réserve de centralisation et de partage des données. Le GT FALC recommande fortement la constitution et le partage d'une base de données contenant des isolats de la filière (de l'élevage à la fabrication) pour interpréter les relations entre ces isolats et les souches humaines sporadiques et épidémiques.

Les études d'attribution devraient être conduites selon les recommandations de l'Anses afin de mieux mesurer l'impact des fromages et des produits laitiers, notamment ceux au lait cru, sur la santé publique. Les recommandations concernant les données et les méthodes les plus appropriées pour les différents pathogènes figurent dans les avis de l'Anses sur l'attribution des sources (Anses 2017a, 2018a).

3.4. Hiérarchisation des couples selon la démarche ascendante d'évaluation des risques

Le troisième aspect utilisé pour réaliser l'action 1 s'appuie sur la démarche ascendante d'évaluation des risques établie par le GT « Priorisation des risques liés aux aliments » (Pralim) et récemment publiée par l'Anses (Anses 2020a). Cette approche consiste d'abord à définir les couples danger/aliment pertinents à inclure dans la hiérarchie. Elle vise ensuite à collecter des valeurs quantitatives sur les dangers, telles que leur prévalence et leur potentiel d'évolution de la production jusqu'à la consommation, ainsi que des valeurs relatives à la consommation des aliments. Ces critères sont combinés afin d'estimer le nombre de cas humains associés à chaque couple danger/aliment. Enfin, les couples sont classés en fonction du nombre de cas et de deux critères caractérisant la sévérité des pathologies associées aux dangers (YLL et YLD) par une méthode d'aide à la décision multicritères.

3.4.1. Détermination des couples « danger / fromage et autre produit laitier au lait cru » pertinents

Dans la démarche retenue par le GT Pralim (Anses 2020a), trois catégories de couples danger/aliment ont été définis : les couples « exclus », les couples « potentiels » et les couples « pertinents ».

Les couples « exclus » concernent les aliments qui ne proviennent pas des réservoirs du danger biologique considéré, les aliments sans possibilité de contamination secondaire avant la remise au consommateur, ou les aliments subissant une étape assainissante. Le rapport du GT Pralim publié en 2020 (Anses, 2020) a permis d'identifier les couples « exclus » sur la base des connaissances actuelles sur les dangers et les aliments.

Les couples « potentiels » peuvent être à l'origine de cas de maladies du fait de la présence du danger dans l'aliment considéré.

Les couples « pertinents » sont ceux qui seront retenus pour la hiérarchisation.

Le GT FALC s'est appuyé sur la liste des couples « danger/fromage ou autre produit laitier » définis dans le GT Pralim. Toutefois, dans le cadre de la présente expertise, la définition des classes de fromage est plus détaillée, les arguments permettant de distinguer les couples « potentiels » et « pertinents » ont été revus au sein du GT au regard de la nouvelle définition des classes de fromages.

Les critères permettant de définir les couples comme « pertinents » s'appuient sur (i) des données récentes concernant les épidémies à l'échelle européenne, (ii) des données issues des rapports zoonoses de l'Efsa et du bilan des TIAC en France (2006-2015), (iii) des données relatives aux épidémies survenues à l'extérieur de l'Europe, (iv) des arguments fondés sur des travaux relatifs à l'attribution des sources et (v) la réglementation sur les critères microbiologiques de sécurité.

Le croisement entre les dix catégories de produits laitiers au lait cru (Tableau 1) et les seize dangers retenus par le GT Pralim (neuf dangers bactériens, quatre virus, deux parasites et l'histamine) ont permis de définir le caractère « potentiel » ou « pertinent » de chaque couple.

La liste des couples « danger biologique / fromage ou produit laitier au lait cru » potentiels (score 1) et pertinents (score 2) est présentée dans le Tableau 7. L'Annexe 4 fournit les éléments de justification de ces choix.

Le choix s'appuie majoritairement sur l'existence de critères microbiologiques de sécurité et de données épidémiologiques (c'est-à-dire l'existence d'épidémies régulièrement observées pour un danger dans une catégorie de produit, par exemple pour les EHEC et les fromages à pâte molle et croûte fleurie). La liste des couples reflète la situation épidémiologique actuelle. L'émergence de nouveaux dangers pour les fromages et produits au lait cru pourrait amener à faire évoluer cette liste. Les épidémies unitaires récemment observées en France avec *Cryptosporidium* dans les fromages frais ou le virus de l'encéphalite à tiques dans du fromage de chèvre ne justifient pas pour le moment leur classement en couples « pertinents », mais toute nouvelle épidémie impliquant ces produits pourrait conduire à les reconsidérer comme « pertinents ». Le caractère « potentiel » du virus de l'hépatite A, des norovirus et des rotavirus repose sur leur absence dans les réservoirs animaux. Le caractère « potentiel » des couples concernant *Mycobacterium* et *Brucella* repose sur le statut sanitaire des troupeaux en France. Une augmentation de la prévalence dans les troupeaux laitiers et la perte du statut indemne conduiraient également à revoir le caractère « potentiel » de ces couples. Enfin, le classement s'appuie sur la connaissance de l'impact des technologies fromagères sur les pathogènes. Les connaissances disponibles concernant l'impact des pratiques de fabrication des fromages

à pâte pressée cuite (PPC) et pressée demi-cuite (PPDC) ont conduit à ne pas retenir comme pertinents la plupart des couples incluant ces fromages. Toutefois, une incertitude importante sur l'impact de ces technologies sur le devenir des pathogènes doit être notée (absence de publications récentes).

Au total, l'analyse a permis d'identifier 34 couples danger/produit au lait cru « pertinents » (notés 2 dans le Tableau 7). En considérant les différents laits (vache, brebis ou chèvre) utilisés pour la fabrication de certaines pâtes fromagères (cf. 3.3.1), la hiérarchie a porté sur 46 couples.

Tableau 7 : Association entre les dangers microbiologiques et les 10 produits laitiers au lait cru

Catégories	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Brucella</i> spp.	<i>Campylobacter</i> spp.	<i>E.coli</i> EHEC	<i>L.monocytogenes</i>	<i>Mycobacterium bovis</i>	<i>Salmonella enterica</i> subsp. enterica autres serovars	<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. aureus	<i>Yersinia</i> entéropathogènes	Virud de l'hepatitis A	Rotavirus	Norovirus	Virus de l'encéphalite à tiques (TBEV)	<i>Cryptosporidium</i> spp.	<i>Toxoplasma</i>	Histamine
Crème (C)	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Beurre (B)	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Fromage à pâte lactique fraîche (PLF)	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Fromages à pâte molle et croûte lavée (PMCL)	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Fromages à pâte molle et croûte fleurie (PMCF)	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Fromages à pâte persillée (PPS)	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Fromages à pâte pressée non-cuite à affinage court (PPNCC)	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Fromages à pâte pressée non-cuite à affinage long (PPNCL)	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2
Fromages à pâte pressée demi-cuite (PPDC)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Fromages à pâte pressée cuite (PPC)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

Un score de 1 indique un couple « potentiel » ; un score de 2 indique un couple « pertinent » pris en compte dans la hiérarchisation.

3.4.2. Renseignement des critères

Pour chaque couple danger/produit laitier au lait cru « pertinent », des scénarios « à risque élevé » ont été définis. Ils correspondent aux situations (productions, pratiques à risque, populations sensibles) qui génèrent l'essentiel du fardeau sanitaire pour chacun des couples. Pour chaque couple, la probabilité de la situation à risque est estimée (P_c5 , les différentes probabilités qui la compose sont détaillées en Annexe 5).

La matrice de performance, qui répertorie les contaminations des fromages et produits laitiers au lait cru mis sur le marché puis qui intègre les facteurs influençant l'exposition des consommateurs, a été renseignée. Elle intègre pour l'établissement de scénario à risque élevé les critères suivants :

- la concentration et la prévalence des dangers dans les fromages et autres produits laitiers au lait cru au stade de la distribution (critères P_c1 et P_c2),

- le potentiel d'évolution de la concentration du danger pendant le stockage des produits (P_{c3}),
- l'impact de la préparation finale de l'aliment sur la concentration du danger (P_{c4}),
- la taille moyenne des portions consommées et le nombre annuel de portions consommées (P_{c6}),
- la dose morbide 50 ou Dm₅₀ (P_{c7}).

Le Tableau 8 recense l'ensemble des valeurs prises pour les différents critères (cf. Annexe 6 pour la bibliographie justifiant les valeurs retenues pour les critères). Les paramètres relatifs à la contamination des aliments (concentration et prévalence) ont été renseignés en priorité à partir des résultats des plans de surveillance et des plans de contrôle nationaux et européens réalisés pour les différentes catégories de fromages et de produits laitiers. En l'absence de ces données, les données de la littérature scientifique ont été utilisées.

Les publications scientifiques et techniques rapportant des résultats de tests de croissance et des résultats de modélisation de la croissance microbienne rapportés dans des appréciations quantitatives des risques ont été utilisées pour renseigner les critères relatifs au potentiel d'évolution des dangers pendant leur conservation. La préparation finale est considérée comme n'ayant pas d'impact pour les couples étudiés car les fromages et produits laitiers sont principalement des produits prêts à consommer. Les données relatives aux pratiques (probabilité d'occurrence du scénario à risque élevé relativement au respect des températures et des durées de vie pour les couples concernant *L. monocytogenes*) sont issues d'enquêtes de consommation. Enfin, le nombre de portions consommées a été estimé à partir des données de production recensées dans le Tableau 1 et de la taille moyenne des portions. Le GT FALC a retenu une fourchette de valeurs pour certains critères quand l'incertitude était forte pour le critère à renseigner. Afin de prendre en compte cette incertitude sur les valeurs, le processus de hiérarchisation utilisant la méthode ELECTRE III a été répété 500 fois. A chaque itération, une valeur du critère a été tirée au sort dans les lois de distribution uniforme caractérisant les valeurs incertaines.

Tableau 8 : Matrice de performance pour les critères utilisés pour le calcul d'incidence des 46 couples à hiérarchiser

Macro-critères	Incidence associée au produit laitier au lait cru						
	P _{c1}	P _{c 2}	P _{c3}	P _{c4}	P _{c5}	P _{c6}	P _{c7}
Couple	Dose initiale	Prévalence	Potentiel d'évolution	impact préparation finale	Proba scénario à risque élevé	Nb annuel portions log10	Dm50
Unité	Log ₁₀ ufc/portion	/	Log ₁₀	Log ₁₀	/	/	Log ₁₀ ufc
EHEC/Beurre	-0,30	0,003	0	0	0,0001-0,01	9,3	3,5
EHEC/Crème	0,54	0,003	1	0	0,0001-0,01	7,9	3,5
EHEC/PLF	0,87	0,003	-2	0	0,0001-0,01	8,0	3,5
EHEC/PMCFb	0,87	0,003	0	0	0,1	8,5	3,5
EHEC/PMCFc	0,87	0,003	0	0	0,1	8,4	3,5
EHEC/PPNCCb	0,54-2,04	0,003	0	0	0,1	9,0	3,5
EHEC/PPNCCo	0,54-2,04	0,003	0	0	0,1	7,8	3,5
EHEC/PPNCL	0,54	0,003	-2	0	0,1	8,2	3,5
EHEC/PPSb	1,24	0,003	0	0	0,1	7,5	3,5
EHEC/PPSo	1,24	0,003	0	0	0,1	7,7	3,5
Histamine/PPC	7,00	0,06	0	0	0,1	9,2	10,5

Macro-critères	Incidence associée au produit laitier au lait cru						
	P _{c1}	P _{c 2}	P _{c3}	P _{c4} impact préparation finale	P _{c5}	P _{c6}	P _{c7}
Couple	Dose initiale	Prévalence	Potentiel d'évolution		Proba scénario à risque élevé	Nb annuel portions log10	Dm50
Unité	Log ₁₀ ufc/ portion	/	Log ₁₀	Log ₁₀	/	/	Log ₁₀ ufc
Histamine/PPDC	7,00	0,06	0	0	0,1	7,7	10,5
Histamine/PPNCL	7,00	0,06	0	0	0,1	8,3	10,5
LM/Beurre	1,70	0,046-0,187	2	0	0,0000139-0,00139	9,3	11,6
LM/Crème	2,54	0,007-0,083	1	0	0,0224	7,9	11,6
LM/PLF	3,54	0,008	1,5	0	0,0224	8,0	11,6
LM/PMCFb	3,54	0,018	2,5	0	0,0224	8,5	11,6
LM/PMCFc	3,54	0,018	2,5	0	0,0224	8,4	11,6
LM/PMCLb	3,54	0,018	2,5-3,5	0	0,0224	8,3	11,6
LM/PNCCL	2,54	0,031	-2-0	0	0,056	8,2	11,6
LM/PPNCCb	3,54	0,018	-0,5-2,8	0	0,0224	9,0	11,6
LM/PPNCCo	3,54	0,018	-0,5-2,8	0	0,0224	7,8	11,6
LM/PPSb	3,54	0,024	0-2,5	0	0,0224	7,5	11,6
LM/PPSo	3,54	0,024	0	0	0,056	7,7	11,6
<i>S. aureus</i> /Beurre	3,20	0,125	1	0	0,00012-0,0625	9,3	8,9
<i>S. aureus</i> /Crème	3,20	0,025	1	0	0,00012-0,0626	7,9	8,9
<i>S. aureus</i> /PMCFb	3,20	0,023	0	0	0,12-0,625	8,5	8,9
<i>S. aureus</i> /PMCFc	3,20	0,023	0	0	0,12-0,625	8,4	8,9
<i>S. aureus</i> /PMCL	3,20	0,023	0	0	0,12-0,625	8,3	8,9
<i>S. aureus</i> /PPNCCb	3,20	0,023	0	0	0,12-0,625	9,0	8,9
<i>S. aureus</i> /PPNCCo	3,20	0,023	0	0	0,12-0,625	7,8	8,9
<i>S. aureus</i> /PPNCL	3,20	0,002	0	0	0,12-0,625	8,3	8,9
<i>S. aureus</i> /PPSb	3,20	0,023	0	0	0,12-0,625	7,5	8,9
<i>S. aureus</i> /PPSo	3,20	0,023	0	0	0,12-0,625	7,7	8,9
<i>S. aureus</i> /PLF	6,54	0,008	0	0	0,12-0,625	8,0	8,9
<i>Salmonella</i> /Beurre	1,70	0,025	-4-0	0	0,001-0,1	9,3	4,0
<i>Salmonella</i> /Crème	1,70	0,025	-3-1	0	0,001-0,1	7,9	4,0
<i>Salmonella</i> /PLF	0,14	0,009	0	0	1	8,0	4,0
<i>Salmonella</i> /PMCFb	0,14	0,009	0	0	1	8,5	4,0
<i>Salmonella</i> /PMCFc	0,14	0,009	0	0	1	8,4	4,0
<i>Salmonella</i> /PMCLb	0,14	0,009	0	0	1	8,3	4,0
<i>Salmonella</i> /PPNCCb	0,14	0,005	0	0	1	9,0	4,0
<i>Salmonella</i> /PPNCCo	0,14	0,005	0	0	1	7,8	4,0
<i>Salmonella</i> /PPNCL	0,14	0,006	0	-3--1	1	8,3	4,0
<i>Salmonella</i> /PPSb	0,14	0,009	0	-2-0	1	7,5	4,0
<i>Salmonella</i> /PPSo	0,14	0,009	0	-2-0	1	7,7	4,0

En plus des critères d'appréciation de l'incidence des maladies pour les différents couples, la démarche de hiérarchisation intègre deux critères sur la sévérité des maladies associées à chacun des cinq dangers considérés. Le premier critère correspond aux années de vie perdues par cas humain (« Years of Life Lost » - YLL). Le second critère quantifie la sévérité par les années d'incapacité (« Years Lost due to Disability » - YLD). Le Tableau 9 présente les valeurs utilisées.

Tableau 9 : Valeurs de la sévérité des dangers (D'après (Anses 2020a))

Danger	YLL/1000 cas	YLD/1000 cas
	Années	Années
EHEC	2700	1000
<i>L. monocytogenes</i>	3300	400
<i>Salmonella</i>	15	4
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	3
Histamine	0	3

YLL : Years of Life Lost ; YLD : Years Lost due to Disability.

Enfin, l'incertitude a été qualifiée selon la méthode définie dans le rapport du GT Pralim (Anses 2020). Le niveau de confiance pour chaque critère est qualifié en fonction de la nature de l'information scientifique disponible. Le niveau de confiance global pour le couple est défini sur la base des niveaux de confiance partiels attribués à chaque critère (Tableau 10). L'estimation d'un score de confiance global pour les dangers, les couples aliment/danger a été défini en fonction du nombre de « scores de confiance égaux à 1 » donné aux différents critères. Ce score est donné quand il existe un doute sur la robustesse et la viabilité des données disponibles pour renseigner les critères. Si aucun critère n'a reçu un score de confiance de 1 alors le niveau agrégé de confiance est « Fort » (A). Si le nombre de « scores de confiance égaux à 1 », est égal à 1 ou à 2, alors le niveau agrégé de confiance est « Moyen » (B). Enfin, si le nombre de « scores de confiance égaux à 1 » est égal ou supérieur à 3, alors le niveau agrégé de confiance est « Faible » (C).

Sept couples présentent des niveaux globaux de confiance faibles. Ils concernent les trois couples constitués incluant l'histamine et ceux (quatre) constitués des EHEC et *Salmonella* dans le beurre et la crème. Pour les autres couples, 24 couples ont des niveaux globaux de confiance forts et 15 couples des niveaux globaux de confiance moyens.

Tableau 10 : Niveau de confiance partiel par critère et global pour les couples « danger/produit laitier au lait cru » pris en exemple

Couple	Dose initiale	Prévalence	Potentiel d'évolution	Impact de la préparation finale	Prob. du scénario à risque élevé	YLL/ 1000 cas	YLD/ 1000 cas	log ₁₀ du nb annuel de portions consommées	Niveau de confiance global
EHEC/Beurre	1	1	1	3	2	3	3	2	Faible (C)
EHEC/Crème	1	1	1	3	2	3	3	2	Faible (C)
EHEC/PLF	1	2	1	3	2	3	3	2	Moyen (B)
EHEC/PMCFb	2	3	3	3	2	3	3	2	Fort (A)
EHEC/PMCFc	2	3	3	3	2	3	3	2	Fort (A)
EHEC/PPNCCb	2	3	3	3	2	3	3	2	Fort (A)
EHEC/PPNCCo	2	3	2	3	2	3	3	2	Fort (A)
EHEC/PPNCL	1	2	2	3	2	3	3	2	Moyen (B)

Couple	Dose initiale	Prévalence	Potentiel d'évolution	Impact de la préparation finale	Prob. du scénario à risque élevé	YLL/ 1000 cas	YLD/ 1000 cas	log ₁₀ du nb annuel de portions consommées	Niveau de confiance global
EHEC/PPSb	2	2	2	3	2	3	3	2	Fort (A)
EHEC/PPSo	3	3	3	3	2	3	3	2	Fort (A)
Histamine/PPC	1	1	1	3	2	1	1	2	Faible (C)
Histamine/PPDC	1	1	1	3	2	1	1	2	Faible (C)
Histamine/PPNCL	1	1	1	3	2	1	1	2	Faible (C)
LM/Beurre	1	2	1	3	1	3	3	2	Moyen (B)
LM/Crème	2	2	1	3	1	3	3	2	Moyen (B)
LM/PLF	2	2	2	3	3	3	3	2	Fort (A)
LM/PMCFb	3	3	3	3	3	3	3	2	Fort (A)
LM/PMCFc	3	3	3	3	3	3	3	2	Fort (A)
LM/PMCLb	3	3	2	3	3	3	3	2	Fort (A)
LM/PPNCCl	3	3	3	3	3	3	3	2	Fort (A)
LM/PPNCCb	3	3	1	3	3	3	3	2	Moyen (B)
LM/PPNCCo	2	2	3	3	3	3	3	2	Fort (A)
LM/PPSb	2	2	1	3	3	3	3	2	Moyen (B)
LM/PPSo	2	2	3	3	3	3	3	2	Fort (A)
<i>S. aureus</i> /Beurre	3	2	2	3	1	2	2	2	Moyen (B)
<i>S. aureus</i> /Crème	2	2	2	3	1	2	2	2	Moyen (B)
<i>S. aureus</i> /PMCFb	3	2	3	3	2	2	2	2	Fort (A)
<i>S. aureus</i> /PMCFc	3	2	3	3	2	2	2	2	Fort (A)
<i>S. aureus</i> /PMCL	3	2	3	3	2	2	2	2	Fort (A)
<i>S. aureus</i> /PPNCCb	2	2	3	3	2	2	2	2	Fort (A)
<i>S. aureus</i> /PPNCCo	2	2	3	3	2	2	2	2	Fort (A)
<i>S. aureus</i> /PPNCL	2	2	3	3	2	2	2	2	Fort (A)
<i>S. aureus</i> /PPSb	2	1	2	3	2	2	2	2	Moyen (B)
<i>S. aureus</i> /PPSo	2	1	2	3	2	2	2	2	Moyen (B)
<i>S. aureus</i> /PLF	1	1	2	3	2	2	2	2	Moyen (B)
<i>Salmonella</i> /Beurre	1	1	1	3	1	3	3	2	Faible (C)
<i>Salmonella</i> /Crème	1	1	1	3	1	3	3	2	Faible (C)
<i>Salmonella</i> /PLF	2	2	1	3	2	3	3	2	Moyen (B)
<i>Salmonella</i> /PMCFb	3	3	3	3	3	3	3	2	Fort (A)
<i>Salmonella</i> /PMCFc	3	3	3	3	3	3	3	2	Fort (A)
<i>Salmonella</i> /PMCLb	2	3	2	3	3	3	3	2	Fort (A)
<i>Salmonella</i> /PPNCCb	2	3	3	3	3	3	3	2	Fort (A)
<i>Salmonella</i> /PPNCCo	2	3	2	3	3	3	3	2	Fort (A)
<i>Salmonella</i> /PPNCL	2	3	1	3	3	3	3	2	Moyen (B)
<i>Salmonella</i> /PPSb	2	3	1	3	3	3	3	2	Moyen (B)
<i>Salmonella</i> /PPSo	2	3	1	3	3	3	3	2	Moyen (B)

Niveau de confiance partiel 1 : faible ; 2 : moyen ; 3 : fort

3.4.3. Résultats de la hiérarchisation

La hiérarchisation multicritères a été appliquée pour plusieurs poids accordés aux critères. Trois jeux de poids reposant sur les trois paramètres (l'incidence, les années de vies perdues [YLL] et les années d'incapacités [YLD]) ont été retenus ; ce sont les mêmes que ceux définis par élicitation d'experts dans le rapport du GT Pralim qui présente la méthode de hiérarchisation (à savoir : jeu de poids « A », 1/1/1 ; jeu de poids « B », 14/41/41 ; jeu de poids « C », 25/50/25) (Anses, 2020). La Figure 4 présente la hiérarchie pour le jeu de poids C.

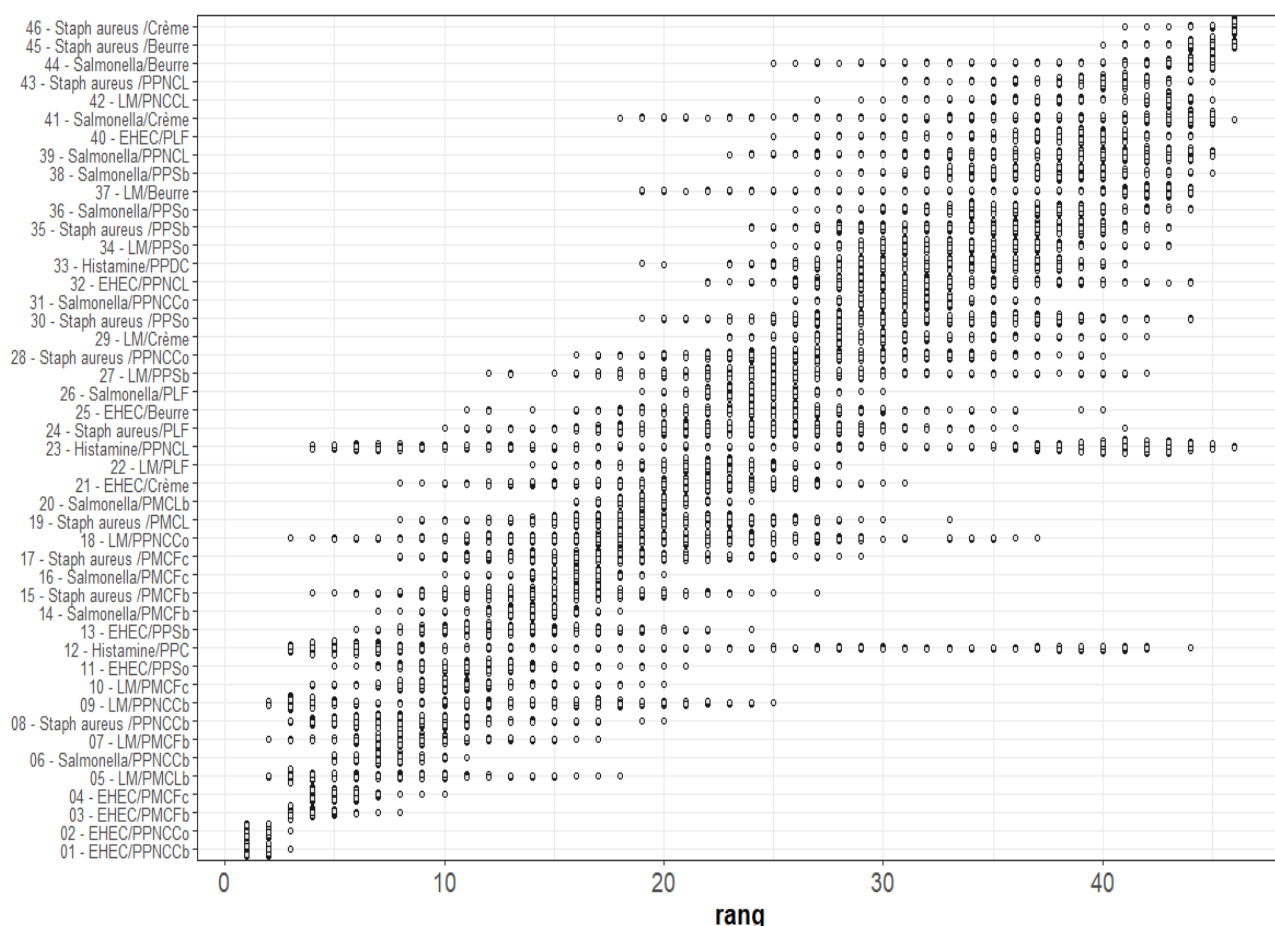


Figure 4 : Hiérarchisation des 46 couples danger / produit laitier au lait cru pour le jeu de poids C (incidence de la maladie 25 / YLL 50 / YLD 25) pour 500 simulations dans le domaine de l'incertitude. La moyenne des rangs a été utilisée pour classer les couples (de 1 à 46, les couples classés les premiers sont en bas de l'axe des ordonnées).

Les couples concernant les EHEC dans les PPNC aux laits de bovin et d'ovin ressortent comme les couples les plus à risque. L'incertitude est faible pour ces deux couples, le plus bas classement de ces deux couples est le 3^{ème} rang. Les couples concernant les EHEC dans les PMCF aux laits de bovin et d'ovin arrivent juste derrière dans cette hiérarchie. Là encore, l'incertitude sur les rangs de ces couples est faible comparée à celle des autres couples de plus bas classement. *Salmonella* dans les PPNC au lait de bovin arrive en 6^{ème} position avec également une faible incertitude. Les autres couples retrouvés dans les quinze premiers rangs présentent un plus grand degré d'incertitude.

La hiérarchisation fait apparaître neuf couples qui concernent les PPNC et les PMCF parmi les dix premiers couples et 16 couples parmi les 20 premiers. De manière générale, le beurre et la crème se retrouvent dans la deuxième moitié de la hiérarchisation.

La Figure 5 montre l'impact du jeu de poids. Par rapport au jeu de poids A qui donne une importance égale aux trois critères (incidence, YLL et YLD), l'utilisation du jeu de poids B (qui donne une importance relative plus forte aux deux critères liés à la sévérité de la maladie) modifie le classement de certains couples. Il fait reculer de quelques places les couples concernant *S. aureus*. Le corolaire est que les couples impliquant *L. monocytogenes* et dans une moindre mesure EHEC et *Salmonella* progressent dans la hiérarchie. L'utilisation du jeu de poids C (donnant plus de poids au critère de sévérité de la maladie qu'est la létalité) présente une hiérarchie très similaire à celle obtenue avec le jeu de poids B.

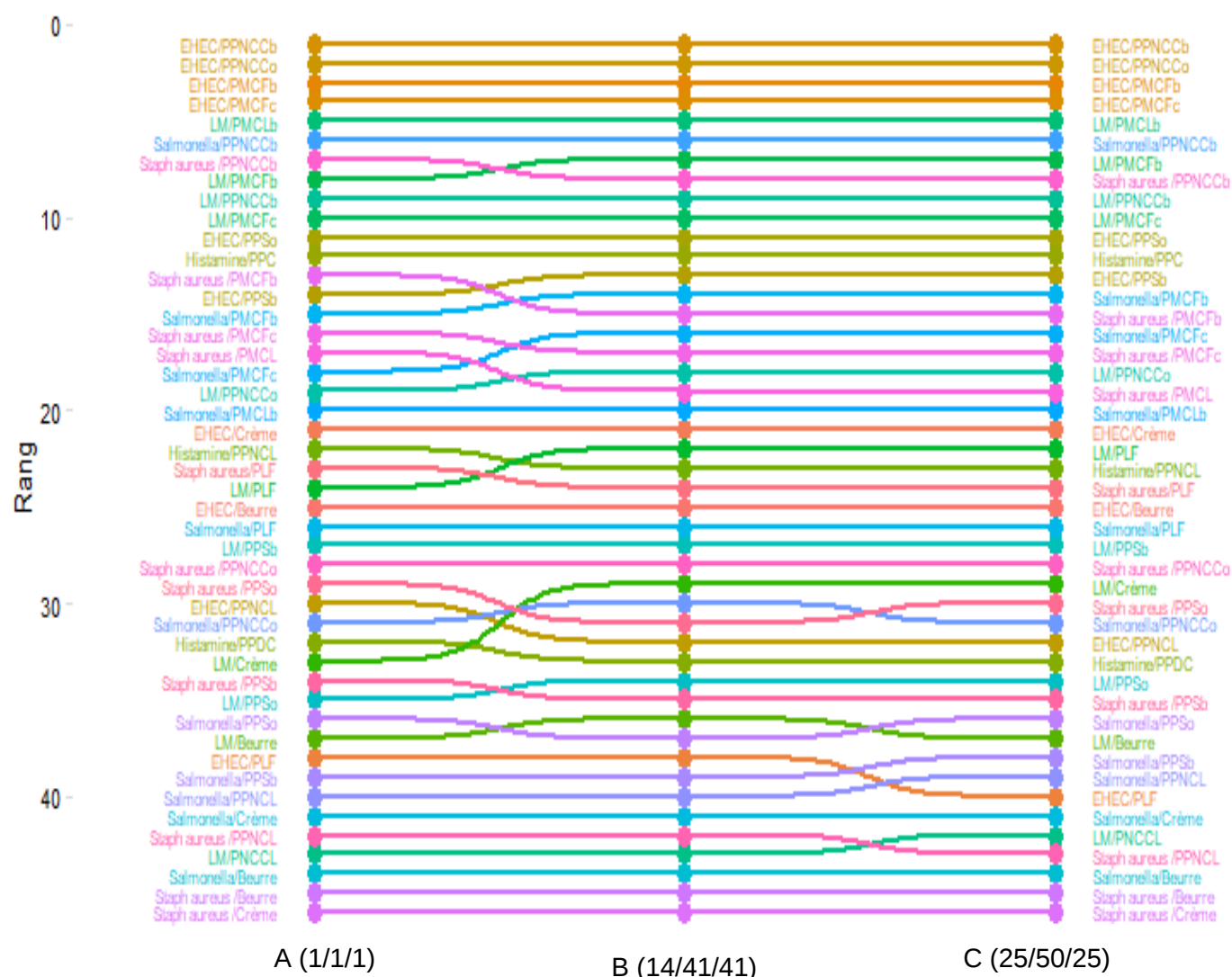


Figure 5 : Impact de trois jeux de poids sur les rangs moyens pour les 46 couples (NB dans cette représentation les couples les plus importants sont dans la partie supérieure du graphique).

3.4.4. Conclusions et recommandations

En utilisant les critères définis par le GT Pralim (Anses, 2020a), 46 couples danger/aliment ont été retenus (classés comme pertinents) pour les fromages et autres produits laitiers au lait cru. Ils concernent cinq dangers (EHEC, *Salmonella*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* et l'histamine). Les autres dangers restent cependant des dangers potentiels pour ces catégories de produits. Ce classement des couples entre « potentiel » et « pertinent » reflète les situations épidémiologique et réglementaire actuelles. Toute évolution dans le nombre d'épidémies impliquant des produits au lait cru ou tout changement concernant la circulation des dangers

dans les réservoirs animaux devrait amener à revoir cette liste de la catégorisation des couples pertinents.

Une démarche de hiérarchisation multicritères a été appliquée sur les 46 couples pertinents. La hiérarchisation apparaît peu sensible au jeu de poids et montre l'importance des fromages à pâte pressée non cuite à affinage court et des fromages à pâte molle et croûte fleurie. Les EHEC sont associés aux couples avec les premiers rangs dans la hiérarchie. Le degré de confiance sur la hiérarchisation de certains couples est faible. L'incertitude sur le renseignement de certains critères est également large.

Ainsi, le GT FALC recommande de s'intéresser, pour la suite du travail concernant l'appréciation quantitative des risques, aux deux catégories PPNCC et PMCF et aux différents dangers associés à ces matrices (notamment les EHEC).

Le GT FALC souligne l'importance de renforcer les connaissances scientifiques pour l'histamine, et pour certaines catégories de fromages (PPDC) afin d'améliorer la confiance dans les résultats issus de la hiérarchisation.

3.5. Mesures de maîtrise à l'élevage

3.5.1. Introduction

Les agents pathogènes transmis par les fromages et autres produits laitiers au lait cru peuvent provenir des exploitations agricoles. De ce fait, la lutte contre ces agents pathogènes chez les ruminants producteurs de lait au sein des exploitations est un élément essentiel pour la prévention de la contamination des laits.

Les mesures applicables dans les élevages peuvent être regroupées en différentes catégories. Dans un rapport récent, la FAO et l'OMS (FAO/WHO 2016) ont proposé un regroupement des interventions en cinq catégories : (i) utilisation non thérapeutique des antimicrobiens, (ii) biosécurité, (iii) gestion des aliments pour animaux et additifs alimentaires, (iv) manipulation des microbiotes et (v) vaccination.

L'Efsa, dans son avis publié sur le risque microbiologique associé à la consommation de lait cru (EFSA Panel on Biological Hazards 2015), a proposé un schéma des sources potentielles de contamination des exploitations par les dangers microbiologiques. Elle a ensuite proposé six catégories de mesures de maîtrise associées à ces sources de contamination : (i) la prévention ou l'éradication des maladies infectieuses systémiques, (ii) la lutte contre les mammites, (iii) la réduction de l'excrétion des agents pathogènes, (iv) l'hygiène des bâtiments agricoles, (v) l'hygiène de la traite, (vi) l'hygiène des machines à traire.

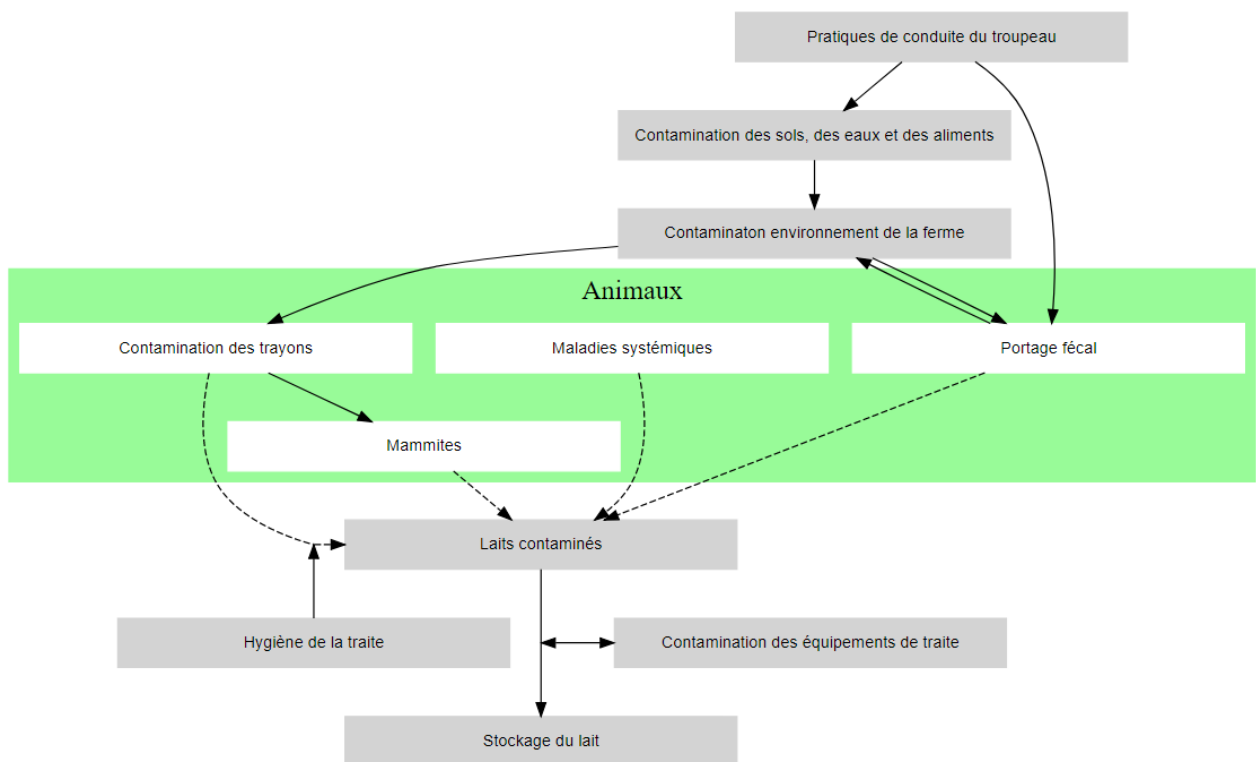


Figure 6 : Sources potentielles de contamination à la ferme par les dangers microbiologiques associés à la production de lait cru. D'après (EFSA Panel on Biological Hazards 2015).

Le GT FALC s'est directement inspiré de cette représentation (Figure 6) pour proposer le schéma conceptuel présenté dans la Figure 7. Il présente l'avantage de décrire les interactions entre les animaux, les effluents, l'eau et l'alimentation et de mieux distinguer les différents compartiments d'intérêt à la ferme qu'il convient de considérer, parmi ces quatre catégories.

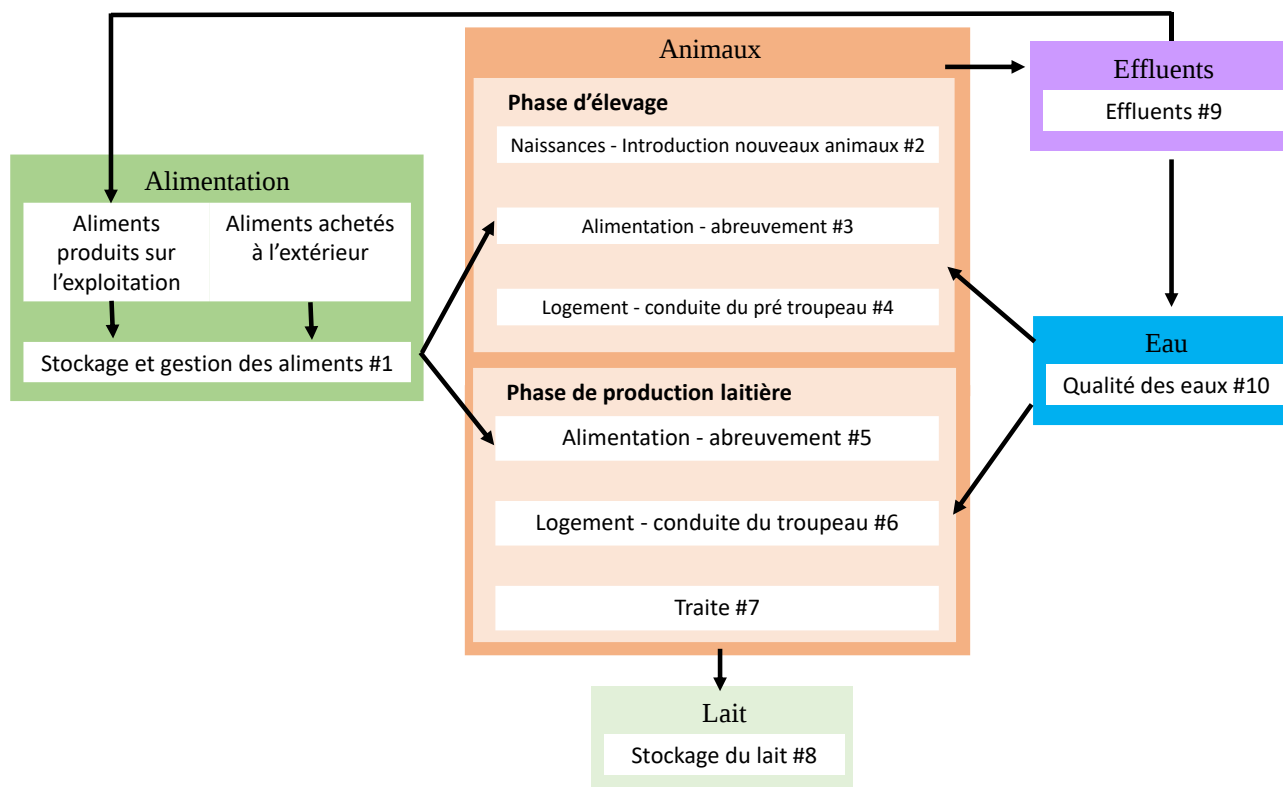


Figure 7 : Schéma retenu par le GT FALC pour identifier les sources potentielles de contamination à la ferme et les mesures de maîtrise des dangers microbiologiques associées à la production de lait cru

A partir de ce schéma, le GT FALC a identifié dans la littérature scientifique les mesures de maîtrise pour dix compartiments (#1 à #10) pour 4 pathogènes pertinents retenus dans la hiérarchie (*S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* et les EHEC). Le danger histamine n'est pas abordé car les informations sur le rôle des conditions d'élevage sur les flores histaminogènes n'est que très peu documenté dans la littérature. Pour chaque mesure de maîtrise, la finalité de la mesure et son efficacité ont été décrites. Trois catégories de finalités ont été proposées pour les mesures de maîtrise : limiter l'introduction du danger, réduire la contamination du lait, limiter la circulation et la persistance du danger.

3.5.2. Synthèse des mesures de maîtrise par pathogène

- *Staphylococcus aureus*

Le Tableau A6.1 de l'Annexe 6 recense les mesures de maîtrise identifiées dans la littérature pour *S. aureus* pour chaque compartiment. Cette analyse de la littérature a permis de proposer la synthèse des mesures les plus importantes

La peau et les muqueuses des animaux constituent l'habitat de *S. aureus*. Chez les ruminants, les narines et les trayons sont des réservoirs de ces bactéries (Graveland *et al.* 2010; Rainard *et al.* 2018). C'est une bactérie qui survit dans les litières et sur les équipements de traite. Une bonne hygiène des locaux est associée à des prévalences plus faibles (Graveland *et al.* 2010). La lutte contre les mouches est également importante (Anderson *et al.* 2012). La transmission entre animaux intervient essentiellement lors de la traite par les gobelets des machines à traire, par les mains des trayeurs et les lingettes de nettoyage des trayons. Après pénétration dans le trayon, *S. aureus* envahit les canaux galactophores. *S. aureus* est un des principaux agents étiologiques des mammites chez les ruminants (Barkema *et al.* 2009). Il est à l'origine de 13% des mammites chez les vaches en France (Bidaud *et al.* 2010). C'est le deuxième agent

étiologique (derrière les staphylocoques à coagulase négative) des mammites chez les petits ruminants (Ramond 2015).

Selon la gravité de l'inflammation, la mammite peut être classée en deux types : mammites cliniques ou subcliniques.

L'examen de la mamelle et du lait permet le dépistage des mammites cliniques. L'examen de la mamelle peut se faire à chaque traite mais il est également important d'effectuer celui-ci pendant le tarissement, ou juste après le vêlage. L'examen de la sécrétion lactée (changement d'aspect du lait, tests colorimétriques ou enzymatiques) est également une mesure de maîtrise importante pour la détection des mammites cliniques (Angoujard 2015). Enfin, l'examen clinique général de l'animal peut permettre de détecter une mammite clinique, ou de préciser le diagnostic et d'envisager un pronostic (Bosquet *et al.* 2013). Une température corporelle élevée, un état de déshydratation ou des signes d'abattement des animaux peuvent être des signes d'alerte. Les examens sont plus difficiles à réaliser dans les élevages disposant de robots de traite. L'existence de mammites cliniques peut également être révélée par la surveillance des concentrations cellulaires somatiques au niveau des animaux et des laits de tank. Le « California Mastitis Test » (CMT, également appelé « Test de Schalm ») donne une indication rapide (test réalisé à la ferme) de niveaux élevés en cellules somatiques.

Les mammites subcliniques ne sont pas détectées par les examens cliniques puisqu'elles n'entraînent pas de modification facilement détectable de la mamelle ou du lait. Ces mammites peuvent entraîner une baisse de production de lait. La détection des mammites subcliniques repose surtout sur la surveillance des concentrations cellulaires somatiques (tests réalisés en laboratoire ou tests CMT rapides à la ferme).

Les mammites à *S. aureus* sont principalement des mammites subcliniques (Angoujard 2015), pour lesquelles les niveaux d'excrétion sont plus faibles (Rainard *et al.* 2018). Dans tous les cas, une détection précoce améliore les chances de guérison par la mise en place d'un traitement adapté.

Le lait des animaux présentant une mammite clinique est écarté et ceux-ci font l'objet d'un traitement par antibiothérapie (Angoujard 2015; Millemann *et al.* 2014; Ramond 2015). Le succès de ces traitements est variable (Peton *et al.* 2014). Les mammites subcliniques ne sont généralement pas traitées au cours de la lactation. Elles font l'objet d'un traitement préventif des mamelles infectées au moment du tarissement (Angoujard 2015; Ramond 2015).

Les souillures présentes sur le pis des animaux sont une autre source de contamination du lait. Les mesures générales d'hygiène concernant le nettoyage des trayons avant la traite et la désinfection après la traite sont de nature à réduire la contamination par *S. aureus*, présent dans ces souillures (Rainard *et al.* 2018).

La vaccination n'est pas encore une mesure prophylactique majeure car la protection qu'elle confère n'a pas été suffisamment étayée (Peton et Le Loir 2014). L'utilisation de probiotiques ou du bactériophage K (lytique pour *S. aureus*) sur les trayons sont des pistes intéressantes mais pour lesquelles il manque des données robustes pour recommander leur utilisation (Peton et Le Loir 2014; Klostermann *et al.* 2008).

- *Salmonella*

Le Tableau A6.2 de l'Annexe 6 recense les mesures de maîtrise identifiées dans la littérature pour *Salmonella enterica subsp. enterica* au niveau des différents compartiments. Les mesures se concentrent principalement sur les bovins.

Les ruminants dans leur ensemble sont un réservoir important de souches de *Salmonella*. Ces salmonelles peuvent provoquer une salmonellose clinique chez les veaux et, dans une moindre mesure, chez les bovins adultes. Tous les groupes d'âge peuvent être des porteurs asymptomatiques avec une prévalence variable selon les groupes d'âge et les lieux (FAO/WHO 2016). Au niveau des animaux, les génisses entre 1 an et le vêlage ainsi que les vaches au moment de la mise-bas constituent un groupe à risque dans une exploitation. La saisonnalité est importante, la phase critique de contamination se situe entre la fin de l'hiver et le début du printemps (Nielsen *et al.* 2004).

Les ruminants peuvent être porteurs d'une large gamme de sérovars. Pour les bovins, les sérovars les plus fréquents sont Dublin et Typhimurium. Pour *S. Dublin*, le niveau d'excrétion est faible et cette excrétion est surtout observée chez les veaux, alors que pour *S. Typhimurium*, l'excrétion est beaucoup plus importante et avec une fréquence beaucoup plus élevée (Kirchner *et al.* 2012).

L'alimentation animale peut être à l'origine de l'introduction de *Salmonella* dans les élevages, en particulier pour le sérovar Mbandaka (Anses 2018b), mais la contamination par *Salmonella* spp. des aliments pour animaux demeure un événement rare (taux de contamination de l'ordre de 1 à 2%) (Anses 2020b). Parmi les mesures disponibles, la gestion de l'alimentation comme moyen d'intervention n'apparaît pas prioritaire pour la lutte contre les salmonelles dans les élevages de bovins (FAO/WHO 2016). Au sein des élevages, on notera l'importance des abreuvoirs comme source de contamination.

Etant donné que les aires de couchage constituent une source de contamination, il faut prévoir une aire de couchage sèche et propre.

Les pratiques de conduite du troupeau au sein de l'exploitation sont très importantes et, en particulier, l'introduction de nouveaux animaux dans l'exploitation ou l'allotement des animaux (FAO/WHO 2016). De nombreuses données et des travaux de modélisation sont disponibles pour mesurer l'influence des pratiques d'introduction des animaux (avec ou sans surveillance), et l'efficacité des programmes de lutte contre *Salmonella* Dublin (Kudirkiene *et al.* 2020).

La contamination du lait cru résulte d'une contamination fécale attribuable à une mauvaise hygiène de la traite plutôt qu'à des infections intra-mammaires à *Salmonella*, qui restent rares (Ruzante *et al.* 2010). Les bonnes pratiques d'hygiène de traite sont donc essentielles à maîtriser.

La vaccination et l'utilisation de probiotiques n'ont pas démontré une efficacité suffisante à l'heure actuelle pour être recommandées comme moyen de lutte (FAO/WHO 2016; Wilhelm *et al.* 2017).

- *Listeria monocytogenes*

Le Tableau A6.3 de l'Annexe 6 recense les mesures de maîtrise identifiées dans la littérature pour *L. monocytogenes* au niveau des différents compartiments. Les mesures se concentrent principalement sur les bovins.

L. monocytogenes est une bactérie ubiquiste présente dans les sols, les fourrages, les ensilages ainsi que dans les effluents (Locatelli *et al.* 2013; Vivant *et al.* 2013; Anses 2020b). Les ruminants sont très souvent porteurs et peuvent, selon les périodes, excréter de grandes quantités de *L. monocytogenes* dans leurs matières fécales (Castro *et al.* 2018; Esteban *et al.* 2009; Schoder *et al.* 2011). L'alimentation est une source importante de contamination par *L. monocytogenes* des animaux (Anses 2020b). En particulier, les ensilages doivent être maîtrisés si on veut réduire la contamination des bovins par voie alimentaire. De bonnes conditions d'anaérobiose et une bonne acidification sont des facteurs essentiels pour avoir

une bonne maîtrise de la qualité des ensilages : ceci permet de diminuer significativement la quantité de *L. monocytogenes* présente dans les ensilages. Un pH inférieur à 4,5 (voire aux alentours de 4) au centre de l'ensilage permet d'obtenir une bonne décroissance de la population de *L. monocytogenes*. Les silos doivent être bien tassés et il faut les protéger contre les animaux nuisibles (rongeurs, oiseaux...). Pour les fourrages enrubbannés stockés en balles plastiques, il faut prévoir plusieurs couches de plastique pour éviter les détériorations provoquées par les oiseaux ou les rongeurs et maintenir des conditions de conservation optimales (Coblentz *et al.* 2018).

Une bonne hygiène de l'exploitation est également essentielle. Cela comprend la propreté des animaux, des bâtiments d'élevage, des parcours extérieurs, de la salle de traite, une bonne ventilation des bâtiments et une bonne gestion des fumiers. Les systèmes d'alimentation (comprenant les crèches d'alimentation) et les abreuvoirs doivent être nettoyés régulièrement et maintenus propres. En ce qui concerne le logement, il est important de mentionner qu'une litière humide et sale crée un environnement favorable à la survie et à la croissance de ces bactéries (Bradley *et al.* 2018). Une litière maintenue sèche, avec un renouvellement fréquent permettra de maintenir les animaux propres, ce qui diminuera d'autant les risques de contamination du lait. La lutte contre les oiseaux et les rongeurs est primordiale. Ces derniers peuvent endommager les protections des aliments stockés, contaminer les aliments pour le bétail (ils peuvent être porteurs), ou disséminer *L. monocytogenes* dans l'environnement des élevages (Schoder *et al.* 2011).

Il est reconnu que la contamination du lait par *L. monocytogenes* résulte principalement de la contamination environnementale et fécale de la surface de la mamelle (Castro *et al.* 2018; Hassan *et al.* 2001), ou peut provenir de la formation d'un biofilm dans le système de traite (Latorre *et al.* 2010; Latorre *et al.* 2009). Dans ce contexte, l'hygiène en salle de traite est l'élément essentiel à maîtriser, en veillant notamment à l'hygiène des trayons (en utilisant pour chaque animal une lingette à usage unique). Le système de traite doit également être correctement nettoyé et désinfecté afin d'éviter la formation de biofilms au sein des appareils (ex : au niveau des coudes, des bras morts...).

Des cas de contamination du lait cru par des mammites cliniques et subcliniques ont été rapportés et celles-ci ne doivent donc pas être négligées (Papić *et al.* 2019). Une bonne surveillance des mammites, tant cliniques que subcliniques (à l'aide des mêmes méthodes évoquées pour *S. aureus*), est donc également importante.

Enfin, la température doit être maîtrisée afin de limiter la croissance de *L. monocytogenes* dans le lait de tank (Albert *et al.* 2005). Selon la réglementation européenne, le lait doit être refroidi à une température inférieure à 6 °C s'il n'est pas collecté tous les jours, ou inférieure à 8 °C s'il est collecté tous les jours.

- EHEC

Le Tableau A6.4 de l'Annexe 6 recense les mesures de maîtrise identifiées dans la littérature pour les *E. coli* pathogènes au niveau des différents compartiments. Les auteurs ne se réfèrent pas tous à la même définition du danger. L'hypothèse retenue est que les mesures de maîtrise décrites dans ce tableau sont valables pour l'ensemble des *E. coli* pathogènes, pris au sens large.

Les EHEC colonisent le tractus digestif des ruminants où ils persistent sans être responsables d'aucune pathologie pour l'animal. Les principaux sérotypes d'EHEC (O157:H7, O26:H11, etc...) possèdent tous à la fois les gènes codant les Shiga-toxines (Stx) et un îlot de pathogénicité (le locus d'effacement des entérocytes ou « LEE »). Ces deux facteurs de

virulence chez l'Homme pourraient aussi jouer un rôle dans la capacité de ces souches à se maintenir dans le tractus digestif de façon asymptomatique chez les ruminants. Les EHEC peuvent coloniser les veaux dès la naissance et faire partie de la flore dite commensale. La contamination de la peau d'un bovin est le reflet de la contamination en élevage. Les prévalences semblent plus importantes pour les vaches laitières en comparaison des autres catégories de bovins. Il est important de mentionner que la persistance de la colonisation chez un animal peut aller jusqu'à 2 ans et que certains animaux, au sein d'une exploitation, peuvent passer par un stade qualifié de super-excrétion, mis en évidence par l'isolement des EHEC en quantités très importantes dans les matières fécales de ces animaux. Il est important d'essayer de repérer ces animaux super-excréteurs mais l'intermittence de l'excrétion des EHEC rend difficile leur identification. Le portage fécal des EHEC par les animaux et l'excrétion fécale sont également saisonniers puisqu'on observe un pic d'excrétion depuis la fin du printemps jusqu'au début de l'automne.

Il semblerait que la majeure partie des contaminations des aliments se produise à la ferme (Hancock et al. 2001) où les souches d'EHEC circulent, via la litière, les animaux d'élevage ou la faune sauvage. Les aliments peuvent être contaminés mais la question de savoir s'ils sont davantage contaminés au point de départ avant leur arrivée à la ferme, ou par l'environnement après leur arrivée à la ferme n'est pas tranchée. Le pâturage, contaminé par les matières fécales des animaux ou par des épandages non maîtrisés est une voie de contamination des animaux (Anses 2020b). En ce qui concerne la nature de la ration, il a été constaté que le fait de passer d'une alimentation riche en céréales à une alimentation composée principalement de fourrages permettait de diminuer l'excrétion fécale d'EHEC. Chez le veau également, une alimentation au moyen de lactoreplaceurs permet de diminuer le pH au niveau de la caillette, ce qui constitue une barrière pour la contamination par les EHEC. Certains essais d'alimentation au moyen de probiotiques ont également été effectués mais les résultats ne sont pas concluants hormis pour la combinaison *Lactobacillus acidophilus* (NP51) / *Propionibacterium freudenreichii* (NP24) qui a permis de réduire la prévalence d'*E. coli* O157 chez des jeunes bovins.

Au sein de l'exploitation, il est recommandé d'être vigilant quant à la contamination des systèmes d'alimentation et des abreuvoirs. En effet, il a été montré que les EHEC pouvaient survivre plusieurs mois dans les sédiments présents dans les conduites d'eau et les abreuvoirs.

De même, en ce qui concerne le logement des animaux, il faut prévoir une aire de couchage propre et sèche. Les EHEC semblent peu associées à des mammites. Cependant, les bonnes conditions d'hygiène lors de la traite sont très importantes pour éviter le transfert de contamination fécale ou la contamination du lait par des EHEC présentes à la surface des trayons.

Enfin, les EHEC peuvent survivre pendant plusieurs semaines dans les effluents d'élevage. Il faut éviter que les eaux d'écoulement provenant du fumier ne viennent en contact avec les aliments et donc prévoir des bonnes conditions de stockage mais aussi d'épandage pour empêcher le transfert vers les hydrosystèmes, conformément à la réglementation en vigueur (à minima les programmes d'action mis en place en zones vulnérables peuvent constituer un guide à préconiser).

3.5.3. Surveillance des mesures de maîtrise

Les étapes clés de la contamination des laits reposent principalement sur l'hygiène au moment de la traite, la détection des mammites et la propreté des locaux. Les trois paragraphes ci-dessous proposent une analyse critique des outils de surveillance appliqués pour ces mesures de maîtrise.

- Hygiène de la traite

La vérification de la bonne application de l'hygiène de la traite repose sur le suivi des indicateurs d'hygiène. Le concept des bactéries indicatrices d'hygiène a évolué au cours des années. En recherchant les bactéries indicatrices de contamination fécale, une preuve indirecte de la présence possible d'agents pathogènes et donc de problèmes de sécurité étaient initialement recherchés. Le suivi de ces indicateurs permet l'identification des fermes présentant des défauts d'hygiène. Il a été montré que leur identification et la non-utilisation des laits pouvait réduire significativement le risque (Perrin *et al.* 2015). Toutefois, de nombreuses études ont montré la difficulté d'établir une corrélation entre la présence d'indicateurs et celles des pathogènes (EFSA Panel on Biological Hazards 2015; De Reu *et al.* 2004). Ceci réduit l'utilité des indicateurs pour évaluer directement la sécurité des produits.

Il est maintenant bien établi que les communautés microbiennes indicatrices apportent la preuve d'une mauvaise hygiène. Leur niveau faible dans le lait donne une certaine assurance que l'hygiène de la traite et les conditions de stockage du lait ont été appliquées de manière appropriée. Il n'y a cependant pas de remise en cause des indicateurs actuels (*E. coli*, flore totale, ...) utilisés pour le paiement du lait en fonction de sa qualité (Metz *et al.* 2020).

Les laits crus sont également porteurs de micro-organismes d'intérêt pour la technologie fromagère (Montel *et al.* 2014). Ces communautés microbiennes du lait cru jouent potentiellement un rôle dans la maîtrise des micro-organismes pathogènes pendant la fabrication (cf. chapitre 8, et par exemple (Frétin *et al.* 2020; Tormo *et al.* 2015)). Des travaux récents (projet RMT FlorAcQ) se sont penchés sur l'opportunité de développer des indicateurs des groupes microbiens d'intérêt s'appuyant sur les bactéries d'affinage, les bactéries lactiques et les levures/moisissures. Des travaux restent à conduire pour vérifier si les pratiques d'hygiène recommandées sont compatibles aussi bien avec la maîtrise des niveaux de bactéries indicatrices d'hygiène qu'avec le maintien des groupes microbiens d'intérêt pour la technologie fromagère.

- Gestion des mammites

Les mammites ou les inflammations de la glande mammaire chez les animaux laitiers ont un impact important sur le quotidien des fermes et entraînent des pertes de lait ou conduisent à l'exclusion prématurée des animaux, ce qui engendre des pertes économiques importantes. Selon la gravité de l'inflammation, la mammite peut être classée en formes cliniques ou subcliniques. Les mesures de maîtrise présentées ci-dessus pour les quatre pathogènes révèlent l'importance de la surveillance des mammites pour *S. aureus*, *L. monocytogenes* et dans une moindre mesure pour *Salmonella* et *E. coli*. Il existe une variété d'outils de diagnostic disponibles pour détecter les propriétés altérées du lait au niveau physique (pH), biochimique et cellulaire. Un effort a été fait ces dernières années pour fournir ces outils dans les exploitations et ainsi accélérer le diagnostic. Des outils de détection ont été intégrés dans les systèmes de traite automatisés et des robots sont capables de fournir des mesures en ligne (Khatun *et al.* 2018). Toutefois, la plupart de ces méthodes ne fournit pas d'informations sur la nature des agents pathogènes, de sorte que les plans de traitement basés sur les antibiotiques

à large spectre n'ont guère changé au cours des dernières années (Angoujard 2015; Ramond 2015).

Le constat reste qu'il est extrêmement difficile d'éliminer les mammites (Angoujard 2015; Ramond 2015). Dans ce contexte, l'existence d'outils de diagnostic précis et rapides pour la surveillance constante et la détection précoce de la mammite, qui pourraient simultanément identifier les agents pathogènes et diriger le traitement, représenterait une grande valeur ajoutée. De nombreuses solutions automatisées sont en cours de développement (Metz, Sheehan et Feng 2020).

- La surveillance de la propreté des locaux

Des méthodes normalisées et quantitatives permettent le suivi objectif de la qualité hygiénique des laits et de la présence de mammites. En revanche, il est plus difficile de juger de l'hygiène générale dans l'environnement des fermes. Ces dernières années, des démarches basées sur la qualification des élevages ont été proposées. Elles définissent les prérequis et les points optionnels à améliorer, lors d'audits réalisés par des techniciens de l'interprofession. Elles sont particulièrement intéressantes car elles proposent une formalisation de l'évaluation de l'application des bonnes pratiques d'hygiène et d'élevage, tout en accompagnant les éleveurs.

3.5.4. Conclusions et recommandations sur les mesures générales d'hygiène

- Conclusions

Les voies de contaminations des animaux et du lait cru par les différentes bactéries pathogènes sont bien documentées. La première barrière contre la contamination du lait est l'hygiène de la traite, visant notamment à limiter la contamination fécale des trayons et du lait. La surveillance et la gestion des mammites correspondent au deuxième élément essentiel de maîtrise. Le suivi des bactéries indicatrices d'hygiène et des cellules somatiques reste à ce jour les meilleurs indicateurs du respect de ces mesures générales d'hygiène.

Les autres barrières consistent à limiter l'introduction et la circulation des bactéries pathogènes dans les élevages (environnement ou portage asymptomatique). La synthèse bibliographique sur les mesures générales d'hygiène applicables dans les exploitations laitières rappelle l'importance de la propreté des animaux et des bâtiments d'élevage (abreuvoirs, zones de stockage des aliments, litières, lutte contre les nuisibles), la bonne conduite du troupeau (gestion des introductions d'animaux dans les élevages, isolement des animaux suspects), l'importance de l'alimentation, ainsi que la gestion des effluents (temps d'attente avant épandage).

Ces mesures de maîtrise sont bien connues des intervenants dans les élevages et se retrouvent dans les guides de bonnes pratiques et autres documents d'information mis à la disposition des éleveurs.

L'analyse bibliographique montre toutefois qu'il est difficile de quantifier l'importance relative de ces bonnes pratiques générales sur la prévalence et les niveaux de contamination des bactéries pathogènes chez les animaux ou dans le lait.

- Recommandations sur les mesures générales d'hygiène

La bonne application des mesures générales d'hygiène nécessite une compétence importante des éleveurs et un accompagnement technique de qualité. La formation de tous les acteurs doit rester une priorité de la filière. Il est également important de pouvoir suivre des indicateurs de la bonne application de ces mesures générales d'hygiène pour les différents compartiments de production (par ex. bâtiment d'élevage, gestion des animaux). Ces indicateurs

s'appuieraient sur des grilles qualifiant le niveau d'hygiène ou l'état de propreté des locaux et des animaux. Le suivi de tels indicateurs est un outil préventif permettant de définir les exigences minimales à respecter et d'identifier une trajectoire d'amélioration de l'hygiène. La surveillance de ces indicateurs ouvre également la voie à la quantification du poids de chaque compartiment sur les paramètres de la qualité du lait cru produit qui entre dans la fabrication des produits au lait cru (prévalence des bactéries pathogènes, niveau de concentration des bactéries indicatrices d'hygiène). Cette évaluation quantitative nécessite tout d'abord de rendre interopérables les données des tableaux de bord de suivi des élevages et celles concernant les indicateurs de la qualité du lait. Cette analyse des données pourrait être conduite au niveau national, ou au niveau d'un bassin laitier régional.

La préservation des écosystèmes microbiens utiles dans les locaux de la ferme est un élément important pour la filière des fromages au lait cru. Il serait utile de poursuivre des recherches dans ce domaine pour construire des indicateurs microbiologiques robustes de ces écosystèmes (l'équivalent des critères d'hygiène). L'analyse des données couplant ces nouveaux indicateurs, les indicateurs de surveillance de l'application des mesures générales d'hygiène, et les critères microbiologiques d'hygiène et de sécurité permettraient de définir les conditions qui garantissent la qualité technologique recherchée tout en assurant la sécurité sanitaire.

3.5.5. Conclusions et recommandations sur les mesures spécifiques d'hygiène

- Conclusion

Les mesures spécifiques d'hygiène explorées couvrent les domaines de la gestion de l'alimentation, la modification du microbiote, l'utilisation de probiotiques, la vaccination et les programmes de lutte contre les bactéries pathogènes endémiques chez les bovins et les petits ruminants. Cependant, la littérature n'a pas permis de mettre en évidence des preuves fortes de l'effet de ces interventions spécifiques sur la maîtrise des pathogènes quand elles sont appliquées dans les exploitations.

Concernant la gestion de l'alimentation (par ex. composition des rations, utilisation d'additifs alimentaires), les preuves de l'efficacité des mesures de maîtrise sont limitées à ce jour. Des essais contrôlés et des études d'observation ont montré que certains composants alimentaires pourraient, dans certains contextes, moduler la prévalence et le niveau d'excrétion fécale de *Salmonella* et des EHEC. Toutefois, le GT FALC recommande d'être très prudent dans l'utilisation de la gestion des aliments comme levier pour la maîtrise des pathogènes, car elle pourrait avoir un impact nul.

La manipulation des microbiotes (au niveau des surfaces des trayons comme au niveau intestinal) par l'utilisation de probiotiques a été abordée dans un petit nombre d'études. Il est difficile de généraliser son efficacité sur la réduction des pathogènes car celle-ci dépend de multiples facteurs, tels que l'âge des animaux, le stade de développement du rumen et le régime alimentaire. Ainsi, la manipulation du microbiote à l'aide de probiotiques n'est pas à ce jour recommandée par le GT FALC comme une mesure de maîtrise des pathogènes chez les bovins adultes à la ferme en raison du peu de preuves disponibles de son efficacité. Des études sont nécessaires pour valider ce type d'approches sur le terrain en prenant en compte la diversité des élevages laitiers.

Les programmes de vaccination des animaux ont ciblé divers antigènes de *Salmonella* ou des EHEC. L'efficacité des vaccins (contre *Salmonella* et les EHEC) dépend de divers facteurs (par ex. le type de vaccin, les sérotypes ciblés, le nombre d'inoculations, l'âge des animaux

au moment de la vaccination, le type de système de production du bétail). Des essais contrôlés ont montré des réductions limitées de la prévalence dans les prélèvements de matières fécales des animaux après la vaccination (pour *Salmonella* et les EHEC). A ce stade, la vaccination contre *S. aureus*, *Salmonella* et EHEC n'est pas recommandée par le GT FALC comme intervention chez les animaux à la ferme en raison de l'insuffisance des études sur l'efficacité des vaccins actuels sur le terrain et de la nécessité de cibler plusieurs sérotypes ou sérovars.

Le quatrième domaine des mesures spécifiques repose sur des programmes de lutte contre les bactéries pathogènes endémiques chez les bovins et les petits ruminants. Ces programmes doivent comprendre une surveillance accrue de tous les troupeaux et des efforts pour réduire la présence des bactéries pathogènes dans l'environnement des troupeaux porteurs/contaminés et leur diffusion à d'autres troupeaux. Sur la base de valeurs seuils (par ex. la sérologie et/ou les résultats bactériologiques), les troupeaux pourraient être classés en différents niveaux : les élevages indemnes, les élevages devant faire l'objet d'un plan de réduction obligatoire et les troupeaux soumis à des restrictions (par ex. de commercialisation d'animaux) afin d'empêcher la diffusion de la bactérie pathogène vers un troupeau non infecté. Ces mesures peuvent s'appliquer au niveau national ou au niveau d'un bassin laitier particulier. Concernant les quatre bactéries pathogènes retenues, seuls des programmes de lutte contre *Salmonella* Dublin et les EHEC pourraient être envisagés.

- Recommandations

A ce stade, *Salmonella* Dublin semble être la bactérie pathogène pour laquelle des mesures spécifiques de lutte (surveillance et contrôle des élevages en vue de leur qualification) pourraient être appliquées (sur la base de l'expérience danoise (Kudirkiene *et al.* 2020). Pour les autres pathogènes, il semble prématuré de recommander l'application de programmes de contrôle, en particulier pour les EHEC impliquant de multiples sources de contamination des animaux.

La définition de mesures spécifiques pertinentes pour les différentes bactéries pathogènes se confronte au manque de connaissances concernant leur écologie au sein des élevages laitiers. Plusieurs programmes de recherche sont en cours en France (pour les EHEC et *Salmonella* Dublin) et devraient permettre de mieux appréhender la diversité et les dynamiques des bactéries pathogènes au sein et entre les élevages. Les données sur la diversité génétique des souches entre les élevages pourraient être intégrées dans les modèles d'appréciation des risques (EFSA Panel on Biological Hazards *et al.* 2019). Cette intégration permettrait d'estimer l'impact de la surveillance génomique des souches isolées au niveau des élevages, du lait de tank et du lait de collecte sur la détection précoce des épidémies.

Le GT FALC recommande également de conduire des études épidémiologiques afin de mieux identifier dans les élevages les facteurs de risques qui favorisent la colonisation des animaux par des bactéries pathogènes, qui déterminent les niveaux de l'excrétion de ces pathogènes chez les animaux et qui déclenchent notamment des périodes de super-excrétion.

Le GT FALC recommande enfin la planification d'une surveillance régulière des bactéries pathogènes dans les laits de ferme (par la conduite de plans de surveillance par les filières concernées et les gestionnaires du risque) afin de disposer d'une image représentative de la diversité des souches bactériennes dans les différents élevages. Ces données pourraient être intégrées aux modèles d'appréciation des risques afin d'estimer l'impact de la mutualisation des données de séquençage de souches au niveau des élevages (par ex. sur la réduction de la fréquence ou de la durée des épidémies). En cohérence avec la recommandation concernant la détection précoce des épidémies, les génomes des isolats devraient être

séquencés et mis à la disposition des scientifiques et des autorités en vue de mener des enquêtes épidémiologiques, en particulier lorsque des épidémies humaines sont identifiées.

3.6. Les mesures de maîtrise au stade de la fabrication

3.6.1. Introduction

Chaque technologie fromagère comprend une succession particulière d'opérations unitaires aux caractéristiques bien spécifiques, ce qui conduit à la grande diversité de fromages, aux formes et aux compositions différentes (Mietton *et al.* 2018). Tous les fromages ont cependant en commun de grandes étapes de fabrication. Lors de l'élaboration des produits laitiers fermentés (fromages, crème ou beurre, etc.) à partir de lait cru (notamment de vache, brebis ou chèvre), la croissance des ferments lactiques réduit les possibilités de multiplication et de survie des micro-organismes pathogènes et d'altération par un phénomène de compétition mais également par la chute de pH engendrée. Certaines bactéries lactiques productrices de bactériocines apportent une barrière supplémentaire à la croissance de micro-organismes indésirables, notamment de *L. monocytogenes*. Plusieurs étapes sont particulièrement importantes dans cette perspective. En début de fabrication, la coagulation du lait et la synérèse du caillé entraînent une concentration des micro-organismes pathogènes dans le caillé, qui peuvent ensuite se développer si le pH ne chute pas assez rapidement. L'étape de salage crée des conditions défavorables à la croissance en abaissant l'activité de l'eau. Lors de l'affinage, les ferments comme les levures et/ou les moisissures contribuent à la remontée du pH, en particulier en surface des fromages à pâte molle, mais peuvent également produire des métabolites antibactériens. Les populations de bactéries pathogènes peuvent alors augmenter, rester stable ou diminuer en fonction du pH (qui remonte plus ou moins), de l'activité de l'eau, de la température, de la compétition par le microbiote et de la durée de l'affinage (Verraes *et al.*, 2015). En outre, une post-contamination, en particulier par *L. monocytogenes*, peut se produire lors de l'affinage. En particulier les saumures utilisées pour le salage des fromages peuvent être la source de contamination. Par exemple il a été rapporté que, même si la population a tendance à diminuer avec la durée, *L. monocytogenes* peut survivre dans des saumures jusqu'à 45 jours. Par ailleurs, les micro-organismes pathogènes se comportent différemment au cœur ou à la surface du fromage du fait de variations des conditions physico-chimiques et de la diversité des microbiotes (Larson *et al.* 1999; Schirmer *et al.* 2014).

3.6.2. Synthèse des mesures de maîtrise pour chaque type de technologie

Pour chaque catégorie de fromage étudiée, sont présentées ci-dessous :

- Les spécificités technologiques pouvant avoir un impact sur le comportement des micro-organismes pathogènes dans les fromages,
- L'évolution attendue des populations (croissance, survie, décroissance) de *Salmonella*, EHEC, *Staphylococcus aureus* et *Listeria monocytogenes* au fur et à mesure de l'avancée dans les étapes de fabrication.

Les résultats présentés ont, pour la plupart, été obtenus lors de tests de croissance : des souches pathogènes ont été inoculées dans du lait cru ou dans le produit laitier et leur capacité de développement en fonction de différents paramètres technologiques a été étudiée.

- Pâtes lactiques (PL)

Les pâtes lactiques, appelées également caillés lactiques ou fromages frais (ex. : faisselle, fromage blanc, petit suisse, cottage) sont obtenues par coagulation lente du lait (12 h à 18 h entre 20 et 28 °C) sous l'action de ferments lactiques. Ainsi, le pH atteint des valeurs de 4,5-4,6 avant l'égouttage (Mietton and Chablain, 2018). Ces fromages ne sont pas affinés.

Dans ces fromages frais, c'est la vitesse d'acidification en début de procédé qui permet d'inhiber la croissance des bactéries pathogènes (Guraya *et al.* 1998).

Pour *Salmonella* spp., l'abaissement du pH lors de la coagulation est primordial (Leuschner *et al.* 2002; Pappa *et al.* 2017). En effet, lorsque le lait pasteurisé est artificiellement contaminé par des salmonelles à raison de 0,1 à 1 UFC/mL, leur population peut légèrement augmenter pour atteindre 5 à 20 UFC/g pendant les premières heures du procédé. Cependant, après 7 jours à 4 °C cette population est réduite, bien que les bactéries soient encore détectables (< 5 UFC/g) après 28 jours à 4 °C (Leuschner and Boughtflower, 2002).

Pour les EHEC, il peut y avoir une croissance de certaines souches du sérotype O26:H11 lors des premières heures de la fabrication de fromages lactiques au lait cru de chèvre (de 1 à 3 log₁₀ UFC/g) mais ensuite une réduction de leur population intervient, y compris pour les souches appartenant à d'autres sérotypes du top5 (O103:H2, O145:H28 et O157:H7), jusqu'en-dessous du seuil de détection après 35 jours à 8 °C. Les paramètres permettant de réduire la population des EHEC dans ce type de fromage sont l'acidification avec un pH inférieur à 4,3 atteint en 24 h, que ce soit en lait cru de chèvre (Miszycha *et al.* 2013) ou en lait pasteurisé de vache (Saad *et al.* 2001) ou un pH de 4,5 avec une température d'égouttage plus élevée (45 °C au lieu de 20 °C) en lait pasteurisé de vache (Leuschner and Boughtflower, 2002). Le comportement du sérotype O157:H7 a été étudié dans un fromage lactique fabriqué à partir de lait cru de chèvre inoculé à 10, 100 et 1000 UFC/g (Vernozy-Rozand *et al.* 2005). Le choix d'un ferment (ou « culture starter ») composé d'un mélange de bactéries lactiques (40% *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, 35% *L. lactis* subsp. *cremoris*, 20% *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* et 5% *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*) permet l'obtention du fromage voulu et contribue à la réduction de ce sérotype dans le caillé, à moins de 10 UFC/g, quelle que soit l'inoculation initiale. Cependant, après 42 jours à 4°C, les EHEC sont encore détectées dans les fromages après enrichissement. Dans les fromages Galotyri au lait de brebis pasteurisé fabriqués selon un procédé industriel (Lekkas *et al.*, 2006), c'est l'activité métabolique de la flore lactique ou d'autres facteurs antimicrobiens qui pourraient être responsables de l'inactivation complète des EHEC (sérotype O157:H7) réduisant une population initiale de 10³ et 10⁶ UFC/g à des niveaux non détectables (après enrichissement) après 28 jours à 4°C et 12°C. En comparaison avec les mêmes fromages fabriqués cette fois-ci selon un procédé artisanal avec les mêmes populations initiales de 10³ et 10⁶ UFC/g, les EHEC (sérotype O157:H7) sont encore dénombrées à des populations de 10² et 10⁵ UFC/g respectivement, après 28 jours à 4°C et 12°C (Lekkas *et al.*, 2006).

*L. monocytogenes*ensemencée à raison de 5.10² UFC/ml dans du lait pasteurisé de vache voit sa population augmenter pour atteindre 10³ à 3,5.10³ UFC/g lors de la coagulation (16 h-22 °C) puis rester stable dans le caillé avant de décroître lors de la conservation à 15-16 °C pour ne plus être détectable après 5 à 7 jours (Margolles *et al.* 1997). Ensemencée à des concentrations beaucoup plus faibles dans du lait pasteurisé de vache (0,1 à 1 UFC/mL), *L. monocytogenes* voit sa population augmenter très légèrement jusqu'à 20-25 UFC/g, avant de chuter à des valeurs inférieures à 5 UFC/g après 28 jours à 4 °C (Leuschner et Boughtflower 2002).

Pour *S. aureus*, son évolution a été suivie dans un fromage lactique au lait pasteurisé inoculé en fin de fabrication avec une population initiale de 10^5 à 10^6 bactéries/g, pendant 6 mois à 11°C et 16°C. Après deux mois de conservation, la population de *S. aureus* n'est plus détectée dans les fromages, aux 2 températures. Dans ces expérimentations, il n'y a pas eu de recherche de l'entérotoxine (Møller *et al.* 2012). Dans une autre étude, l'évolution d'une population initiale naturelle de *S. aureus* (10^2 UFC/mL) a été suivie dans des fromages lactiques traditionnels, fabriqués à partir de lait cru de vache ou de brebis et conservés dans des sacs en peau d'agneau à 16-18 °C pendant 45 jours (Frece *et al.* 2016). Ces travaux montrent que le comportement de *S. aureus* peut être différent selon le microbiote du lait cru. En effet, la population de *S. aureus* reste stable dans les fromages fabriqués à partir de lait cru de vache naturellement contaminé alors qu'à partir d'un lait cru de brebis, *S. aureus* peut atteindre des niveaux de 10^5 à 10^6 UFC/g dans les fromages conservés de la même façon. C'est la présence de bactéries lactiques indigènes de différents genres dans les 2 types de lait cru qui pourrait conduire à cette différence d'évolution d'une même population initiale de *S. aureus*. L'entérotoxine n'a été détectée dans aucun échantillon (Frece *et al.*, 2016). Dans certains cas, au-delà de l'effet pH, ce sont donc la présence et la nature de certains ferments qui peuvent avoir un effet sur le devenir des bactéries pathogènes.

Pour *L. monocytogenes*, l'incorporation dans les ferments de souches productrices de bactériocines ou l'ajout de bactériocines purifiées dans les fromages ont un rôle majeur. Ces études ont été conduites sur des fromages au lait pasteurisé. La présence de souches de lactocoques productrices de nisine A, de nisine Z et de lacticin 481 conduit à une division par deux de la population initiale de *L. monocytogenes* (10^3 UFC/g) après deux jours à 4 °C, mais celle-ci revient à son niveau initial en 7 jours à 4 °C (Dal Bello *et al.* 2012). L'addition de nisine (2 mg/g), sous forme de Nisaplin, directement dans les fromages, permet une décroissance de 3 log₁₀ UFC/g après 3 jours, en comparaison d'une condition sans nisine (Collins *et al.* 2011) lorsque *L. monocytogenes* estensemencée à une concentration élevée (10^6 UFC/g). L'addition de nisine est plus efficace à un pH de 5,4 qu'à 4,5 (Dal Bello *et al.* 2012). Une autre bactériocine, l'enterocine RM6, ajoutée à raison de 80 UA/mL (Unités Arbitraires/mL) permet une réduction de 4 log₁₀ UFC/g d'une population initiale de *L. monocytogenes* de 10^5 UFC/g en 30 minutes, jusqu'à la non détection de la bactérie après 26 h à 35 °C. Par comparaison, le fromage témoin inoculé à la même concentration et sans ajout de la bactériocine permet la croissance de *L. monocytogenes* jusqu'à une concentration finale de 10^7 UFC/g (Huang *et al.* 2013).

En conclusion, la maîtrise des bactéries pathogènes dans ce type de fromage repose principalement sur l'abaissement du pH (pH < 4,6 en moins de 20 h) associé à la production d'acides, et donc sur la qualité de l'inoculation (composition des ferments, niveau d'inoculation) et de la conduite de la fermentation par les bactéries lactiques (Østergaard *et al.* 2015; Østergaard *et al.* 2014; Pappa *et al.* 2017).

- Pâtes molles

Dans le cas des fromages à pâte molle, deux groupes principaux peuvent être distingués : les fromages mixtes à dominante lactique et ceux à dominante présure. Selon le procédé, le temps de coagulation/égouttage et le pH en fin d'égouttage sont variables.

Pour les fromages mixtes à dominante lactique (ex : valencay, st-félicien, st-marcellin, époisses, brie), la coagulation est conduite en 14-20 h à 20-28°C, le pH au moulage est inférieur à 5 et le pH au démoulage est inférieur à 4,45 ; la fermentation s'arrête par l'inhibition des bactéries lactiques par l'acide lactique (Mietton and Chablain, 2018). L'acidification a pour conséquence le remplacement du calcium de la micelle par des protons, le calcium et le

phosphate sont éliminés à l'égouttage et par conséquent, le caillé est dit déminéralisé. La déminéralisation et la perte de charge des protéines conduisent à un caillé ayant un faible pouvoir tampon.

Pour les fromages mixtes à dominante présure (ex : camembert, munster), le pH au moulage est supérieur à 6, une grande partie du lactose est évacuée avec le sérum et les bactéries lactiques consomment l'ensemble du lactose résiduel et ainsi le pH au démoulage se stabilise autour de 5 (Mietton and Chablain, 2018). Les méthodes d'affinage sont très diverses chez les fromages à pâte molle. Suivant la flore de surface, on distinguera par la suite les pâtes molles à croûtes fleuries avec une couverture de *P. camemberti* (PMCF) et les pâtes molles à croûtes lavées (PMCL) dont l'écosystème de surface est principalement levurien et bactérien suite au lavage de la surface par de la saumure.

- Pâtes molles à croûtes fleuries (PMCF)

La phase d'acidification peut être efficace pour réduire le nombre de *L. monocytogenes* d'un facteur 5 à 10 en 24 h dans un camembert au lait pasteurisé (Ryser *et al.* 1987). Elle permet en revanche le développement de *S. aureus* dans un camembert au lait cru de chèvre (Meyrand *et al.*, 1998) et de plusieurs sérotypes d'EHEC (O26:H11, O103:H2, O145:H28 et O157:H7) dans un fromage à pâte molle et croûte fleurie au lait cru de vache (Miszczycha *et al.*, 2016) lors des toutes premières heures. Plus l'acidification est rapide, plus les conditions sont défavorables au développement des pathogènes. Un lactobacille comme *Lactobacillus reuterii* peut produire, à partir du glycérol, de la reuterine très inhibitrice de développements bactériens.

Dans les technologies où l'acidification a lieu avant l'égouttage (ex : neufchâtel, brie), le caillé est très acide au début de l'affinage. Ces caillés acides et très déminéralisés ont un faible pouvoir tampon et, lors du développement en surface de *Penicillium camemberti* qui consomme l'acide lactique présent dans le caillé, le pH de surface remonte rapidement ouvrant des possibilités de développement aux bactéries pathogènes. Le pH à la surface du fromage remonte plus rapidement qu'à l'intérieur du fait de la diffusion de l'acide lactique du cœur du fromage vers la surface où il est oxydé en CO₂ par *Penicillium*. Cependant, les développements de *L. monocytogenes*, quand ils adviennent, ont lieu à la surface quand l'écosystème microbien technologique de surface est faiblement implanté. Par ailleurs, la croissance de *L. monocytogenes* à la surface du camembert au lait de vache pasteurisé augmente parallèlement avec la température entre 3°C et 15°C (Back *et al.*, 1993). Il est intéressant de noter que l'effet de ces températures est associé à la remontée du pH, qui est bien plus rapide à 15 °C qu'à 3 °C, à la fois à la surface et au cœur du fromage. Dans le brie, il a été montré, avec deux niveaux d'ensemencement (10² et 10⁴ UFC.g⁻¹), que la population de *Salmonella sp.* diminuait d'environ 1 log₁₀ UFC/g par semaine si le fromage était conservé à 8 ou 4 °C mais pas à 20 °C où une croissance rapide est observée (la population atteint 10⁹ UFC/g après 5 jours) (Little *et al.* 1994).

Dans les technologies où l'acidification a surtout lieu pendant l'égouttage (ex : camembert), comme une partie importante du lactose est éliminée dans le sérum, le pH descend moins bas et dans un premier temps le fromage est moins protégé par les bactéries lactiques. Dans ces fromages, pour cette raison, le risque de croissance de *S. aureus* dans les premières heures d'égouttage reste significatif, l'environnement physico-chimique étant en effet similaire à celui d'un fromage à pâte pressée non cuite (caillé minéralisé avec un fort pouvoir tampon) (Delbes *et al.* 2006). Cette croissance a lieu entre le début de la coagulation et la fin de l'égouttage (Meyrand *et al.*, 1998). Dans ce contexte et du fait des conditions de fabrication, la concentration de *S. aureus* peut gagner 3 log₁₀ UFC/g entre le lait cru et le caillé 22 h plus tard

(Meyrand *et al.* 1998). En revanche, la désacidification par *P. camemberti* est plus lente (surtout au centre du fromage) car le pouvoir tampon est plus élevé. Pendant l'affinage d'un fromage au lait cru à pâte molle et croûte fleurie, la population d'EHEC O157:H7 décroît en moins de 30 h de 10^4 UFC/g à respectivement 10^2 et 10 UFC/g sur la croûte ou au cœur du fromage, au contraire des populations des trois autres sérotypes qui restent stables (Miszczycha *et al.* 2016).

La composition de l'écosystème de surface peut aussi avoir un effet protecteur vis-à-vis du développement de bactéries pathogènes (Eppert *et al.* 1997; Imran *et al.* 2010).

- Pâtes molles à croûtes lavées (PMCL)

Les fromages à pâte molle et croûte lavée ont quelques singularités par rapport aux fromages à croûte fleurie, en particulier les soins de croûte qu'ils reçoivent.

Dans le cas des PMCL, le développement des moisissures de surface est limité et la remontée du pH, assurée majoritairement par des levures, est plus lente que dans le cas des PMCF où celle-ci est effectuée par les moisissures (Bonaïti *et al.* 2004). Le retard de développement éventuel de bactéries pathogènes acido-sensibles est analogue à celui observé pour les PMCF, mais les PMCL sont plus sensibles aux contaminations par *L. monocytogenes* et à leur croissance (Iannetti *et al.* 2016). L'implantation rapide des micro-organismes technologiques est donc un élément important de la protection de la surface de ces fromages par effet Jameson (compétition pour un substrat limitant entre les ferments ajoutés et les micro-organismes contaminants) (Goerges *et al.* 2011; Irlinger *et al.* 2009; Monnet *et al.* 2010).

Par ailleurs, le lavage de la surface avec de la saumure est une opération délicate pour la sécurité sanitaire du produit car il provoque l'étalement sur l'ensemble de la surface du fromage des colonies bactériennes qui s'y sont formées (Aziza *et al.* 2006). En outre, les outils utilisés pour le lavage peuvent, s'ils sont mal nettoyés et désinfectés, être des vecteurs de propagation d'agents pathogènes.

En conclusion, dans cette catégorie de fromages, les principales mesures de maîtrise des bactéries pathogènes sont la vitesse et le niveau d'acidification adaptés à chacun des trois types de procédés de coagulation, le respect des températures d'affinage et de conservation et la maîtrise des contaminations lors du lavage des croûtes pour les PMCL.

- Pâtes persillées (PPS)

Les fromages à pâtes persillées sont une sous-catégorie des fromages à pâte molle. Ils présentent obligatoirement un développement de moisissures dans la pâte. Ces fromages sont produits avec des laits de brebis, de vache, de chèvre ou avec des mélanges. La majorité des fromages français (ex. : bleu d'Auvergne, roquefort) sont des fromages à caillé mixte avec une coagulation à 28-32 °C pendant 30 à 120 min pour un pH de 4,8-4,9 au démoulage (Mietton and Chablain, 2018). Le salage est effectué à des taux relativement élevés par rapport aux autres fromages (4,5-7,5 %) (Mietton and Chablain, 2018). Une étape de ressuyage (séchage de surface) pendant 1 à plusieurs jours à 14-16°C est conduite dans la plupart des fromages pour favoriser le développement des leuconostocs et des levures, ce qui permet une remontée du pH jusqu'à 5-5,5. Les fromages sont ensuite piqués afin de permettre le développement de *Penicillium roqueforti* lors de l'affinage en cave à 9-14 °C (15-21 jours). Les fromages sont ensuite emballés pour stopper le développement de *P. roqueforti* puis poursuivent leur affinage à froid (< 7°C voire partiellement à température négative) pendant plusieurs semaines voire mois.

Si le lait est contaminé, une augmentation de la population peut se produire lors des étapes de coagulation et d'égouttage. Pour les EHEC dans des PPS au lait cru de brebis, cette

augmentation est variable en fonction du sérotype et de la souche, de l'ordre de 1, 2 ou 3 log₁₀ UFC/g respectivement pour une souche O157:H7, une souche O103:H2 et une souche O26:H11 (Miszczycha et al., 2013). De la même façon, dans des PPS au lait pasteurisé de vache, la population de salmonelles augmente de 1 log₁₀ UFC/g (Schaffer et al. 1995) et celle de *L. monocytogenes* de 1 à 2 log₁₀ UFC/g pendant les premières 24 h (Papageorgiou et al. 1989; Schaffer, Tatini et Baer 1995). Comme observé pour les fromages à pâte molle, l'augmentation de la population pendant ces étapes s'explique d'une part par la concentration des bactéries par piégeage dans le caillé et, d'autre part, par une croissance possible pendant les premières 48 h grâce à une activité de l'eau élevée, une température avoisinant 30 °C et une chute du pH assez lente.

Lors de l'affinage, une décroissance de la population des bactéries pathogènes est en revanche observée. *Salmonella* décroît rapidement jusqu'à 60 jours (-5,5 log₁₀ UFC/g) mais continue sa décroissance moins rapidement jusqu'à 120 jours dans des PPS au lait de vache pasteurisé (-2 log₁₀ UFC/g supplémentaires) (Schaffer et al., 1995). La population d'EHEC dans des PPS au lait cru de brebis chute à des vitesses variables selon les sérotypes (Miszczycha et al., 2013). Les populations des sérotypes O157:H7 et O103:H2 chutent rapidement et ne sont plus détectables à 240 jours (réduction de population supérieure à 4,5 log₁₀ UFC/g). A l'inverse, les EHEC O26:H11, dont la population après égouttage est environ de 10⁵ UFC/g, restent détectables à 240 jours. La population de *L. monocytogenes* perd 2 log₁₀ UFC/g (Papageorgiou and Marth, 1989) voire 4 log₁₀ UFC/g (Schaffer, Tatini et Baer 1995) au cours des 50-60 premiers jours d'affinage de PPS au lait de vache pasteurisé, mais elle reste ensuite stable jusqu'au 120^{ème} jour. En début d'affinage, la matrice permet une décroissance forte de la majorité des bactéries pathogènes du fait d'un taux de sel élevé (4,5-7,5%), d'une production, par *Penicillium roqueforti*, d'acides gras à chaînes intermédiaires aux propriétés antibactériennes et du pH qui est encore relativement bas. En revanche, la décroissance de *L. monocytogenes* est stoppée en fin d'affinage (60-120 jours) dans les PPS au lait de vache, du fait de la remontée du pH (Papageorgiou and Marth, 1989). Pendant la conservation après l'affinage de PPS au lait de vache pasteurisé, *L. monocytogenes* peut même se développer à 8 °C ou 4 °C, à raison d'environ 0,5 à 2,5 log₁₀ bactéries/g pendant les 30 premiers jours (Bernini et al., 2013). Grâce à un modèle simulant des conditions de production et de conservation d'un PPS au lait de vache pasteurisé, il a également été montré que la population de *L. monocytogenes* pouvait augmenter jusqu'à 3 – 3,5 log₁₀ UFC/g jusqu'à la fin de la durée de vie (Rosshaug et al., 2012). Au contraire, les PPS au lait de brebis ont été classés dans les aliments ne permettant pas la croissance de *L. monocytogenes* (DGAL 2009).

En conclusion, augmenter la durée de toute la période d'affinage permet de mieux maîtriser *Salmonella* et les EHEC dans les PPS, mais n'aura pas beaucoup d'effet sur *L. monocytogenes* dans les PPS au lait de vache. Une piste possible pour mieux maîtriser *L. monocytogenes* dans les PPS au lait de vache pourrait être l'utilisation de bactéries lactiques productrices de bactériocines en association avec l'ajout de lactate/acide lactique, dont l'efficacité a déjà été montrée pour des fromages de type gorgonzola au lait pasteurisé (Morandi et al. 2020).

- Pâtes pressées non cuites (PPNC)

Les fromages à pâtes pressées non cuites (ex. : reblochon, st-nectaire, tome de Savoie, morbier, ossau iraty, cheddar, cantal, salers, laguiole) sont des caillés à dominante présure. La coagulation a lieu en 40-45 min à une température entre 30 et 42 °C et l'acidification est

conduite par l'action majoritaire de *Streptococcus thermophilus* et/ou de lactocoques (Mietton and Chablain, 2018). Le caillé subit un décaillage (découpage), éventuellement un léger chauffage (35°C maximum), un broyage dans certaines technologies (ex. : cheddar, cantal, salers, laguiole) et un salage (2-4,5 %) avant la mise en moule pour le pressage. Le pH au démoulage est de 5,15-5,30 (Mietton and Chablain, 2018). Les conditions d'affinage sont très variables. La température d'affinage est généralement située entre 4 et 14 °C (Mietton and Chablain, 2018). Nous distinguerons les fromages à pâtes pressées non cuites à affinage court (PPNCC) (entre 15 et 90 jours ; ex. : reblochon, st-nectaire, ossau-iraty, morbier, tome de Savoie) de ceux à affinage long (PPNCL) supérieur à 90 jours (cantal, salers, laguiole).

De manière générale, lorsque des souches bactériennes pathogènes sont inoculées dans le lait cru, leur niveau augmente durant les phases d'acidification et d'égouttage. En 24 h, la population d'EHEC s'accroît de 1,5 à 2 log₁₀ UFC/g pour le sérotype O157:H7 (Miszczycha et al., 2013) et de 3 à 4 log₁₀ UFC/g pour les sérotypes O26:H11, O103:H2 et O145:H28 (Cosciani-Cunico et al., 2015; Frélin et al., 2020; Miszczycha et al., 2013). Dans le même temps, les populations de *S. aureus* augmentent de 3 à 4,5 log₁₀ UFC/g (Delbes et al. 2006; Sobral et al. 2019). Un accroissement des populations de *L. monocytogenes* de 1,5 à 3,5 log₁₀ UFC/g a également été observé (Chatelard-Chauvin et al., 2015; Cosciani-Cunico et al., 2015). Concernant le comportement des salmonelles, il n'y a pas à notre connaissance d'étude publiée sur des PPNC au lait cru avec les sérotypes habituellement retrouvés dans les fromages. Cependant, il est possible de citer une étude dans un fromage PPNC au lait de chèvre pasteurisé, dans laquelle une souche de *Salmonella* Typhi inoculée à un niveau élevé dans le lait (10⁷ UFC/mL) n'a pas vu d'augmentation de sa population jusqu'à 5 jours d'affinage (da Silva Ferrari et al., 2016). L'augmentation des populations de pathogènes pendant les étapes de coagulation et d'égouttage s'explique, d'une part, comme pour beaucoup de fromages, par la concentration des bactéries par piégeage dans le caillé et, d'autre part, par leur croissance, rendue possible grâce à l'abaissement du pH relativement lent et modéré dans ce type de technologie (pH > 5 pendant les premières 24 h). Selon le type de fromage PPNC, des valeurs cibles de pH à atteindre après 6 h sont données: pH < 5,8 ou < 6,3, respectivement pour des fromages PPNC à affinage court ou long, afin de limiter notamment la croissance de *S. aureus* (Delbes et al., 2006). Différents comportements de *L. monocytogenes* ou d'EHEC O26:H11 ont été observés en fonction des laits crus utilisés pour fabriquer les fromages : sur 6 laits crus différents mis en œuvre en parallèle pour produire des fromages PPNC à affinage court, 3 laits n'ont pas permis la croissance de *L. monocytogenes* tandis que pour les 3 autres, la population a augmenté de 1 à 2 log₁₀ UFC/g en 24 h (Millet et al. 2006) (Millet et al., 2006). L'absence de croissance de *L. monocytogenes* dans les fromages fabriqués avec certains laits crus a été associée à des valeurs de pH < 5,2 à 24 h et des concentrations de lactate de l'ordre de 14 mg/g (Millet et al., 2006). En comparaison, les fromages ayant permis la croissance de *L. monocytogenes* présentaient des valeurs de pH supérieures à 5,3 et des concentrations en lactate de l'ordre de 7 à 10 mg/g. De même, sur 36 laits crus en provenance de 6 fermes différentes, 11 laits issus de 2 fermes se sont révélés moins favorables à la croissance des *E. coli* O26: H11 dans les fromages produits (Frélin et al., 2020). Ces laits crus moins favorables à la croissance de *E. coli* O26:H11 étaient caractérisés par une abondance supérieure de certains genres bactériens appartenant aux bactéries lactiques (*Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*) mais aussi aux bactéries à Gram négatif (*Acinetobacter*, *Serratia*, *Hafnia*) et au genre *Macroccoccus*.

Lors des 8 à 10 premiers jours d'affinage, il arrive que des bactéries pathogènes poursuivent leur croissance. Inoculée dans des laits à hauteur de 0,2 à 0,4 UFC/mL, *L. monocytogenes* a

atteint son niveau maximal, compris entre 10 et 3.10^2 UFC/g, après 8 jours dans des fromages PPNC à affinage court (Millet et al., 2006). De même, *Salmonella* Typhi inoculée à hauteur de 10^7 UFC/g a atteint son niveau maximal entre 2.10^7 et $1,6. 10^8$ UFC/g après 10 jours dans un fromage PPNC au lait de chèvre pasteurisé affiné à basse température (4 °C) (da Silva Ferrari et al. 2016).

Au-delà de 10 jours, les niveaux des populations de bactéries pathogènes restent stables ou diminuent. La chute des niveaux de populations des pathogènes au cours de l'affinage est généralement supérieure en surface des fromages par rapport au cœur. Dans les fromages PPNC à affinage court (< 90 jours), le niveau des populations d'EHEC reste stable ou décroît légèrement (Cosciani-Cunico et al. 2015; Farrokh et al. 2013; Frétin et al. 2020). Dans les fromages affinés au-delà de 90 jours et jusqu'à plus de 200 jours, le niveau de la population d'EHEC décroît de 2,5 à 3 $\log_{10}$ UFC/g : partant d'une concentration de 10^3 UFC/g à 60 jours, la population d'EHEC O157:H7 devient inférieure à la limite de détection au cœur et en surface du fromage après 240 jours (Miszczycha et al., 2013). En revanche, si la population d'EHEC O26:H11 atteint un niveau de 3.10^5 UFC/g à 60 jours, elle décroît de 2,5 $\log_{10}$ UFC/g mais reste supérieure à 10^3 UFC/g au cœur du fromage après 240 jours. Un comportement similaire durant l'affinage est observé pour les populations de staphylocoques à coagulase positive (Delbes et al., 2006) : le niveau maximal étant atteint après 24 h, il reste stable jusqu'à 30 jours. Dans les fromages affinés au-delà de 30 jours, la population décroît ensuite de 2 à 3 $\log_{10}$ UFC/g en 90 jours et de 4 $\log_{10}$ UFC/g en 150 jours. Dans des fromages PPNC à affinage long, les niveaux de *L. monocytogenes* atteignent 3,5 $\log_{10}$ UFC/g après 24 h puis diminuent de manière continue à partir de 30 jours en surface et à partir de 45 jours au cœur des fromages. La bactérie reste cependant détectable dans certains fromages après 210 jours (Chatelard-Chauvin et al., 2015). La combinaison d'une température basse (13 °C), de concentrations en acides et de valeurs réduites d' a_w (0,94-0,95) pour une humidité de 38-39 % à 90 jours contribueraient à expliquer la chute de population de *L. monocytogenes* durant l'affinage. La baisse la plus importante du niveau de *L. monocytogenes* pendant l'affinage a été associée à des fromages avec des concentrations plus élevées d'acide lactique, de l'ordre de 27 mM à un jour, d'acide acétique de l'ordre de 12 mM à 3 jours et d'acide propionique de l'ordre de 0,4 mM à 120 jours (Chatelard-Chauvin et al., 2015). En comparaison, les fromages dans lesquels la réduction du niveau de *L. monocytogenes* était la moins importante avaient des concentrations d'acide lactique de l'ordre de 20 mM à un jour, d'acide acétique de l'ordre de 10 mM à 3 jours et d'acide propionique de l'ordre de 0,1 mM à 120 jours. Il a été montré que 15 jours d'affinage sont nécessaires pour réduire les niveaux de *L. monocytogenes* de 4 $\log_{10}$ UFC/g dans des fromages PPNC produits avec du lait cru, contre 21 jours pour des fromages au lait pasteurisé (Campagnollo et al. 2018). Enfin, le niveau de *Salmonella* Typhi décroît de 0,5 $\log_{10}$ à 4 °C dans un fromage au lait pasteurisé (da Silva Ferrari et al., 2016).

En conclusion, dans cette catégorie de fromages, la principale mesure de maîtrise des bactéries pathogènes lors des phases d'acidification et d'égouttage est l'atteinte de valeurs cibles de pH après 6 h (pH < 5,8 pour les PPNC ou < 6,3 pour les PPNC) ou de valeurs de concentrations de lactate. Lors de l'affinage, cette maîtrise repose sur la combinaison d'une température basse, de concentrations adéquates en acides lactique ou acétique adéquates et de valeurs réduites d' a_w (0.94-0.95), ainsi que sur la durée de l'affinage. Les propriétés intrinsèques des laits crus, probablement en lien avec leur composition en micro-organismes, interviennent dans la maîtrise de *Listeria* et d'EHEC dans ce type de technologie fromagère.

- Pâtes pressées demi-cuites (PPDC)

Les fromages à pâtes pressées demi-cuites (ex. : abondance, leerdammer, appenzeller) sont des caillés à dominante présure. La coagulation a lieu en 25-40 min à une température de 31-33 °C et l'acidification est conduite par l'action majoritaire de *S. thermophilus* et de lactocoques (Mietton and Chablain, 2018). Le caillé subit un décaillage fin, un chauffage entre 40 °C et 50°C pendant 20 à 35 min, un brassage de 10-20 min avant la mise en moule pour le pressage à 200-400 g/cm² pendant 6 à 8 h. Le pH au démoulage est de 5,15-5,25 (Mietton and Chablain, 2018). Les conditions de l'affinage sont très variables et sa durée est comprise entre 2 mois et 1 an (Mietton and Chablain, 2018).

Pendant les premières 24 h de fabrication, la population de *Salmonella* Typhimurium augmente de 1 log₁₀ UFC/g puis diminue lentement dans un fromage de type tilsit (fromage PPDC au lait cru fabriqué en Autriche/Suisse/Allemagne)ensemencé à raison de 10⁶ UFC/g, la bactérie n'est plus détectable après 1 mois d'affinage (Bachmann and Spahr, 1995). *S. aureus* survit dans des fromages fermiers « toma » (fromage PPDC fabriqué en Italie) au lait cru de vache naturellement contaminés, mais la quantité d'entérotoxines détectée dans le cœur ou la croûte des fromages n'est pas nécessairement corrélée aux concentrations de *S. aureus* (Bellio *et al.* 2019). Cette absence de corrélation est potentiellement due à la production d'entérotoxines par les staphylocoques très tôt au cours du procédé de fabrication, c'est-à-dire dans le lait cru (suivie d'une répartition hétérogène des toxines et des bactéries dans le produit fini), à l'action de certaines protéases bactériennes dégradant les entérotoxines (Fujikawa *et al.* 2017) et/ou à une diversité des profils entérotoxigènes des souches de *S. aureus* ayant contaminé le lait.

À partir d'une concentration initiale de 5.10³ ou 5.10⁵ UFC/g, la population des EHEC (O2:H27, O9:H21, O26:H11, O91:H21, O178:H12) augmente d'environ 2 à 3.5 log₁₀ UFC/g, puis elle diminue progressivement lors de l'affinage des PPDC au lait cru de vache, plus rapidement dans le cœur du fromage que dans la croûte (Peng, Hoffmann, *et al.* 2013; Peng, Schaefroth, *et al.* 2013). La cuisson sur la gamme de température de 40 °C à 50°C n'a pas d'effet assainissant significatif (Peng, Hoffmann, *et al.* 2013). Selon la souche, 60 jours peuvent être insuffisants pour rendre les EHEC indétectables même dans les fromages où la concentration initiale était la plus faible (Peng, Hoffmann, *et al.* 2013; Peng, Schaefroth, *et al.* 2013). Les EHEC étaient encore présentes dans des fromages expérimentaux au lait cru après 120 jours (Cosciani-Cunico *et al.* 2015).

La concentration de *L. monocytogenes* a augmenté sur la croûte et est restée quasiment constante dans le cœur du fromage pendant l'affinage lors d'une expérimentation de 90 jours sur un fromage au lait cru de type tilsit (Bachmann and Spahr, 1995). La concentration de cette bactérie a peu varié pendant 120 jours avec un fromage PPDC au lait cru produit dans les Alpes (Cosciani-Cunico *et al.*, 2015).

En conclusion, lorsque qu'un fromage PPDC est contaminé par l'une des bactéries pathogènes citées ci-dessus, il le reste longtemps. L'application rigoureuse des bonnes pratiques d'hygiène, tout particulièrement quand la matière première est du lait cru, est l'unique mesure de maîtrise des dangers.

- Crème et beurre

La crème provient de la concentration des globules gras lors de l'écémage du lait entier qui s'opère généralement dans une centrifugeuse à une température de 50 à 55 °C. Les crèmes crues subissent une fermentation entre 15 et 23°C à l'aide de lactocoques en général pendant 15 à 20 h. Le pH de la crème descend alors entre 4,7 et 5,8. Le barattage (entre 9 et 13°C)

permet ensuite de concentrer la matière grasse par inversion des phases, ce qui permet la formation de grains de beurre.

La crème et le beurre sont considérés comme des environnements défavorables à la croissance des pathogènes à cause de leur structure émulsionnée (forte proportion de phase lipidique incompatible avec la croissance microbienne) et de l'acidité de leur phase aqueuse. Il existe peu de travaux sur le comportement des bactéries pathogènes dans la crème et le beurre. *Salmonella* et les EHEC ne se développent ni dans le beurre ni dans la crème (Holliday et al., 2003). L'inactivation de ces deux pathogènes pendant la conservation est plus rapide à 21°C qu'à 4°C ou à 10°C, plus rapide pour les EHEC que pour *Salmonella*, et plus rapide dans la crème que dans le beurre pour cette dernière (Holliday and Beuchat, 2003). En revanche, *L. monocytogenes* est capable de se développer dans le beurre pasteurisé dans certaines conditions (Maijala et al., 2001), notamment si la taille des gouttelettes d'eau dans la matière grasse est importante (Voysey et al. 2009) ou s'il est allégé (Lanciotti et al. 1992). La DGAL a accordé une tolérance à 100 UFC/g sur le critère de sécurité pour *L. monocytogenes* dans les beurres fermiers au lait cru de vache à condition que le produit fini ait un pH inférieur à 4,76 et une teneur en eau inférieure à 16% et qu'il ait une date limite de consommation (DLC) de 24 jours lors d'une conservation à moins de 8 °C (FNEC, 2018). Quand il est conservé à 23°C, le beurre pasteurisé permet la croissance de *S. aureus* et la production d'entérotoxine (Minor and Marth, 1972). À 10 °C ou à 4°C, *S. aureus* peut survivre (Halpin-Dohnalek et al. 1989; Minor et al. 1972) mais ne produit pas d'entérotoxine.

En conclusion, un pH inférieur à 4,7 et une teneur en eau inférieure à 16% permettent de maîtriser la croissance des bactéries pathogènes dans le beurre. Pour la crème, la maîtrise de l'acidification est un élément essentiel de la maîtrise de la croissance des pathogènes.

3.6.3. Recommandations sur les mesures de maîtrise

La maîtrise de la vitesse d'acidification du caillé et la conduite de l'affinage sont des facteurs majeurs pour la maîtrise du développement des pathogènes dans les fromages, dans la limite des procédés technologiques imposés par le type de fromage souhaité. En outre, l'application rigoureuse des bonnes pratiques d'hygiène tout au long de la chaîne de fabrication, tout comme le stockage à des températures appropriées après la fabrication restent des mesures primordiales de maîtrise des dangers.

Afin d'améliorer la connaissance du comportement des pathogènes par catégorie de fromage, des études exhaustives portant sur des tests de croissance dans les différents types de fromages et intégrant la variabilité inter-souches au sein de l'espèce pathogène considérée s'avèrent indispensables. Les études disponibles dans la littérature étant aujourd'hui assez parcellaires (notamment sur le comportement des salmonelles dans les PPNC), ces tests viseraient à augmenter la robustesse des conclusions sur l'identification et la caractérisation d'indicateurs de maîtrise des procédés par filière (valeur physico-chimique sur une étape, durée minimale pour atteindre ce paramètre, etc.). Les résultats de ces tests de croissance pourraient être par la suite exploités par les filières pour proposer des mesures de maîtrise et éventuellement les inclure dans les guides de BPH ou les cahiers des charges des AOP/IGP.

De façon plus prospective, il serait intéressant de favoriser les études scientifiques sur la caractérisation et le fonctionnement des écosystèmes microbiens relatifs à la production des fromages au lait cru, qui pourraient être à l'origine de mesures de maîtrise complémentaires et innovantes. Ces études devront entre autres s'appuyer sur les approches de « méta-omique » qui permettent de mieux investiguer les écosystèmes microbiens et les pathobiomes

(le pathogène et son environnement biotique) (Vayssier-Taussat *et al.* 2014). Quelques études ont mis à jour des propriétés antagonistes de certains laits crus et de leurs microbiotes vis-à-vis de souches de *L. monocytogenes* et d'EHEC (Eppert *et al.*, 1997; Frétin *et al.*, 2020; Imran *et al.*, 2010; Millet *et al.*, 2006). Certaines ont abouti à la sélection de consortia microbiens dont les propriétés anti-pathogènes ont été validées dans des fromages expérimentaux (Callon *et al.* 2014; Frétin *et al.* 2020). Ces études devraient être approfondies notamment en décodant les mécanismes d'interactions microbiennes des souches constitutives et en décryptant les mécanismes d'inhibition vis-à-vis des pathogènes. Elles pourraient conduire à l'élaboration de consortia microbiens aux propriétés antagonistes optimisées vis-à-vis des microorganismes pathogènes. Ces consortia pourraient alors être ajoutés aux ferments lors de l'ensemencement des laits. Il serait également intéressant de poursuivre les études sur les propriétés de souches antagonistes déjà identifiées, notamment de bactéries lactiques productrices de bactériocines, afin d'optimiser leur utilisation dans les ferments. Une stratégie similaire pourrait être envisagée en utilisant des consortia plus spécifiques des ateliers de production (tels que ceux colonisant les planches d'affinage) montrant de potentielles propriétés de barrière vis-à-vis de l'implantation des pathogènes (Gray *et al.* 2018; Mariani *et al.* 2011).

À plus long terme, il faudra relever le défi d'une approche intégrée de la maîtrise sanitaire de l'amont à l'aval du système de production. Pour cela, il serait utile de mieux comprendre les flux de micro-organismes, incluant les pathogènes, de l'environnement de la ferme au lait et jusque dans les fromages. Il s'agira ensuite d'identifier les pratiques en élevage conduisant d'une part à limiter la prévalence dans les laits des souches pathogènes à risque et prédisposées à la croissance dans les fromages (par ex. EHEC O26:H11, *S. aureus* génotype B), et préservant d'autre part la diversité des populations microbiennes d'intérêt pour la production de fromage ou susceptibles d'exercer un effet barrière vis-à-vis des pathogènes (Montel *et al.*, 2014).

3.7. Mesures de maîtrise au niveau des consommateurs

3.7.1. Mesures générales d'hygiène applicables par les consommateurs

Les fromages et produits laitiers au lait cru sont des produits principalement destinés à être consommés en l'état. En dehors de leur utilisation en tant qu'ingrédients pour la préparation de plats cuisinés, les mesures de maîtrise se limitent au respect des températures de réfrigération et des dates limites de consommation (Anses 2014a).

L'étude INCA3¹⁰ (la troisième étude individuelle nationale des consommations alimentaires) a permis de recueillir des informations sur les comportements alimentaires relatifs au dépassement de la date limite de consommation (DLC) pour les produits laitiers achetés préemballés ou non (Anses 2017b). Concernant les produits préemballés, les données d'intérêt pour le GT FALC se limitent au beurre pour lequel les dépassements de plus d'une semaine de la DLC interviennent dans 12,1 % des cas. Concernant les produits achetés non préemballés (par exemple achetés à la coupe), le comportement des consommateurs a été suivi pour plusieurs catégories de produits dont les fromages (sans distinction des différentes catégories de fromages). Il était demandé aux consommateurs s'ils conservaient les fromages plus de trois jours après l'achat. L'enquête a révélé que la consommation de fromage au-delà de ces trois jours est fréquente pour 61 % des ménages (et encore 27 % pour une

¹⁰ <https://www.anses.fr/fr/content/inca-3-evolution-des-habitudes-et-modes-de-consommation-de-nouveaux-enjeux-en-mati%C3%A8re-de>

consommation plus d'une semaine après l'achat). Cette pratique est plus fréquente chez les ménages dont la personne de référence est âgée de 65 ans et plus. Il est difficile d'établir si cette observation est reliée à une évolution des habitudes de consommation (fromage considéré, mode de conservation etc.), ou à des préférences organoleptiques dépendant de l'âge des consommateurs (volonté de poursuivre l'affinage des fromages). Dans tous les cas, ces données indiquent que le respect des durées de vie dépend fortement de la catégorie de population considérée et la non prise en compte de ces différences dans les modèles d'appréciation des risques pourrait conduire à des sur- ou des sous-estimations des probabilités d'infection par classe d'âge.

Le mode de conservation dans le réfrigérateur est le deuxième élément clef pour la maîtrise de la croissance de *L. monocytogenes*. La température de consigne et l'emplacement du produit dans le réfrigérateur sont les deux facteurs qui déterminent la température de l'aliment conservé (Roccato *et al.* 2017; Laguerre *et al.* 2010). Si la distribution des températures dans les réfrigérateurs ménagers est connue (Anses 2017b), la disposition des fromages à l'intérieur du réfrigérateur n'est, elle, pas connue. En outre, il n'existe pas de donnée spécifique relative aux comportements des consommateurs quant à leurs pratiques de mise en température avant consommation des fromages et du beurre. En effet, il existe des pratiques diverses des consommateurs, souvent à des fins d'optimisation des propriétés organoleptiques, qui vont du stockage des produits en dehors du réfrigérateur jusqu'à la simple remise à température des fromages moins d'une heure avant de les servir¹¹.

3.7.2. Messages d'éviction adressés aux populations sensibles

- Recommandations actuelles

Les recommandations d'éviction de certains produits alimentaires s'adressent aux populations sensibles. Plusieurs catégories de populations sensibles sont habituellement définies sur la base de la probabilité plus forte que la moyenne de développer, après exposition au danger, des symptômes, des formes graves ou des complications d'une maladie infectieuse. Selon les dangers, il s'agit des nourrissons, des jeunes enfants, des personnes âgées, des femmes enceintes, des personnes immunodéprimées ou atteintes de certaines maladies chroniques. La communication sur les risques liés à la consommation de fromages au lait cru repose actuellement sur la diffusion de documents (par ex. : guides du Plan national, nutrition, santé (PNNS), information dans les carnets de santé), lors d'une consultation avec un professionnel de santé (médecin, sage-femme) et sur la mise à disposition d'informations sur des sites internet institutionnels et professionnels.

L'information destinée aux femmes enceintes est pour l'essentiel assurée par les professionnels de santé lors des consultations en cours de la grossesse. Par ailleurs, une recommandation d'éviction de fromages et de produits laitiers au lait cru pour les enfants de moins de trois ans figure dans le carnet de santé¹².

Pour l'actualisation des repères alimentaires du PNNS, l'Anses a publié, en 2019, des recommandations d'éviction du « *lait cru et des fromages au lait cru (à l'exception des fromages à pâte pressée cuite comme le gruyère ou le comté)* » pour les enfants de moins de cinq ans (Anses 2019a, 2019b), pour les femmes enceintes (Anses 2019d) et les personnes de plus de 65 ans (Anses 2019c). En accord avec ces éléments, l'Anses communique sur son site internet des recommandations concernant l'éviction des fromages au lait cru pour les

¹¹ <https://www.fromagesaulaitcru.fr/#post-17>

¹² https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/carnet_de_sante-num-.pdf

populations sensibles sur les pages consacrées aux EHEC et à *L. monocytogenes* et aux recommandations d'hygiène dans la cuisine domestique ainsi que celles présentant les dangers^{13,14 15}.

Sur leurs sites internet, le Centre national de référence (CNR) des *Listeria* recommande également aux personnes sensibles de ne pas consommer de fromages au lait cru¹⁶ et, depuis 2019, le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation affiche un message d'éviction des fromages au lait cru (à l'exception des fromages à pâte pressée cuite) pour les « jeunes enfants et particulièrement ceux de moins de cinq ans »¹⁷. Santé publique France recommande sur son site de ne pas faire consommer par les jeunes enfants et les personnes immunodéprimées du lait cru et des fromages à base de lait cru¹⁸. La Direction Générale de la Santé communique sur son site¹⁹ sur le risque pour les jeunes enfants de consommer du lait cru et des fromages au lait cru. La filière professionnelle fait des recommandations similaires²⁰. Elle recommande ainsi d'éviter la consommation des fromages au lait cru à l'exception de ceux à pâte pressée cuite pour les personnes sensibles (définis comme les « *jeunes enfants et particulièrement ceux de moins de cinq ans, femmes enceintes, personnes immunodéprimées* »²¹).

Les recommandations actuelles sont donc clairement exprimées, sur différents types de supports de communication et portées de façon harmonisée par les différents acteurs socio-économiques émetteurs.

- Autres méthodes potentielles de communication sur les risques

La communication auprès des consommateurs va au-delà de la simple mise à disposition des informations. L'Anses a publié en 2015 une synthèse sur l'efficacité des différentes stratégies de communication qui pourraient être utilisées pour informer les consommateurs sur les risques microbiologiques (Anses 2015b). Cette étude a notamment exploré l'impact potentiel de campagnes de communication multimédia et a montré, sur la base de méta-analyses, que ces campagnes, notamment sur la prévention des risques microbiologiques alimentaires, ne contribueraient à faire évoluer les comportements que pour 5 à 10 % de la population.

L'étiquetage est également une piste pour recommander l'éviction de certains produits alimentaires pour certaines catégories de la population. Il répond à un souci de transparence et à une exigence d'information. Toutefois, le rapport de l'Anses sur l'efficacité des différentes stratégies de communication souligne que l'étiquetage est principalement consulté par les consommateurs déjà sensibilisés et qui n'appartiennent pas nécessairement à la population cible (Anses 2015b). Il est important de noter que la mention d'utilisation de lait cru dans les fromages et autres produits laitiers est déjà obligatoire²².

¹³ <https://www.anses.fr/fr/content/list%C3%A9riose>

¹⁴ <https://www.anses.fr/fr/glossaire/733>

¹⁵ <https://www.anses.fr/fr/content/10-recommandations-pour-eviter-les-intoxications-alimentaires>

¹⁶ <https://www.pasteur.fr/fr/sante-publique/CNR/les-cnr/listeria/la-maladie-recommandations>

¹⁷ <https://agriculture.gouv.fr/consommation-de-fromages-base-de-lait-cru-rappel-des-precautions-prendre>

¹⁸ <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-infectieuses-d-origine-alimentaire/syndrome-hemolytique-et-uremique-pediatrique/la-maladie/#tabs> et <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-infectieuses-d-origine-alimentaire/salmonellose/la-maladie>

¹⁹ <https://solidarites-sante.gouv.fr/actualites/actualites-du-ministere/article/femmes-enceintes-et-jeunes-enfants-comment-reduire-les-risques-alimentaires>

²⁰ <https://www.fromagesaulaitcru.fr/precautions-particulieres-en-matiere-de-consommation-et-de-conservation>

²¹ Le GT FALC souligne que la proportion de populations immunodéprimées augmente avec l'âge (en lien avec l'immunosuppression, une réduction de l'effet barrière écologique des microbiotes, d'une augmentation du pH stomacal, ...). Les personnes de plus de 65 ans sont donc concernées par cette recommandation.

²² <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000644875/>

Une autre piste de communication concerne l'utilisation d'interventions interpersonnelles, telles que la relation entre un professionnel de santé et un patient. À l'image de ce qui est actuellement réalisé pour les femmes enceintes, les recommandations d'éviction des fromages au lait cru pourraient être communiquées par les professionnels de santé de la petite enfance (l'information est disponible dans le carnet de santé) ou des médecins soignant des personnes immunodéprimées. L'actualisation des guides du PNNS pourrait contribuer à appuyer cette stratégie de recommandations s'ils incluent un volet sanitaire. Il semble également envisageable d'utiliser le service sanitaire des étudiants en santé qui délivre déjà des informations sur l'hygiène des aliments. La mise à disposition auprès des étudiants d'une fiche sur les aliments à éviter en fonction des populations sensibles serait de nature à diffuser l'information.

3.7.3. Conclusions et recommandations

- Conclusions

Pour les personnes sensibles, pour l'ensemble des dangers microbiologiques de ces produits, il est important de noter que l'éviction est la seule mesure de maîtrise de risque efficace. Pour les autres consommateurs, les mesures de maîtrise de risque applicables reposent sur le respect des températures de conservation et le respect des dates limites de consommation. Ces mesures concernent essentiellement le risque lié à *L. monocytogenes*.

Les informations disponibles pour les consommateurs sur les différents sites internet officiels et interprofessionnels concernant les risques associés à la consommation de fromages au lait cru sont concordantes. Il reste cependant une grande incertitude sur la connaissance et la perception de ces informations par les consommateurs et les études disponibles montrent un faible effet de la communication sur le changement de leurs comportements.

- Recommandations

Dans la perspective de l'évaluation quantitative des risques liés à la consommation de fromages au lait cru, il serait intéressant de collecter des données spécifiques sur les différentes pratiques des consommateurs quant aux températures de conservation, à la remise à température ambiante des fromages avant consommation (notamment sa durée) et sur le respect de la durée de vie figurant sur l'étiquette en fonction des catégories de consommateurs.

Les professionnels pourraient réfléchir à la suggestion d'harmoniser l'utilisation soit d'une date limite de consommation, soit d'une date de durabilité minimale pour une catégorie de fromages analogues. La diversité des pratiques peut en effet conduire à compliquer la perception des recommandations par les consommateurs.

Le GT FALC soutient également la diffusion des actions d'information à caractères éducatif et sanitaire concernant les produits au lait cru par les professionnels de santé auprès du public (par exemple en utilisant le service sanitaire des étudiants en santé ou en mettant des fiches à disposition des enseignants), sans oublier la sensibilisation des enfants aux risques microbiologiques dès l'école primaire.

En termes de communication vis-à-vis des personnes sensibles, avant la mise en place d'un étiquetage ou le lancement d'une campagne de communication, il serait nécessaire d'étudier les connaissances, les comportements et les perceptions des consommateurs (et des populations sensibles en particulier) concernant les risques microbiologiques des fromages au lait cru. Cette étude permettrait d'optimiser l'efficacité de la communication si celle-ci devait être proposée.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DU GT ET DU CES BIORISK

Le travail d'expertise du GT FALC a permis de réaliser un bilan des connaissances relatives aux principaux dangers microbiologiques en lien avec les fromages et autres produits laitiers au lait cru en France, ainsi qu'un état des lieux sur les moyens de leur maîtrise dans les filières laitières depuis le stade de l'élevage jusqu'au stade de la consommation. Ce travail visait à répondre aux deux premières actions de la saisine. En préambule, le GT FALC a proposé une catégorisation des fromages et autres produits laitiers au lait cru selon les procédés technologiques mis en œuvre pour leur production (huit catégories de fromage, la crème et le beurre).

Concernant la première action relative aux principaux dangers microbiologiques en lien avec les différents fromages et autres produits laitiers fabriqués à partir de lait cru en France, les principales conclusions du GT FALC sont les suivantes :

- En France au cours de la dernière décennie, 34%, 37% et 60% des épidémies (pour lesquelles l'investigation a permis d'identifier la source alimentaire) respectivement de salmonelloses, de listérioses et d'infections à EHEC sont liées à la consommation de fromages au lait cru.
- Les fromages à pâtes molles à croûte fleurie et les fromages à pâtes pressées non cuites à affinage court sont les fromages les plus impliqués dans les épidémies et les retraits/rappels (alertes issues d'autocontrôles majoritairement). Ces deux catégories de fromages arrivent également en tête de la hiérarchisation basée sur la démarche ascendante d'évaluation des risques (cf. partie 3.4).
- Les EHEC sont associées aux couples avec les rangs les plus importants dans la hiérarchisation.

Ces conclusions donnent des indications fortes pour les appréciations quantitatives du risque qui seront conduites par le deuxième groupe de travail pour réaliser les actions 3 à 6. Elles devraient porter en priorité sur les fromages à pâtes pressées non cuites à affinage court et sur les fromages à pâtes molles et croûte fleurie et en particulier sur les EHEC.

Les recommandations du GT FALC sur cette première action sont de :

- conduire des études d'attribution des sources (en particulier par les méthodes reposant sur le séquençage des génomes) à partir de souches isolées de la filière fromages et autres produits au lait cru, afin de mesurer plus finement l'impact des fromages et autres produits laitiers au lait cru sur la santé publique,
- constituer et partager une banque de données des isolats de la filière, généraliser les méthodes de séquençage (WGS) aux isolats pour notamment détecter plus précocement les épidémies et aider les investigations d'épidémies humaines,
- conduire des études sur certains dangers associés à des technologies fromagères particulières pour lesquelles des données sont manquantes ou parcellaires (notamment pour les sept couples présentant un niveau de confiance faible parmi les 46 étudiés).

Concernant la deuxième action relative aux mesures de maîtrise des risques depuis le stade de l'élevage jusqu'au stade de la consommation, le GT FALC a réalisé une synthèse bibliographique des mesures de maîtrise possibles à l'élevage, en atelier de fabrication et chez le consommateur et ses principales conclusions sont les suivantes :

- En élevage, les voies de contamination des animaux et du lait par les différents pathogènes sont bien documentées. L'hygiène de la traite, la gestion des mammites, les bonnes pratiques d'élevage, d'hygiène et de conduite des troupeaux sont bien connues (elles font l'objet d'une abondante documentation technique) et sont

importantes pour la maîtrise des dangers à la ferme. Concernant les mesures spécifiques de maîtrise, telles que la gestion de l'alimentation, l'utilisation de probiotiques, la vaccination ou les programmes de lutte, bien que la recherche progresse dans ces domaines, il n'est pas encore possible de se prononcer sur leur efficacité compte-tenu du niveau d'incertitude.

- En atelier de fabrication, la maîtrise de la vitesse d'acidification du caillé et la conduite de l'affinage sont des facteurs majeurs pour la maîtrise des pathogènes dans les fromages, dans la limite des procédés technologiques. L'application des BPH reste primordiale.
- Concernant les consommateurs, les mesures de maîtrise des risques reposent majoritairement sur le respect des températures de conservation et des dates limites de consommation. Il existe une cohérence des recommandations d'éviction pour les populations sensibles sur les différents sites internet officiels et interprofessionnels (cf partie 3.7).

L'analyse détaillée des mesures de maîtrise des risques aux différents stades pourra être reprise par le deuxième groupe de travail pour quantifier leur impact sur le risque.

Les recommandations du GT FALC sont de :

- maintenir la formation des éleveurs aux BPH comme une priorité de la filière,
- conduire des études épidémiologiques pour identifier les facteurs de risque concernant la colonisation des animaux par les pathogènes, les niveaux d'excrétion et le déclenchement de périodes de super-excrétion,
- appréhender la diversité et les dynamiques des bactéries pathogènes circulant au sein et entre les élevages (surveillance génomique, mutualisation des données),
- poursuivre le suivi des indicateurs de bonnes pratiques d'hygiène (par exemple l'appréciation des niveaux de propreté des animaux) dans tous les compartiments de la ferme et généraliser leur utilisation et leur enregistrement en vue de l'exploitation ultérieure des données,
- compléter les données manquantes sur l'évolution de certains dangers associés à certaines technologies, par exemple *Salmonella* dans les fromages à pâtes pressées non cuites ou l'histamine dans les fromages à pâtes pressées non-cuites ou les fromages à pâtes pressées demi-cuites, en lançant des études exhaustives de tests de croissance,
- conduire des études plus prospectives sur les écosystèmes microbiens dans les élevages,
- conduire des études plus prospectives sur les écosystèmes microbiens relatifs aux fromages au lait cru en identifiant d'une part de potentiels consortia anti-pathogènes et d'autre part des écosystèmes microbiens des laits crus associés à des faibles prévalences de pathogènes,
- faciliter les diffusions des informations à caractère éducatif et sanitaire concernant les produits au lait cru par les professionnels de santé auprès du public,
- sensibiliser les enfants aux bonnes pratiques d'hygiène et aux risques microbiologiques dès le plus jeune âge, notamment au cours du parcours scolaire,
- récolter des données spécifiques sur les pratiques des consommateurs (ex: remise en température),
- harmoniser le type de date (DLC ou DDM) par catégorie de fromages,
- optimiser l'efficacité de la communication, dans l'hypothèse d'un étiquetage destiné aux populations sensibles, en faisant une étude de la perception par ces populations des risques microbiologiques liés aux fromages au lait cru.

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations du CES BIORISK.

L'expertise a montré l'importance relative en termes de sécurité sanitaire des dangers microbiologiques associés aux catégories de fromages au sein des différents fromages et produits laitiers fabriqués à partir de lait cru. Le travail de hiérarchisation ainsi réalisé vise en première intention à établir les priorités de travail pour l'appréciation quantitative des risques qui fera l'objet de la deuxième partie du travail d'expertise.

L'Anses souligne que l'amélioration de la robustesse des résultats d'attribution du fardeau de maladie et de l'efficacité des investigations épidémiologiques passent notamment par l'acquisition de connaissances par l'étude génomique des souches isolées dans les filières.

Concernant les mesures de maîtrise, l'analyse bibliographique réalisée dresse un large panorama des mesures disponibles aux différentes étapes depuis l'élevage jusqu'à la consommation des produits. La seconde phase de l'expertise permettra d'en chiffrer l'importance par un travail de modélisation.

A l'occasion de ce recensement, l'Agence rappelle la contribution importante des consommateurs dans la maîtrise des risques, car leurs choix et actions ont une réelle incidence sur celle-ci : l'éviction de certains fromages et produits laitiers au lait cru pour des catégories de personnes sensibles, le respect des dates limites de consommation et la vigilance sur la température de conservation constituent des maillons essentiels à la fin de la chaîne de maîtrise des risques.

Dr Roger Genet

MOTS-CLÉS

Fromages au lait cru, *Salmonella*, EHEC, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, histamine, mesures de maîtrise, consommateurs, hiérarchisation

Raw milk cheeses, *Salmonella*, EHEC, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, histamine, control measures, consumers, priorisation

CITATION SUGGÉRÉE

Anses (2022). Avis relatif aux modalités de maîtrise du risque lié à la présence de dangers microbiologiques dans les fromages et autres produits laitiers fabriqués à partir de lait cru (saisine 2019-SA-0033). Partie 1 : Priorisation des couples « danger microbiologique/fromage et autre produit laitier au lait cru », bilan des mesures de maîtrise disponibles. Maisons-Alfort: Anses, 126 p.

BIBLIOGRAPHIE

- Adam, K et F Brülisauer. 2010. "The application of food safety interventions in primary production of beef and lamb: a review." *International journal of food microbiology* 141: S43-S52.
- Adhikari, Achyut, Veerachandra K Yemmireddy, Michael J Costello, Peter M Gray, Russ Salvadalena, Barbara Rasco et Karen Killinger. 2018. "Effect of storage time and temperature on the viability of *E. coli* O157: H7, *Salmonella* spp., *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus*, and *Clostridium sporogenes* vegetative cells and spores in vacuum-packed canned pasteurized milk cheese." *International journal of food microbiology* 286: 148-154.
- Adler, Barbara B et Larry R Beuchat. 2002. "Death of *Salmonella*, *Escherichia coli* O157: H7, and *Listeria monocytogenes* in garlic butter as affected by storage temperature." *Journal of food protection* 65 (12): 1976-1980.
- AFSCA. 2015. *Evaluation des risques microbiologiques de la consommation des produits laitiers à base de lait cru (dossier Sci Com 2014/06: auto-saisine)*. <http://www.afsca.be/comitescientifique/avis/2015/ documents/AVIS02-2015 FR DOSSIER 2014-06.pdf>.
- AFSCA. 2019. AVIS 11-2019. *Potentiel de croissance de *Listeria monocytogenes* dans le beurre de ferme au lait cru*.
- Afssa. 2010. *Avis sur l'augmentation des cas de listériose et le lien éventuel avec l'évolution des modes de production, de préparation et de consommation des aliments*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC-Ra-ListerioseAliments.pdf>.
- Albert, Isabelle, Régis Pouillot et Jean-Baptiste Denis. 2005. "Stochastically modeling *Listeria monocytogenes* growth in farm tank milk." *Risk Analysis: An International Journal* 25 (5): 1171-1185.
- Almena-Aliste, Montserrat et Bernard Miettton. 2014. "Cheese classification, characterization, and categorization: a global perspective." *Cheese and Microbes*: 39-71.
- Anderson, KL, R Lyman, K Moury, D Ray, DW Watson et MT Correa. 2012. "Molecular epidemiology of *Staphylococcus aureus* mastitis in dairy heifers." *Journal of dairy science* 95 (9): 4921-4930.

- Angoujard, Pauline. 2015. "Enquête sur le diagnostic et le traitement des mammites de la vache laitière par les vétérinaires de terrain en France en 2015."
- Anonyme. 2015. Décret no 2007-628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères. https://beta.legifrance.gouv.fr/loda/texte_lc/LEGITEXT000006056036/.
- Anses. 2011. *Tuberculose bovine et faune sauvage*.
- Anses. 2014a. *Avis et rapport d'expertise collective. Information des consommateurs en matière de prévention des risques biologiques liés aux aliments. Tome 1 - Hiérarchisation des couples danger/aliment et état des lieux des mesures d'information*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2012sa0118Ra-01.pdf>.
- Anses. 2014b. "Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments: *Brucella* spp."
- Anses. 2015a. *Appui scientifique et technique concernant l'étude de l'évolution de *Listeria monocytogenes* dans les fromages de type cantal*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/LABO2014sa0149.pdf>.
- Anses. 2015b. *Avis et rapport d'expertise collective. Information des consommateurs en matière de prévention des risques biologiques liés aux aliments. Tome 2 - Évaluation de l'efficacité des stratégies de communication*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2012sa0118Ra-02.pdf>.
- Anses. 2017a. *Attribution des sources des maladies infectieuses d'origine alimentaire. Partie 1 : Revue des méthodes et inventaire des données*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2015SA0162Ra.pdf>.
- Anses. 2017b. *Avis et rapport d'expertise collective - Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3)*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014SA0234Ra.pdf>.
- Anses. 2017c. *Avis relatif à la détection des *E. coli* producteurs de shigatoxines (STEC) considérés comme hautement pathogènes en filière viande hachée bovine*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0121.pdf>.
- Anses. 2018a. *Attribution des sources des maladies infectieuses d'origine alimentaire. Partie 2 : Analyse des données épidémiologiques*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2015SA0162Ra-2.pdf>.
- Anses. 2018b. *Avis et rapport d'expertise collective *Salmonella* spp. en alimentation animale*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/ALAN2016SA0029Ra.pdf>.
- Anses. 2018c. "Avis et rapport: Attribution des sources des maladies infectieuses d'origine alimentaire. Partie 2: analyse des données épidémiologiques."
- Anses. 2018d. *Avis relatif à l'évaluation des protocoles d'échantillonnage des laits et fromages morbier et mont d'or en vue de réduire le risque épidémique de salmonellose*. Disponible à <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0168.pdf>.
- Anses. 2019a. *Avis relatif à l'actualisation des repères alimentaires du PNNS pour les enfants de 0 à 3 ans*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2017SA0145.pdf>.
- Anses. 2019b. *Avis relatif à l'actualisation des repères alimentaires du PNNS pour les enfants de 4 à 17 ans*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2017SA0142.pdf>.
- Anses. 2019c. *Avis relatif à l'actualisation des repères alimentaires du PNNS pour les femmes dès la ménopause et les hommes de plus de 65 ans*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2017SA0143.pdf>.
- Anses. 2019d. *Avis relatif à l'actualisation des repères alimentaires du PNNS pour les femmes enceintes ou allaitantes*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2017SA0141.pdf>.
- Anses. 2020a. *Avis et rapport d'expertise. Hiérarchisation des dangers biologiques et chimiques dans le but d'optimiser la sécurité sanitaire des aliments : Méthodologie et preuve de concept*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0153Ra.pdf>.

- Anses. 2020b. *Dangers microbiens liés aux matières premières végétales utilisées en alimentation animale. Avis et rapport d'expertise collective.* <https://www.anses.fr/fr/system/files/ALAN2015SA0191Ra.pdf>.
- Anses. 2020c. *Note d'appui scientifique relatif à l'établissement d'un cahier des charges en vue d'une étude épidémiologique relative au risque lié aux E. coli entérohémorragiques (et E. coli O26 en particulier) dans la filière reblochon.* <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2019SA0104.pdf>.
- Antognoli, MC, JE Lombard, BA Wagner, BJ McCluskey, JS Van Kessel et JS Karns. 2009. "Risk factors associated with the presence of viable *Listeria monocytogenes* in bulk tank milk from US dairies." *Zoonoses and public health* 56 (2): 77-83.
- Ascone, Patrizia, Jürg Maurer, John Haldemann, Stefan Irmeler, Hélène Berthoud, Reto Portmann, Marie-Therese Fröhlich-Wyder et Daniel Wechsler. 2017. "Prevalence and diversity of histamine-forming *Lactobacillus parabuchneri* strains in raw milk and cheese—A case study." *International dairy journal* 70: 26-33.
- Augustin, Jean-Christophe, Rachel Ferrier, Bernard Hezard, Adrienne Lintz et Valérie Stahl. 2015. "Comparison of individual-based modeling and population approaches for prediction of foodborne pathogens growth." *Food microbiology* 45: 205-215.
- Augustin, Jean-Christophe, Pauline Kooh, Thomas Bayeux, Laurent Guillier, Thierry Meyer, Jourdan-Da Silva, Isabelle Villena, Moez Sanaa et Olivier Cerf. 2020. "Contribution of Foods and Poor Food-Handling Practices to the Burden of Foodborne Infectious Diseases in France." *Foods* 9 (11): 1644.
- Augustin, Jean-Christophe, Pauline Kooh, Lapo Mughini-Gras, Laurent Guillier, Anne Thébaud, Frédérique Audiat-Perrin, Vasco Cadavez, Ursula Gonzales-Barron et Moez Sanaa. 2020. "Risk factors for sporadic infections caused by Shiga toxin-producing *Escherichia coli*: a systematic review and meta-analysis." *Microbial Risk Analysis*: 100117.
- Aziza, Fanny, Eric Mettler, Jean-Jacques Daudin et Moez Sanaa. 2006. "Stochastic, compartmental, and dynamic modeling of cross-contamination during mechanical smearing of cheeses." *Risk analysis* 26 (3): 731-745.
- Bachmann, H. P. et U. Spahr. 1995. "The Fate of Potentially Pathogenic Bacteria in Swiss Hard and Semihard Cheeses Made from Raw Milk." *Journal of Dairy Science* 78 (3): 476-483. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76657-7](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76657-7).
- Barkema, H. W., M. J. Green, A. J. Bradley et R. N. Zadoks. 2009. "Invited review: The role of contagious disease in udder health." *Journal of Dairy Science* 92 (10): 4717-4729. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2009-2347>.
- Beauvais, Wendy, Elena V. Gart, Melissa Bean, Anthony Blanco, Jennifer Wilsey, Kallie McWhinney, Laura Bryan, Mary Krath, Ching-Yuan Yang, Diego Manriquez Alvarez, Sushil Paudyal, Kelsey Bryan, Samantha Stewart, Peter W. Cook, Glenn Lahodny, Jr., Karina Baumgarten, Raju Gautam, Kendra Nightingale, Sara D. Lawhon, Pablo Pinedo et Renata Ivanek. 2018. "The prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 fecal shedding in feedlot pens is affected by the water-to-cattle ratio: A randomized controlled trial." *PLOS ONE* 13 (2): e0192149. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192149>.
- Bellio, Alberto, Francesco Chiesa, Silvia Gallina, Daniela Manila Bianchi, Guerrino Macori, Dario Bossi, Yacine Nia, Isabelle Mutel, Sabine Messio et Jacques-Antoine Hennekinne. 2019. "Insight into the distribution of staphylococci and their enterotoxins in cheeses under natural conditions." *Frontiers in microbiology* 9: 3233.
- Bergonier, Dominique, Daniel Sobral, Andrea T Feßler, Eric Jacquet, Florence B Gilbert, Stefan Schwarz, Michaël Treilles, Philippe Bouloc, Christine Pourcel et Gilles Vergnaud. 2014. "Staphylococcus aureus from 152 cases of bovine, ovine and caprine mastitis investigated by Multiple-locus variable number of tandem repeat analysis (MLVA)." *Veterinary research* 45 (1): 1-8.

- Bernini, Valentina, Benedetta Bottari, Elena Dalzini, Elisa Sgarbi, Camilla Lazzi, Erasmo Neviani et Monica Gatti. 2013. "The presence, genetic diversity and behaviour of *Listeria monocytogenes* in blue-veined cheese rinds during the shelf life." *Food control* 34 (2): 323-330.
- Berthenet, Elvire, Amandine Thépault, Marianne Chemaly, Katell Rivoal, Astrid Ducournau, Alice Buissonnière, Lucie Bénéjat, Emilie Bessède, Francis Mégraud et Samuel K Sheppard. 2019. "Source attribution of *Campylobacter jejuni* shows variable importance of chicken and ruminants reservoirs in non-invasive and invasive French clinical isolates." *Scientific reports* 9 (1): 1-8.
- Bibbal, Delphine, Maryse Michèle Um, Alpha Amadou Diallo, Monique Kérourédan, Véronique Dupouy, Pierre-Louis Toutain, Alain Bousquet-Mélou, Eric Oswald et Hubert Brugère. 2018. "Mixing of Shiga toxin-producing and enteropathogenic *Escherichia coli* in a wastewater treatment plant receiving city and slaughterhouse wastewater." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 221 (2): 355-363. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.12.009>.
- Bidaud, O, P Houffschmitt et Y Viguerie. 2010. "Etiologie des mammites bovines en France entre 2005 et 2007." *Services techniques Intervet*.
- Bonaïti, Catherine, M-N Leclercq-Perlat, Eric Latrille et Georges Corrieu. 2004. "Deacidification by *Debaryomyces hansenii* of smear soft cheeses ripened under controlled conditions: Relative humidity and temperature influences." *Journal of dairy science* 87 (11): 3976-3988.
- Bosquet, G., B Faroult, J.-F. Labbé et F. Sérieys. 2013. *Référentiel Vétérinaire 2013 pour le traitement des mammites bovines*, ed Paris SNGTV, Fance. 100 p.
- Bradley, Andrew J, Katharine A Leach, Martin J Green, Jenny Gibbons, Ian C Ohnstad, David H Black, Barbara Payne, Victoria E Prout et James E Breen. 2018. "The impact of dairy cows' bedding material and its microbial content on the quality and safety of milk—A cross sectional study of UK farms." *International journal of food microbiology* 269: 36-45.
- Brockmann, SO, R Oehme, T Buckenmaier, M Beer, A Jeffery-Smith, M Spannenkrebs, S Haag-Milz, C Wagner-Wiening, C Schlegel et J Fritz. 2018. "A cluster of two human cases of tick-borne encephalitis (TBE) transmitted by unpasteurised goat milk and cheese in Germany, May 2016." *Eurosurveillance* 23 (15).
- Brooks, J. C., B. Martinez, J. Stratton, A. Bianchini, R. Krokstrom et R. Hutkins. 2012. "Survey of raw milk cheeses for microbiological quality and prevalence of foodborne pathogens." *Food Microbiology* 31 (2): 154-158. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.03.013>.
- Busani, L, A Cigliano, E Taioli, V Caligiuri, L Chiavacci, C Di Bella, A Battisti, A Duranti, M Gianfranceschi et MC Nardella. 2005. "Prevalence of *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* contamination in foods of animal origin in Italy." *Journal of food protection* 68 (8): 1729-1733.
- Callon, Cécile, Emilie Retureau, Robert Didiene et Marie-Christine Montel. 2014. "Microbial biodiversity in cheese consortia and comparative *Listeria* growth on surfaces of uncooked pressed cheeses." *International journal of food microbiology* 174: 98-109.
- Campagnollo, Fernanda B, Larissa P Margalho, Bruna A Kamimura, Marcelo D Feliciano, Luisa Freire, Letícia S Lopes, Verônica O Alvarenga, Vasco AP Cadavez, Ursula Gonzales-Barron et Donald W Schaffner. 2018. "Selection of indigenous lactic acid bacteria presenting anti-listerial activity, and their role in reducing the maturation period and assuring the safety of traditional Brazilian cheeses." *Food microbiology* 73: 288-297.

- Caprioli, Alfredo, Stefano Morabito, Hubert Brugère et Eric Oswald. 2005. "Enterohaemorrhagic *Escherichia coli*: emerging issues on virulence and modes of transmission." *Veterinary research* 36 (3): 289-311.
- Castro-Hermida, José Antonio, Isabelle Pors, Bernard Poupin, Elvira Ares-Mazás et Christophe Chartier. 2005. "Prevalence of *Giardia duodenalis* and *Cryptosporidium parvum* in goat kids in western France." *Small Ruminant Research* 56 (1-3): 259-264.
- Castro, Hanna, Anniina Jaakkonen, Marjaana Hakkinen, Hannu Korkeala et Miia Lindström. 2018. "Occurrence, persistence, and contamination routes of *Listeria monocytogenes* genotypes on three Finnish dairy cattle farms: a longitudinal study." *Applied and environmental microbiology* 84 (4).
- Castro, Hanna Kristiina, Anniina Jaakkonen, Anna Hakakorpi, Marjaana Hakkinen, Joana Isidro, Hannu Korkeala, Miia Lindström et Saija Hallanvuo. 2019. "Genomic epidemiology and phenotyping reveal on-farm persistence and cold adaptation of raw milk outbreak-associated *Yersinia pseudotuberculosis*." *Frontiers in microbiology* 10: 1049.
- Chase-Topping, Margo E., Iain J. McKendrick, Michael C. Pearce, Peter MacDonald, Louise Matthews, Jo Halliday, Lesley Allison, Dave Fenlon, J. Christopher Low, George Gunn et Mark E. J. Woolhouse. 2007. "Risk Factors for the Presence of High-Level Shedders of *Escherichia coli* O157 on Scottish Farms." *Journal of Clinical Microbiology* 45 (5): 1594. <https://doi.org/10.1128/JCM.01690-06>.
- Chatelard-Chauvin, Caroline, Fanny Pelissier, Sophie Hulin et Marie-Christine Montel. 2015. "Behaviour of *Listeria monocytogenes* in raw milk Cantal type cheeses during cheese making, ripening and storage in different packaging conditions." *Food Control* 54: 53-65.
- Christidis, T, KDM Pintar, AJ Butler, A Nesbitt, MK Thomas, B Marshall et F Pollari. 2016. "Campylobacter spp. prevalence and levels in raw milk: a systematic review and meta-analysis." *Journal of food protection* 79 (10): 1775-1783.
- CNR des Listeria. 2017. *Rapport annuel d'activité - Année d'exercice 2016*. <https://www.pasteur.fr/fr/file/34575/download>
- Coblentz, WK et MS Akins. 2018. "Silage review: Recent advances and future technologies for baled silages." *Journal of dairy science* 101 (5): 4075-4092.
- Collins, B, PD Cotter, C Hill et RP Ross. 2011. "The impact of nisin on sensitive and resistant mutants of *Listeria monocytogenes* in cottage cheese." *Journal of applied microbiology* 110 (6): 1509-1514.
- Commission du Codex alimentarius. 1978. *Norme générale pour le fromage*. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B283-1978%252FCXS_283f.pdf.
- Cosciani-Cunico, Elena, Elena Dalzini, Stefania Ducoli, Chiara Sfameni, Barbara Bertasi, Marina-Nadia Losio, Paolo Daminelli et Giorgio Varisco. 2015. "Behaviour of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7 during the cheese making of traditional raw-milk cheeses from Italian Alps." *Italian journal of food safety* 4 (3).
- Cretenet, Marina, Sergine Even et Yves Le Loir. 2011. "Unveiling *Staphylococcus aureus* enterotoxin production in dairy products: a review of recent advances to face new challenges." *Dairy Science & Technology* 91 (2): 127-150.
- Cummings, K. J., L. D. Warnick, K. A. Alexander, C. J. Cripps, Y. T. Gröhn, P. L. McDonough, D. V. Nydam et K. E. Reed. 2009. "The incidence of salmonellosis among dairy herds in the northeastern United States." *Journal of Dairy Science* 92 (8): 3766-3774. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2009-2093>.
- da Silva Ferrari, Iris, Jane Viana de Souza, Cintia Lacerda Ramos, Mateus Matiuzzi da Costa, Rosane Freitas Schwan et Francesca Silva Dias. 2016. "Selection of autochthonous

- lactic acid bacteria from goat dairies and their addition to evaluate the inhibition of *Salmonella* Typhi in artisanal cheese." *Food microbiology* 60: 29-38.
- Dal Bello, Barbara, Luca Cocolin, Giuseppe Zeppa, Des Field, Paul D Cotter et Colin Hill. 2012. "Technological characterization of bacteriocin producing *Lactococcus lactis* strains employed to control *Listeria monocytogenes* in Cottage cheese." *International journal of food microbiology* 153 (1-2): 58-65.
- David, J. M., P. Sanders, N. Bemrah, S. A. Granier, M. Denis, F. X. Weill, D. Guillemot et L. Watier. 2013. "Attribution of the French human Salmonellosis cases to the main food-sources according to the type of surveillance data." *Preventive Veterinary Medicine* 110 (1): 12-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.02.002>.
- Davison, H. C., A. R. Sayers, R. P. Smith, S. J. S. Pascoe, R. H. Davies, J. P. Weaver et S. J. Evans. 2006. "Risk factors associated with the salmonella status of dairy farms in England and Wales." *Veterinary Record* 159 (26): 871. <https://doi.org/10.1136/vr.159.26.871>.
- De Reu, K, K Grijspeerdt et L Herman. 2004. "A Belgian survey of hygiene indicator bacteria and pathogenic bacteria in raw milk and direct marketing of raw milk farm products." *Journal of Food Safety* 24 (1): 17-36.
- De Valk, H. 2020. "Surveillance épidémiologique en France et fromages au lait cru : quels enseignements ? ." Colloque Fromages au lait cru, entre risques et bénéfices : la diversité au cœur du débat, Paris.
- Delarocque-Astagneau, E, J-C Desenclos, P Bouvet et PAD Grimont. 1998. "Risk factors for the occurrence of sporadic *Salmonella enterica* serotype enteritidis infections in children in France: a national case-control study." *Epidemiology & Infection* 121 (3): 561-567.
- Delarocque-Astagneau, Elisabeth, Christine Bouillant, Véronique Vaillant, Philippe Bouvet, Patrick AD Grimont et Jean-Claude Desenclos. 2000. "Risk factors for the occurrence of sporadic *Salmonella enterica* serotype typhimurium infections in children in France: a national case-control study." *Clinical Infectious Diseases* 31 (2): 488-492.
- Delbes, Celine, Jomaa Alomar, Nadia Chougui, Jean-Francois Martin et Marie-Christine Montel. 2006. "*Staphylococcus aureus* growth and enterotoxin production during the manufacture of uncooked, semihard cheese from cows' raw milk." *Journal of Food Protection* 69 (9): 2161-2167.
- Dewell, G. A., C. A. Simpson, R. D. Dewell, D. R. Hyatt, K. E. Belk, J. A. Scanga, P. S. Morley, T. Grandin, Smith G. C., D. A. Dargatz, B. A. Wagner et M. D. Salman. 2008. "Risk Associated with Transportation and Lairage on Hide Contamination with *Salmonella enterica* in Finished Beef Cattle at Slaughter." *Journal of Food Protection* 71 (11): 2228-2232. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-71.11.2228>.
- DGAL. 2005. Note de service DGAL/SDSSA/N2005-8119. Résultats de la qualité bactériologiques des produits laitiers. <https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/dgaln20058119z.pdf>.
- DGAL. 2009. Note de service DGAL/SDSSA/N2009-8004. Classification du fromage Roquefort dans la catégorie 1.3 du critère *Listeria monocytogenes* défini dans le chapitre 1 de l'annexe I du règlement (CE) n 2073/2005.
- DGAL. 2016. Résultats des plans de surveillance sur les fromages. .
- Dominguez, Morgane, Nathalie Jourdan-Da Silva, Véronique Vaillant, Nathalie Pihier, Cécile Kermin, François-Xavier Weill, Gilles Delmas, Annaëlle Kerouanton, Anne Brisabois et Henriette de Valk. 2009. "Outbreak of *Salmonella enterica* serotype Montevideo infections in France linked to consumption of cheese made from raw milk." *Foodborne pathogens and disease* 6 (1): 121-128.
- Donnelly, Catherine. 2018. Review of controls for pathogen risks in scottish artisan cheeses made from unpasteurised milk.

- Dreyer, M, Andreas Thomann, S Böttcher, Joachim Frey et Anna Oevermann. 2015. "Outbreak investigation identifies a single *Listeria monocytogenes* strain in sheep with different clinical manifestations, soil and water." *Veterinary microbiology* 179 (1-2): 69-75.
- EFSA. 2013. "Analysis of the baseline survey on the prevalence of *Listeria monocytogenes* in certain ready-to-eat foods in the EU, 2010–2011 Part A: *Listeria monocytogenes* prevalence estimates." *EFSA Journal* 11 (6): 3241.
- EFSA. 2017. "The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2016." *EFSA Journal* 15 (12): e05077. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.5077>.
- EFSA Panel on Biological Hazards. 2015. "Scientific Opinion on the public health risks related to the consumption of raw drinking milk." *EFSA Journal* 13 (1): 3940.
- Efsa Panel on Biological Hazards, Kostas Koutsoumanis, Ana Allende, Avelino Alvarez-Ordóñez, Sara Bover-Cid, Marianne Chemaly, Robert Davies, Alessandra De Cesare, Lieve Herman, Friederike Hilbert, Roland Lindqvist, Maarten Nauta, Luisa Peixe, Giuseppe Ru, Marion Simmons, Panagiotis Skandamis, Elisabetta Suffredini, Claire Jenkins, Sara Monteiro Pires, Stefano Morabito, Taina Niskanen, Flemming Scheutz, Maria Teresa da Silva Felício, Winy Messens et Declan Bolton. 2020. "Pathogenicity assessment of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and the public health risk posed by contamination of food with STEC." *EFSA Journal* 18 (1): e05967. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5967>.
- EFSA Panel on Biological Hazards, Kostas Koutsoumanis, Ana Allende, Avelino Alvarez-Ordóñez, Declan Bolton, Sara Bover-Cid, Marianne Chemaly, Robert Davies, Alessandra De Cesare et Friederike Hilbert. 2019. "Whole genome sequencing and metagenomics for outbreak investigation, source attribution and risk assessment of food-borne microorganisms." *EFSA Journal* 17 (12): e05898.
- EFSA Panel on Biological Hazards, Antonia Ricci, Ana Allende, Declan Bolton, Marianne Chemaly, Robert Davies, Pablo Salvador Fernández Escámez, Rosina Girones, Lieve Herman, Konstantinos Koutsoumanis, R Lindqvist, B Nørrung, A Ricci, L. Robertson, G. Ru, M. Sanaa, M. Simmons, P. Skandamis, E. Snary, N. Speybroeck, B. Ter Kuile, J Threlfall et H. Wahlström. 2018. "*Listeria monocytogenes* contamination of ready-to-eat foods and the risk for human health in the EU." *EFSA Journal* 16 (1): e05134.
- Efsa Panel on Biological Hazards, Konstantinos Koutsoumanis, Avelino Alvarez-Ordóñez, Declan Bolton, Sara Bover-Cid, Marianne Chemaly, Robert Davies, Alessandra De Cesare, Lieve Herman, Friederike Hilbert, Roland Lindqvist, Maarten Nauta, Luisa Peixe, Giuseppe Ru, Marion Simmons, Panagiotis Skandamis, Elisabetta Suffredini, Kieran Jordan, Imca Sampers, Martin Wagner, Maria Teresa Da Silva Felicio, Marios Georgiadis, Winy Messens, Olaf Mosbach-Schulz et Ana Allende. 2020. "The public health risk posed by *Listeria monocytogenes* in frozen fruit and vegetables including herbs, blanched during processing." *EFSA Journal* 18 (4): e06092. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6092>.
- El-Hajjaji, Soundous, Amaury Gérard, Juliette De Laubier, Sybille Di Tanna, Aurélie Lainé, Viviane Patz et Marianne Sindic. 2020. "Assessment of growth and survival of *Listeria monocytogenes* in raw milk butter by durability tests." *International Journal of Food Microbiology* 321: 108541. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108541>.
- Ellis-Iversen, Johanne, Richard P. Smith, Steven Van Winden, Giles A. Paiba, Eamon Watson, Lucy C. Snow et Alasdair J. C. Cook. 2008. "Farm practices to control *E. coli* O157 in young cattle - A randomised controlled trial." *Vet. Res.* 39 (1).
- Eppert, Ilka, Natalia Valdés-Stauber, H Götz, Martin Busse et Siegfried Scherer. 1997. "Growth reduction of *Listeria* spp. caused by undefined industrial red smear cheese cultures and bacteriocin-producing *Brevibacterium lines* as evaluated in situ on soft cheese." *Applied and Environmental Microbiology* 63 (12): 4812-4817.

- Espie, E, V Vaillant, U Durr, D Barataud et P Bouvet. 2003. "Facteurs de risque des syndromes hémolytiques et urémiques chez des enfants de moins de 15 ans en France: étude cas-témoins 2000-2001." *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* (20): 91-92.
- Espié, E., V. Vaillant, P. Mariani-Kurkdjian, F. Grimont, R. Martin-Schaller, H. De Valk et C. Vernozzy-Rozand. 2006. "Escherichia coli O157 outbreak associated with fresh unpasteurized goats' cheese." *Epidemiology and Infection* 134 (1): 143-146. <https://doi.org/10.1017/S0950268805004887>.
- Esteban, Jon I, Beatriz Oporto, Gorka Aduriz, Ramón A Juste et Ana Hurtado. 2009. "Faecal shedding and strain diversity of Listeria monocytogenes in healthy ruminants and swine in Northern Spain." *BMC Veterinary Research* 5 (1): 2.
- European Food Safety Authority et European Centre for Disease Prevention Control. 2019. "The European Union One Health 2018 Zoonoses Report." *EFSA Journal* 17 (12): e05926.
- Falentin, Hélène, Lucie Rault, Aurélie Nicolas, Damien S Bouchard, Jacques Lassalas, Philippe Lambertson, Jean-Marc Aubry, Pierre-Guy Marnet, Yves Le Loir et Sergine Even. 2016. "Bovine teat microbiome analysis revealed reduced alpha diversity and significant changes in taxonomic profiles in quarters with a history of mastitis." *Frontiers in microbiology* 7: 480.
- FAO. 2011. Preventing E. coli in foods. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/fcc/news/1_FAO_Preventing-E.Coli-inFood_FCC_2011.06.23.pdf.
- FAO/WHO. 2016. Interventions for the control of non-typhoidal Salmonella spp. in beef and pork: Meeting report and systematic review. . (Rome.).
- Fares, Almabrouk. 2007. "Risque de salmonellose humaine liée à la consommation de fromage à pâte molle au lait cru: développement d'un modèle pour l'appréciation quantitative du risque." Institut national agronomique Paris-Grignon.
- Farrokh, Choreh, Kieran Jordan, Frederic Auvray, Kathleen Glass, Hanne Oppegaard, Sabrina Raynaud, Delphine Thevenot, Robin Condron, Koen De Reu et Alexander Govaris. 2013. "Review of Shiga-toxin-producing Escherichia coli (STEC) and their significance in dairy production." *International journal of food microbiology* 162 (2): 190-212.
- Fenlon, DR. 1985. "Wild birds and silage as reservoirs of Listeria in the agricultural environment." *Journal of Applied Bacteriology* 59 (6): 537-543.
- Fitzgerald, J Ross. 2012. "Livestock-associated Staphylococcus aureus: origin, evolution and public health threat." *Trends in microbiology* 20 (4): 192-198.
- Fox, Edward, Tom O'Mahony, Marie Clancy, Rita Dempsey, Martina O'Brien et Kieran Jordan. 2009. "Listeria monocytogenes in the Irish Dairy Farm Environment." *Journal of Food Protection* 72 (7): 1450.
- Fox, Patrick F, Timothy P Guinee, Timothy M Cogan et Paul LH McSweeney. 2017. "Principal families of cheese." Dans *Fundamentals of cheese science*, 27-69. : Springer.
- Fravalo, Philippe, Pauline Kooh, Lapo Mughini-Gras, Julie David, Anne Thébaud, Vasco Cadavez et Ursula Gonzales-Barron. 2020. "Risk factors for sporadic campylobacteriosis: A systematic review and meta-analysis." *Microbial Risk Analysis*: 100118. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mran.2020.100118>.
- Frece, Jadranka, Marija Vrdoljak, Mija Filipčić, Marko Jelić, Iva Čanak, Željko Jakopović, Jelka Pleadin, Ivana Gobin, Tibela Landeka Dragičević et Ksenija Markov. 2016. "Microbiological quality and variability of natural microbiota in Croatian cheese maturing in lambskin sacks." *Food technology and biotechnology* 54 (2): 129-134.
- Fremaux, B., S. Raynaud, L. Beutin et C. Vernozzy Rozand. 2006. "Dissemination and persistence of Shiga toxin-producing Escherichia coli (STEC) strains on French dairy

- parks."
- Veterinary Microbiology*
- 117 (2): 180-191.
-
- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.04.030>
- .
- Frétin, Marie, Christophe Chassard, Céline Delbès, René Lavigne, Etienne Rifa, Sébastien Theil, Benoit Fernandez, Patrice Laforce et Cécile Callon. 2020. "Robustness and efficacy of an inhibitory consortium against E. coli O26:H11 in raw milk cheeses." *Food Control* 115: 107282. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107282>.
- Fritsch, Lena, Laurent Guillier et Jean-Christophe Augustin. 2018. "Next generation quantitative microbiological risk assessment: refinement of the cold smoked salmon-related listeriosis risk model by integrating genomic data." *Microbial Risk Analysis* 10: 20-27.
- Fujikawa, Hiroshi et Wakana Hirayama. 2017. "Solid-phase extraction of staphylococcal enterotoxin A in dairy products using an ion exchange resin." *Food Control* 73: 720-725.
- Ganz, Kyle, Etsuko Yamamoto, Kate Hardie, Christine Hum, Hussein Hussein, Annie Locas et Marina Steele. 2020. "Microbial safety of cheese in Canada." *International Journal of Food Microbiology* 321: 108521. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108521>.
- Ghanadan, M, N Akbari et MM Soltan Dallal. 2015. "Serotyping of Salmonella in Unpasteurized Cream Samples and Their Antibiotic Resistance Pattern." *Medical Laboratory Journal* 8 (5): 22-27.
- Giacometti, Federica, Andrea Serraino, Guido Finazzi, Paolo Daminelli, Marina Nadia Losio, Paolo Bonilauri, Norma Arrigoni, Andrea Garigliani, Roberto Mattioli et Silvia Alonso. 2012. "Foodborne pathogens in in-line milk filters and associated on-farm risk factors in dairy farms authorized to produce and sell raw milk in northern Italy." *Journal of food protection* 75 (7): 1263-1269.
- Goerges, Stefanie, Margarita Koslowsky, Samir Velagic, Nicole Borst, Wilhelm Bockelmann, Knut J Heller et Siegfried Scherer. 2011. "Anti-listerial potential of food-borne yeasts in red smear cheese." *International dairy journal* 21 (2): 83-89.
- Goulet, Véronique. 2013. "Comment réduire l'incidence de listériose humaine?: Bilan de 30 ans de surveillance épidémiologique en France."
- Graveland, Haitske, Jaap A. Wagenaar, Hans Heesterbeek, Dik Mevius, Engeline van Duijkeren et Dick Heederik. 2010. "Methicillin Resistant Staphylococcus aureus ST398 in Veal Calf Farming: Human MRSA Carriage Related with Animal Antimicrobial Usage and Farm Hygiene." *PLOS ONE* 5 (6): e10990. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010990>.
- Gray, Jessica A, P Scott Chandry, Mandeep Kaur, Chawalit Kocharunchitt, John P Bowman et Edward M Fox. 2018. "Novel biocontrol methods for *Listeria monocytogenes* biofilms in food production facilities." *Frontiers in microbiology* 9: 605.
- Guraya, R, JF Frank et AN Hassan. 1998. "Effectiveness of salt, pH, and diacetyl as inhibitors for *Escherichia coli* O157: H7 in dairy foods stored at refrigeration temperatures." *Journal of food protection* 61 (9): 1098-1102.
- Halpin-Dohnalek, Margaret I et Elmer H Marth. 1989. "Fate of *Staphylococcus aureus* in whey, whey cream, and whey cream butter." *Journal of dairy science* 72 (12): 3149-3155.
- Hassan, Latiffah, Hussni O Mohammed et Patrick L McDonough. 2001. "Farm-management and milking practices associated with the presence of *Listeria monocytogenes* in New York state dairy herds." *Preventive veterinary medicine* 51 (1-2): 63-73.
- Heinonen-Tanski, Helvi, Mohammed Mohaibes, Päivi Karinen et Jari Koivunen. 2006. "Methods to reduce pathogen microorganisms in manure." *Livestock science* 102 (3): 248-255.

- Hoffmann, Sandra, Brecht Devleesschauwer, Willy Aspinall, Roger Cooke, Tim Corrigan, Arie Havelaar, Frederick Angulo, Herman Gibb, Martyn Kirk et Robin Lake. 2017. "Attribution of global foodborne disease to specific foods: Findings from a World Health Organization structured expert elicitation." *PLoS One* 12 (9): e0183641.
- Holliday, Sarah L., Barbara B. Adler et Larry R. Beuchat. 2003. "Viability of *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Listeria monocytogenes* in butter, yellow fat spreads, and margarine as affected by temperature and physical abuse." *Food Microbiology* 20 (2): 159-168. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00127-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00127-2).
- Huang, En, Liwen Zhang, Yoon-Kyung Chung, Zuoxing Zheng et Ahmed E Yousef. 2013. "Characterization and application of enterocin RM6, a bacteriocin from *Enterococcus faecalis*." *BioMed research international* 2013.
- Iannetti, Luigi, Vicdalia Aniela Acciari, Salvatore Antoci, Nicoletta Addante, Lia Bardasi, Stefano Bilei, Paolo Calistri, Francesca Cito, Paola Cogoni et Roberta D'Aurelio. 2016. "*Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods in Italy: prevalence of contamination at retail and characterisation of strains from meat products and cheese." *Food Control* 68: 55-61.
- Ikram, M et LO Luedecke. 1977. "Growth and enterotoxin A production by *Staphylococcus aureus* in fluid dairy products." *Journal of food protection* 40 (11): 769-771.
- Imran, M, Nathalie Desmasures et J-P Vernoux. 2010. "From undefined red smear cheese consortia to minimal model communities both exhibiting similar anti-listerial activity on a cheese-like matrix." *Food microbiology* 27 (8): 1095-1103.
- Inglis, G Douglas, Jenny F Gusse, Kathaleen E House, Tara G Shelton et Eduardo N Taboada. 2020. "Clinically Relevant *Campylobacter jejuni* Subtypes Are Readily Found and Transmitted within the Cattle Production Continuum but Present a Limited Foodborne Risk." *Applied and Environmental Microbiology* 86 (6).
- Institut de veille sanitaire. 2007. *Epidémie d'infections à E coli producteurs de shiga-toxines non O157 liée à la consommation de camembert au lait cru, Nord-Ouest de la France, Octobre-Décembre* 2005. <https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/186326/2318688>.
- Institut de veille sanitaire. 2015. *Épidémie d'infections à E. coli entérohémorragique O157:H- liée à la consommation de camembert au lait cru, Grand Quart Ouest de la France, Mai 2013. Rapport d'investigation.* .
- Irlinger, Françoise et Jérôme Mounier. 2009. "Microbial interactions in cheese: implications for cheese quality and safety." *Current Opinion in Biotechnology* 20 (2): 142-148.
- Ivanek, R, YT Gröhn, MT Wells, AJ Lembo, BD Sauters et M Wiedmann. 2009. "Modeling of spatially referenced environmental and meteorological factors influencing the probability of *Listeria* species isolation from natural environments." *Applied and Environmental Microbiology* 75 (18): 5893-5909.
- Jones, Gabrielle et H. de Valk. 2020. *Épidémie d'infections à Escherichia coli O26 producteur de Shigatoxines liées à la consommation de reblochon au lait cru. France, mars-mai 2018. Disponible à partir de l'URL : <https://www.santepubliquefrance.fr>.*
- Jones, Gabrielle, Sophie Lefèvre, Marie-Pierre Donguy, Athinna Nisavanh, Garance Terpent, Erica Fougère, Emmanuelle Vaissière, Anne Guinard, Alexandra Mailles, Henriette de Valk, Marc Fila, Corentin Tanné, Caroline Le Borgne, François-Xavier Weill, Stéphane Bonacorsi, Nathalie Jourdan-Da Silva et Patricia Mariani-Kurkdjian. 2019. "Outbreak of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) O26 paediatric haemolytic uraemic syndrome (HUS) cases associated with the consumption of soft raw cow's milk cheeses, France, March to May 2019." *Euro surveillance : bulletin Européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin* 24 (22): 1900305. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2019.24.22.1900305>.

- Joosten, HMLJ et Manuel Nunez. 1996. "Prevention of histamine formation in cheese by bacteriocin-producing lactic Acid bacteria." *Appl. Environ. Microbiol.* 62 (4): 1178-1181.
- Jordan, D, Liza Rosenbaum Nielsen et LD Warnick. 2008. "Modelling a national programme for the control of foodborne pathogens in livestock: the case of Salmonella Dublin in the Danish cattle industry." *Epidemiology & Infection* 136 (11): 1521-1536.
- Jørgensen, HJ, T Mørk, HR Høgåsen et LM Rørvik. 2005. "Enterotoxigenic Staphylococcus aureus in bulk milk in Norway." *Journal of Applied Microbiology* 99 (1): 158-166.
- Jourdan Da Silva, N., B. Poignet-Leroux, S. Le Hello, Renaud Lailier, A.S. Barret et F.X. Weill. 2012. "Outbreak of Salmonella Oranienburg linked to raw milk sheep cheese, France, May 2012." ESCAIDE, Edinburgh, UK.
- Khatun, M, PC Thomson, KL Kerrisk, NA Lyons, CEF Clark, J Molfino et SC García. 2018. "Development of a new clinical mastitis detection method for automatic milking systems." *Journal of dairy science* 101 (10): 9385-9395.
- King, Lisa A., Francisco Nogareda, François-Xavier Weill, Patricia Mariani-Kurkdjian, Estelle Loukiadis, Gaëlle Gault, Nathalie Jourdan-DaSilva, Edouard Bingen, Muriel Macé, Delphine Thevenot, Nathalie Ong, Christine Castor, Harold Noël, Dieter Van Cauteren, Martine Charron, Véronique Vaillant, Benedicte Aldabe, Véronique Goulet, Gilles Delmas, Elisabeth Couturier, Yann Le Strat, Christian Combe, Yahsou Delmas, François Terrier, Benoit Vendrely, Patrick Rolland et Henriette de Valk. 2012. "Outbreak of Shiga Toxin–Producing Escherichia coli O104:H4 Associated With Organic Fenugreek Sprouts, France, June 2011." *Clinical Infectious Diseases* 54 (11): 1588-1594. <https://doi.org/10.1093/cid/cis255>.
- Kirchner, M, I McLaren, FA Clifton-Hadley, E Liebana, AD Wales et RH Davies. 2012. "A comparison between longitudinal shedding patterns of Salmonella Typhimurium and Salmonella Dublin on dairy farms." *Veterinary Record*.
- Klostermann, Katja, Fiona Crispie, James Flynn, R Paul Ross, Colin Hill et William Meaney. 2008. "Intramammary infusion of a live culture of Lactococcus lactis for treatment of bovine mastitis: comparison with antibiotic treatment in field trials." *Journal of dairy research* 75 (3): 365-373.
- Kooh, Pauline, Anne Thébault, Vasco Cadavez, Ursula Gonzales-Barron et Isabelle Villena. 2020. "Risk factors for sporadic cryptosporidiosis: A systematic review and meta-analysis." *Microbial Risk Analysis*: 100116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mran.2020.100116>.
- Kudirkiene, Eglė, Gitte Sørensen, Mia Torpdahl, Leonardo V. de Knecht, Liza R. Nielsen, Erik Rattenborg, Shahana Ahmed et John E. Olsen. 2020. "Epidemiology of Salmonella enterica Serovar Dublin in Cattle and Humans in Denmark, 1996 to 2016: a Retrospective Whole-Genome-Based Study." *Applied and Environmental Microbiology* 86 (3): e01894-19. <https://doi.org/10.1128/AEM.01894-19>.
- Kümmel, Judith, Beatrix Stessl, Monika Gonano, Georg Walcher, Othmar Bereuter, Martina Fricker, Tom Grunert, Martin Wagner et Monika Ehling-Schulz. 2016. "Staphylococcus aureus entrance into the dairy chain: tracking S. aureus from dairy cow to cheese." *Frontiers in microbiology* 7: 1603.
- Laguerre, Onrawee et D Flick. 2010. "Temperature prediction in domestic refrigerators: Deterministic and stochastic approaches." *International Journal of Refrigeration* 33 (1): 41-51.
- Lahou, Evy et Mieke Uyttendaele. 2017. "Growth potential of Listeria monocytogenes in soft, semi-soft and semi-hard artisanal cheeses after post-processing contamination in deli retail establishments." *Food Control* 76: 13-23.
- Lambertini, Elisabetta, Jeffrey S. Karns, Jo Ann S. Van Kessel, Huilin Cao, Ynte H. Schukken, David R. Wolfgang, Julia M. Smith et Abani K. Pradhan. 2015. "Dynamics of Escherichia coli; Virulence Factors in Dairy Herds and Farm Environments in a

- Longitudinal Study in the United States." *Applied and Environmental Microbiology* 81 (13): 4477. <https://doi.org/10.1128/AEM.00465-15>.
- Larsen, HD, KH Sloth, C Elsberg, Carsten Enevoldsen, LH Pedersen, NHR Eriksen, Frank Møller Aarestrup et NE Jensen. 2000. "The dynamics of *Staphylococcus aureus* intramammary infection in nine Danish dairy herds." *Veterinary microbiology* 71 (1-2): 89-101.
- Larson, AE, EA Johnson et JH Nelson. 1999. "Survival of *Listeria monocytogenes* in commercial cheese brines." *Journal of Dairy Science* 82 (9): 1860-1868.
- Latorre, AA, JS Van Kessel, JS Karns, MJ Zurakowski, AK Pradhan, KJ Boor, Bhushan M Jayarao, BA Houser, CS Daugherty et YH Schukken. 2010. "Biofilm in milking equipment on a dairy farm as a potential source of bulk tank milk contamination with *Listeria monocytogenes*." *Journal of dairy science* 93 (6): 2792-2802.
- Latorre, Alejandra A, Jo Ann S Van Kessel, Jeffrey S Karns, Michael J Zurakowski, Abani K Pradhan, Ruth N Zadoks, Kathryn J Boor et Ynte H Schukken. 2009. "Molecular ecology of *Listeria monocytogenes*: evidence for a reservoir in milking equipment on a dairy farm." *Applied and Environmental Microbiology* 75 (5): 1315-1323.
- Leclercq, Alexandre, Pauline Kooh, Jean-Christophe Augustin, Laurent Guillier, Anne Thébault, Vasco Cadavez, Ursula Gonzales-Barron et Moez Sanaa. 2020. "Risk factors for sporadic listeriosis: A systematic review and meta-analysis." *Microbial Risk Analysis*: 100128.
- Lefay, Didier, Muriel Naciri, Pierre Poirier et René Chermette. 2000. "Prevalence of *Cryptosporidium* infection in calves in France." *Veterinary Parasitology* 89 (1-2): 1-9.
- LeJeune, Jeffrey T., Thomas E. Besser et Dale D. Hancock. 2001. "Cattle Water Troughs as Reservoirs ofEscherichia coli O157." *Applied and Environmental Microbiology* 67 (7): 3053. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.7.3053-3057.2001>.
- Lekkas, Charidimos, Athanasia Kakouri, Evaggelos Paleologos, Leandros P Voutsinas, Michael G Kontominas et John Samelis. 2006. "Survival of *Escherichia coli* O157: H7 in Galotyri cheese stored at 4 and 12 C." *Food microbiology* 23 (3): 268-276.
- Leong, Wan Mei, Renae Geier, Sarah Engstrom, Steve Ingham, Barbara Ingham et Marianne Smukowski. 2014. "Growth of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157: H7, and *Staphylococcus aureus* on cheese during extended storage at 25° C." *Journal of food protection* 77 (8): 1275-1288.
- Leuschner, Renata GK et Martin P Boughtflower. 2002. "Laboratory-scale preparation of soft cheese artificially contaminated with low levels of *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica* serovars Typhimurium, Enteritidis, and Dublin." *Journal of food protection* 65 (3): 508-514.
- Lindqvist, Roland, Susanne Sylvén et Ivar Vågsholm. 2002. "Quantitative microbial risk assessment exemplified by *Staphylococcus aureus* in unripened cheese made from raw milk." *International Journal of Food Microbiology* 78 (1-2): 155-170.
- Little, CL et S Knøchel. 1994. "Growth and survival of *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* and *Bacillus cereus* in Brie stored at 4, 8 and 20 C." *International journal of food microbiology* 24 (1-2): 137-145.
- Little, CL, SK Sagoo, IA Gillespie, K Grant et J McLauchlin. 2009. "Prevalence and level of *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* species in selected retail ready-to-eat foods in the United Kingdom." *Journal of food protection* 72 (9): 1869-1877.
- Locatelli, Aude, Géraldine Depret, Claudy Jolivet, Sonia Henry, Samuel Dequiedt, Pascal Piveteau et Alain Hartmann. 2013. "Nation-wide study of the occurrence of *Listeria monocytogenes* in French soils using culture-based and molecular detection methods." *Journal of microbiological methods* 93 (3): 242-250.

- Losinger, W. C., S. J. Wells, L. P. Garber, H. S. Hurd et L. A. Thomas. 1995. "Management Factors Related to Salmonella Shedding by Dairy Heifers." *Journal of Dairy Science* 78 (11): 2464-2472. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76874-6](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76874-6).
- Loury, P, L Gross, F Dugast, L Favennec, F Dalle, A de Rougemont, B Polack, D Giraudeau, S Valot, D. Costa et B Hubert. 2019. "Épidémie de cryptosporidiose dans un collège de l'ouest de la France, novembre 2017." http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2019/16/pdf/2019_16_2.pdf. *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire* 16: 295-30.
- Loury, P, L Gross, F Dugast, L Favennec et F Dalle. 2019. "Épidémie de cryptosporidiose dans un collège de l'ouest de la France, novembre 2017/Cryptosporidiosis outbreak within a middle school in western France, November 2017." *Bull Épidémiol Hebd.* (16): 295-300.
- Maijala, R, O Lyytikäinen, T Johansson, T Autio, T Aalto, L Haavisto et T Honkanen-Buzalski. 2001. "Exposure of *Listeria monocytogenes* within an epidemic caused by butter in Finland." *International Journal of Food Microbiology* 70 (1-2): 97-109.
- Margolles, Abelardo, Ana Rodríguez et Clara G de Los Reyes-Gavilán. 1997. "Behavior of *Listeria monocytogenes* during the manufacture, ripening, and cold storage of Afuega'l Pitu cheese." *Journal of food protection* 60 (6): 689-693.
- Mariani, C, N Oulahal, J-F Chamba, F Dubois-Brissonnet, Eric Notz et Romain Briandet. 2011. "Inhibition of *Listeria monocytogenes* by resident biofilms present on wooden shelves used for cheese ripening." *Food Control* 22 (8): 1357-1362.
- Martinez-Rios, Veronica et Paw Dalgaard. 2018. "Prevalence of *Listeria monocytogenes* in European cheeses: A systematic review and meta-analysis." *Food Control* 84: 205-214.
- Matto, Carolina, Gustavo Varela, María Inés Mota, Ruben Giannechini et Rodolfo Rivero. 2017. "Rhombencephalitis caused by *Listeria monocytogenes* in a pastured bull." *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 29 (2): 228-231.
- Mcauley, Catherine M, Kate McMillan, Sean C Moore, Narelle Fegan et Edward M Fox. 2014. "Prevalence and characterization of foodborne pathogens from Australian dairy farm environments." *Journal of dairy science* 97 (12): 7402-7412.
- Merlotti, Alessandra, Gerardo Manfreda, Nanna Munck, Tine Hald, Eva Litrup, Eva Møller Nielsen, Daniel Remondini et Frédérique Pasquali. 2020. "Network approach to source attribution of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and its monophasic variant." *Frontiers in Microbiology* 11: 1205.
- Merz, Axel, Roger Stephan et Sophia Johler. 2016. "Staphylococcus aureus isolates from goat and sheep milk seem to be closely related and differ from isolates detected from bovine milk." *Frontiers in Microbiology* 7: 319.
- Metz, Monica, John Sheehan et Peter C. H. Feng. 2020. "Use of indicator bacteria for monitoring sanitary quality of raw milk cheeses – A literature review." *Food Microbiology* 85: 103283. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103283>.
- Meyrand, A, S Boutrand-Loei, S Ray-Gueniot, C Mazuy, CE Gaspard, G Jaubert, G Perrin, C Lapeyre et C Vernozy-Rozand. 1998. "Growth and enterotoxin production of *Staphylococcus aureus* during the manufacture and ripening of Camembert-type cheeses from raw goats' milk." *Journal of Applied Microbiology* 85 (3): 537-544.
- Mietton, Bernard et I. Chablain. 2018. "Pratiques et techniques fromagères des différentes familles de fromages." Dans *Le Fromage*, édité par Lavoisier. Paris.
- Millemann, Yves, G. Belbis, S. Assié et Renaud Maillard. 2014. "Usage raisonné des antibiotiques chez les bovins : indications, quand ne pas traiter ?" *Le Point Vétérinaire*.
- Millet, L, Marjorie Saubusse, Robert Didienne, Laurent Tessier et Marie-Christine Montel. 2006. "Control of *Listeria monocytogenes* in raw-milk cheeses." *International Journal of Food Microbiology* 108 (1): 105-114.

- Minor, TE et EH Marth. 1972. "Staphylococcus aureus and enterotoxin A in cream and butter." *Journal of dairy science* 55 (10): 1410-1414.
- Miszczycha, S. D., N. Bel, P. Gay-Perret, V. Michel, M. C. Montel et D. Sergentet-Thevenot. 2016. "Behavior of different Shiga toxin-producing *Escherichia coli* serotypes (O26:H11, O103:H2, O145:H28, O157:H7) during the manufacture, ripening, and storage of a white mold cheese." *Journal of Dairy Science* 99 (7): 5224-5229. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2015-10803>.
- Miszczycha, Stéphane D, Frédérique Perrin, Sarah Ganet, Emmanuel Jamet, Fanny Tenenhaus-Aziza, Marie-Christine Montel et Delphine Thevenot-Sergentet. 2013. "Behavior of different Shiga toxin-producing *Escherichia coli* serotypes in various experimentally contaminated raw-milk cheeses." *Applied and environmental microbiology* 79 (1): 150-158.
- Møller, Sandie M, Tina B Hansen, Ulf Andersen, Søren K Lillevang, Anitha Rasmussen et Hanne C Bertram. 2012. "Water properties in cream cheeses with variations in pH, fat, and salt content and correlation to microbial survival." *Journal of agricultural and food chemistry* 60 (7): 1635-1644.
- Monnet, Christophe, Valentin Loux, Jean-François Gibrat, Eric Spinnler, Valérie Barbe, Benoît Vacherie, Frederick Gavory, Edith Gourbeyre, Patricia Siguier et Michaël Chandler. 2010. "The *Arthrobacter arilaitensis* Re117 genome sequence reveals its genetic adaptation to the surface of cheese." *PloS one* 5 (11): e15489.
- Montel, Marie-Christine, Solange Buchin, Adrien Mallet, Céline Delbes-Paus, Dominique A. Vuitton, Nathalie Desmasures et Françoise Berthier. 2014. "Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits." *International Journal of Food Microbiology* 177: 136-154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.019>.
- Morandi, Stefano, Tiziana Silvetti, Vito Vezzini, Elena Morozzo et Milena Brasca. 2020. "How we can improve the antimicrobial performances of lactic acid bacteria? A new strategy to control *Listeria monocytogenes* in Gorgonzola cheese." *Food microbiology* 90: 103488.
- Moura, Alexandra, Mathieu Tourdjman, Alexandre Leclercq, Estelle Hamelin, Edith Laurent, Nathalie Fredriksen, Dieter Van Cauteren, Hélène Bracq-Dieye, Pierre Thouvenot, Guillaume Vales, Nathalie Tessaud-Rita, Mylène M. Maury, Andreea Alexandru, Alexis Criscuolo, Emmanuel Quevillon, Marie-Pierre Donguy, Vincent Enouf, Henriette de Valk, Sylvain Brisse et Marc Lecuit. 2017. "Real-Time Whole-Genome Sequencing for Surveillance of *Listeria monocytogenes*, France." *Emerging infectious diseases* 23 (9): 1462-1470. <https://doi.org/10.3201/eid2309.170336>.
- Mughini-Gras, Lapo et Wilfrid van Pelt. 2014. "Salmonella source attribution based on microbial subtyping: Does including data on food consumption matter?" *International Journal of Food Microbiology* 191: 109-115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.09.010>.
- Mughini-Gras, L, W Van Pelt, M Van der Voort, M Heck, I Friesema et E Franz. 2018. "Attribution of human infections with Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) to livestock sources and identification of source-specific risk factors, The Netherlands (2010–2014)." *Zoonoses and Public Health* 65 (1): e8-e22.
- Mullner, Petra, Geoff Jones, Alasdair Noble, Simon EF Spencer, Steve Hathaway et Nigel Peter French. 2009. "Source attribution of food-borne zoonoses in New Zealand: A modified Hald model." *Risk Analysis: An International Journal* 29 (7): 970-984.
- Munck, Nanna, Pimlapas Leekitcharoenphon, Eva Litrup, Rolf Kaas, Anika Meinen, Laurent Guillier, Yue Tang, Burkhard Malorny, Federica Palma et Maria Borowiak. 2020. "Four European *Salmonella* Typhimurium datasets collected to develop WGS-based source attribution methods." *Scientific Data* 7 (1): 1-12.

- Munck, Nanna, Patrick Murigu Kamau Njage, Pimlapas Leekitcharoenphon, Eva Litrup et Tine Hald. 2020. "Application of Whole-Genome Sequences and Machine Learning in Source Attribution of Salmonella Typhimurium." *Risk Analysis*.
- Murinda, SE, LT Nguyen, HM Nam, RA Almeida, SJ Headrick et SP Oliver. 2004. "Detection of sorbitol-negative and sorbitol-positive Shiga toxin-producing *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, and *Salmonella* spp. in dairy farm environmental samples." *Foodborne Pathogens & Disease* 1 (2): 97-104.
- Nielsen, Eva Møller, Jonas T Björkman, Kristoffer Kiil, Kathie Grant, Tim Dallman, Anaïs Painset, Corinne Amar, Sophie Roussel, Laurent Guillier, Benjamin Félix, O. Rotariu, F. Perez-Reche, K. Forbes et N. Strachan. 2017. "Closing gaps for performing a risk assessment on *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat (RTE) foods: activity 3, the comparison of isolates from different compartments along the food chain, and from humans using whole genome sequencing (WGS) analysis." *EFSA Supporting Publications* 14 (2).
- Nielsen, Liza Rosenbaum et Ian Dohoo. 2013. "Time-to-event analysis of predictors for recovery from Salmonella Dublin infection in Danish dairy herds between 2002 and 2012." *Preventive veterinary medicine* 110 (3-4): 370-378.
- Nielsen, Liza Rosenbaum, YH Schukken, YT Gröhn et Annette Kjær Ersbøll. 2004. "Salmonella Dublin infection in dairy cattle: risk factors for becoming a carrier." *Preventive veterinary medicine* 65 (1-2): 47-62.
- Nouws, Stéphanie, Bert Bogaerts, Bavo Verhaegen, Sarah Denayer, Florence Crombé, Klara De Rauw, Denis Piérard, Kathleen Marchal, Kevin Vanneste et Nancy HC Roosens. 2020. "The benefits of whole genome sequencing for foodborne outbreak investigation from the perspective of a National Reference Laboratory in a smaller country." *Foods* 9 (8): 1030.
- Ogden, I. D., M. MacRae et N. J. C. Strachan. 2005. "Concentration and prevalence of *Escherichia coli* O157 in sheep faeces at pasture in Scotland." *Journal of Applied Microbiology* 98 (3): 646-651. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02493.x>.
- Ogden, Iain D, John F Dallas, Marion MacRae, Ovidiu Rotariu, Kenny W Reay, Malcolm Leitch, Ann P Thomson, Samuel K Sheppard, Martin Maiden et Ken J Forbes. 2009. "Campylobacter excreted into the environment by animal sources: prevalence, concentration shed, and host association." *Foodborne pathogens and disease* 6 (10): 1161-1170.
- Østergaard, Nina Bjerre, Lasse Engbo Christiansen et Paw Dalgaard. 2015. "Stochastic modelling of *Listeria monocytogenes* single cell growth in cottage cheese with mesophilic lactic acid bacteria from aroma producing cultures." *International journal of food microbiology* 204: 55-65.
- Østergaard, Nina Bjerre, Annelie Eklöw et Paw Dalgaard. 2014. "Modelling the effect of lactic acid bacteria from starter-and aroma culture on growth of *Listeria monocytogenes* in cottage cheese." *International Journal of Food Microbiology* 188: 15-25.
- Painset, Anaïs, Jonas T Björkman, Kristoffer Kiil, Laurent Guillier, Jean-François Mariet, Benjamin Félix, Corinne Amar, Ovidiu Rotariu, Sophie Roussel et Francisco Perez-Reche. 2019. "LiSEQ-whole-genome sequencing of a cross-sectional survey of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods and human clinical cases in Europe." *Microbial genomics* 5 (2).
- Pang, Hao, Rachel McEgan, Abhinav Mishra, Shirley A Micallef et Abani K Pradhan. 2017. "Identifying and modeling meteorological risk factors associated with pre-harvest contamination of *Listeria* species in a mixed produce and dairy farm." *Food Research International* 102: 355-363.

- Papageorgiou, Demetrios K et Elmer H Marth. 1989. "Fate of *Listeria monocytogenes* during the manufacture and ripening of blue cheese." *Journal of Food Protection* 52 (7): 459-465.
- Papić, Bojan, Majda Golob, Darja Kušar, Mateja Pate et Irena Zdovc. 2019. "Source tracking on a dairy farm reveals a high occurrence of subclinical mastitis due to hypervirulent *Listeria monocytogenes* clonal complexes." *Journal of applied microbiology* 127 (5): 1349-1361.
- Pappa, Eleni C, Thomas G Bontinis, Maria Tasioula-Margari et John Samelis. 2017. "Microbial quality of and biochemical changes in fresh soft, acid-curd Xinotyri cheese made from raw or pasteurized goat's milk." *Food technology and biotechnology* 55 (4): 496-510.
- Peng, S, W Hoffmann, W Bockelmann, J Hummerjohann, Roger Stephan et P Hammer. 2013. "Fate of Shiga toxin-producing and generic *Escherichia coli* during production and ripening of semihard raw milk cheese." *Journal of dairy science* 96 (2): 815-823.
- Peng, S, K Schafroth, E Jakob, Roger Stephan et J Hummerjohann. 2013. "Behaviour of *Escherichia coli* strains during semi-hard and hard raw milk cheese production." *International Dairy Journal* 31 (2): 117-120.
- Perrin, Frédérique, Fanny Tenenhaus-Aziza, Valérie Michel, Stéphane Miszczycha, Nadège Bel et Moez Sanaa. 2015. "Quantitative risk assessment of haemolytic and uremic syndrome linked to O157: H7 and Non-O157: H7 shiga-toxin producing *Escherichia coli* strains in raw milk soft cheeses." *Risk Analysis* 35 (1): 109-128.
- Persad, Anil K et Jeffrey T Lejeune. 2015. "Animal reservoirs of Shiga toxin-producing *Escherichia coli*." Dans *Enterohemorrhagic Escherichia coli and Other Shiga Toxin-Producing E. coli*, 231-244. : American Society of Microbiology.
- Peton, Vincent et Yves Le Loir. 2014. "Staphylococcus aureus in veterinary medicine." *Infection, Genetics and Evolution* 21: 602-615.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meegid.2013.08.011>.
- Polifroni, Rosana, Analía I. Etcheverría, Marcelo E. Sanz, Rosana E. Cepeda, Alejandra Krüger, Paula M. A. Lucchesi, Daniel Fernández, Alberto E. Parma et Nora L. Padola. 2012. "Molecular Characterization of Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* Isolated from the Environment of a Dairy Farm." *Current Microbiology* 65 (3): 337-343.
<https://doi.org/10.1007/s00284-012-0161-0>.
- Pouillot, Régis, Véronique Goulet, Marie Laure Delignette-Muller, Aurélie Mahé et Marie Cornu. 2009. "Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in French cold-smoked salmon: II. Risk characterization." *Risk Analysis: An International Journal* 29 (6): 806-819.
- Pouillot, Régis, Karin Hoelzer, Yuhuan Chen et Sherri B Dennis. 2015. "*Listeria monocytogenes* dose response revisited—incorporating adjustments for variability in strain virulence and host susceptibility." *Risk Analysis* 35 (1): 90-108.
- Rainard, Pascal, Gilles Foucras, J Ross Fitzgerald, JL Watts, G Koop et JR Middleton. 2018. "Knowledge gaps and research priorities in *Staphylococcus aureus* mastitis control." *Transboundary and emerging diseases* 65: 149-165.
- Ramond, David. 2015. "Les mammites chez les petits ruminants : Etude Bibliographique."
- Rauscher-Gabernig, Elke, Roland Grossgut, Friedrich Bauer et Peter Paulsen. 2009. "Assessment of alimentary histamine exposure of consumers in Austria and development of tolerable levels in typical foods." *Food Control* 20 (4): 423-429.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.07.011>.
- Riva, Alessandra, Elisa Borghi, Daniela Cirasola, Silvia Colmegna, Francesca Borgo, Ettore Amato, MIRELLA PONTELLO et Giulia Morace. 2015. "Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in raw milk: prevalence, SCCmec typing, enterotoxin characterization, and antimicrobial resistance patterns." *Journal of food protection* 78 (6): 1142-1146.

- Robertson, L.J. 2009. "Giardia and Cryptosporidium infections in sheep and goats: a review of the potential for transmission to humans via environmental contamination." *Epidemiology & Infection* 137 (7): 913-921.
- Robertson, Lucy J et Rachel M Chalmers. 2013. "Foodborne cryptosporidiosis: is there really more in Nordic countries?" *Trends in parasitology* 29 (1): 3-9.
- Robinson, E., M. Travanut, L. Fabre, S. Larréché, L. Ramelli, L. Pascal, A. Guinard, N. Vincent, C. Calba, L. Meurice, M. A. Le Thien, E. Fourgere, G. Jones, N. Fournet, A. Smith Palmer, D. Brown, S. Le Hello, M. Pardos de la Gandara, F. X. Weill et N. Jourdan Da Silva. 2020. "Outbreak of Salmonella Newport associated with internationally distributed raw goats' milk cheese, France, 2018." *Epidemiology and Infection*: 1-23. <https://doi.org/10.1017/S0950268820000904>.
- Roccato, Anna, Mieke Uyttendaele et Jeanne-Marie Membré. 2017. "Analysis of domestic refrigerator temperatures and home storage time distributions for shelf-life studies and food safety risk assessment." *Food Research International* 96: 171-181.
- Rosec, JP, JP Guiraud, C Dalet et Nicole Richard. 1997. "Enterotoxin production by staphylococci isolated from foods in France." *International journal of food microbiology* 35 (3): 213-221.
- Rosshaug, Per Sand, Ann Detmer, Hanne Ingmer et Marianne Halberg Larsen. 2012. "Modeling the growth of *Listeria monocytogenes* in soft blue-white cheese." *Applied and environmental microbiology* 78 (24): 8508-8514.
- Ruzante, J. M., J. E. Lombard, B. Wagner, C. P. Fossler, J. S. Karns, J. A. S. Van Kessel et I. A. Gardner. 2010. "Factors Associated with Salmonella Presence in Environmental Samples and Bulk Tank Milk from US Dairies." *Zoonoses and Public Health* 57 (7-8): e217-e225. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2010.01333.x>.
- Ryser, Elliot T et Elmer H Marth. 1987. "Fate of *Listeria monocytogenes* during the manufacture and ripening of Camembert cheese." *Journal of Food Protection* 50 (5): 372-378.
- Saad, Susana MI, Cezar Vanzin, Marice N Oliveira et Bernadette DGM Franco. 2001. "Influence of lactic acid bacteria on survival of *Escherichia coli* O157: H7 in inoculated Minas cheese during storage at 8.5 C." *Journal of food protection* 64 (8): 1151-1155.
- Sampimon, O. C., H. W. Barkema, I. M. G. A. Berends, J. Sol et T. J. G. M. Lam. 2009. "Prevalence and herd-level risk factors for intramammary infection with coagulase-negative staphylococci in Dutch dairy herds." *Veterinary Microbiology* 134 (1): 37-44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.09.010>.
- Sanaa, M, B Poutrel, JL Menard et F Serieys. 1993. "Risk factors associated with contamination of raw milk by *Listeria monocytogenes* in dairy farms." *Journal of Dairy Science* 76 (10): 2891-2898.
- Sanaa, Moez, Louis Coroller et Olivier Cerf. 2004. "Risk Assessment of Listeriosis Linked to the Consumption of Two Soft Cheeses Made from Raw Milk: Camembert of Normandy and Brie of Meaux." *Risk Analysis* 24 (2): 389-399. <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00440.x>.
- Sanaa, Moez, Régis Pouillot, Francisco Garces Vega, Errol Strain et Jane M Van Doren. 2019. "GenomeGraphR: a user-friendly open-source web application for foodborne pathogen whole genome sequencing data integration, analysis, and visualization." *PloS one* 14 (2): e0213039.
- Schaffer, Shawn M, Sita R Tatini et Robert J Baer. 1995. "Microbiological safety of Blue and Cheddar cheeses containing naturally modified milk fat." *Journal of food protection* 58 (2): 132-138.
- Schirmer, Bjørn CT, Even Heir, Bjørn-Arne Lindstedt, Trond Møretrø et Solveig Langsrud. 2014. "Use of used vs. fresh cheese brines and the effect of pH and salt concentration on the survival of *Listeria monocytogenes*." *The Journal of dairy research* 81 (1): 113.

- Schoder, Dagmar, Daniela Melzner, Alois Schmalwieser, Abdoulla Zangana, Petra Winter et Martin Wagner. 2011. "Important vectors for *Listeria monocytogenes* transmission at farm dairies manufacturing fresh sheep and goat cheese from raw milk." *Journal of Food Protection* 74 (6): 919-924.
- Shrestha, Subash, James A Grieder, Donald J McMahon et Brian A Nummer. 2011. "Survival of *Salmonella* serovars introduced as a post-aging contaminant during storage of low-salt cheddar cheese at 4, 10, and 21 C." *Journal of food science* 76 (9): M616-M621.
- Sims, GR, DA Glenister, TF Brocklehurst et Barbara M Lund. 1989. "Survival and growth of food poisoning bacteria following inoculation into cottage cheese varieties." *International journal of food microbiology* 9 (3): 173-195.
- Sims, JE, DC Kelley et VD Foltz. 1969. "Effects of time and temperature on salmonellae in inoculated butter." *Journal of Milk and Food Technology* 32 (12): 485-488.
- Sobral, Denise, Maximiliano Soares Pinto, Vanessa Aglaê Martins Teodoro, Renata Golin Bueno Costa, Junio Cesar Jacinto de Paula, Antônio Fernandes de Carvalho et Gisela de Magalhães Machado Moreira. 2019. "Nisin reduces the *Staphylococcus aureus* count without changing the characteristics of artisanal Minas cheese from Araxá." *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes* 74 (1): 1-12.
- Soltan Dallal, Mo0hammad Mehdi, Mahdiyeh Poormoradian et Sheyda Asadpour. 2020. "The Frequency of *Salmonella* Serotypes in Pasteurized and Unpasteurized Creams Offered in Local Markets and Their Antibiotic Resistance Patterns." *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research* 17 (4): 351-362.
- Stein, Richard A. et David E. Katz. 2017. "Escherichia coli, cattle and the propagation of disease." *FEMS microbiology letters* 364 (6): fnx050. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnx050>.
- Strawn, Laura K, Esther D Fortes, Elizabeth A Bihn, Kendra K Nightingale, Yrjö T Gröhn, Randy W Worobo, Martin Wiedmann et Peter W Bergholz. 2013. "Landscape and meteorological factors affecting prevalence of three food-borne pathogens in fruit and vegetable farms." *Applied and environmental microbiology* 79 (2): 588-600.
- Thépault, Amandine, Guillaume Méric, Katell Rivoal, Ben Pascoe, Leonardos Mageiros, Fabrice Touzain, Valérie Rose, Véronique Béven, Marianne Chemaly et Samuel K Sheppard. 2017. "Genome-wide identification of host-segregating epidemiological markers for source attribution in *Campylobacter jejuni*." *Appl. Environ. Microbiol.* 83 (7): e03085-16.
- Thépault, Amandine, Typhaine Poezevara, Ségolène Quesne, Valérie Rose, Marianne Chemaly et Katell Rivoal. 2018. "Prevalence of thermophilic *Campylobacter* in cattle production at slaughterhouse level in France and link between *C. jejuni* bovine strains and campylobacteriosis." *Frontiers in microbiology* 9: 471.
- Thépault, Amandine, Valérie Rose, Ségolène Quesne, Typhaine Poezevara, Véronique Béven, Edouard Hirchaud, Fabrice Touzain, Pierrick Lucas, Guillaume Méric et Leonardos Mageiros. 2018. "Ruminant and chicken: important sources of campylobacteriosis in France despite a variation of source attribution in 2009 and 2015." *Scientific reports* 8 (1): 1-10.
- Tormo, Hélène, Djamila Ali Haimoud Lekhal et Christine Roques. 2015. "Phenotypic and genotypic characterization of lactic acid bacteria isolated from raw goat milk and effect of farming practices on the dominant species of lactic acid bacteria." *International Journal of Food Microbiology* 210: 9-15.
- Tourdjman, M., B. Leroux, Alexandre Leclercq, E. Laurent, V. Chenal-Francisque, Lisa A. King, S. Loyer, V. Vaillant, Marie-Pierre Donguy, M. Lecuit et H. De Valk. 2014. *Épidémie d'infections à Listeria monocytogenes liée à la consommation de brie au lait cru – France, 2012. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2014. 15 p.*

- Trmčić, A, R Ralyea, L Meunier-Goddik, C Donnelly, K Glass, D D'amico, E Meredith, M Kehler, N Tranchina et C McCue. 2017. "Consensus categorization of cheese based on water activity and pH—A rational approach to systemizing cheese diversity." *Journal of dairy science* 100 (1): 841-847.
- Um, Maryse Michèle, Olivier Barraud, Monique Kérourédan, Margaux Gaschet, Thibault Stalder, Eric Oswald, Christophe Dagot, Marie-Cecile Ploy, Hubert Brugère et Delphine Bibbal. 2016. "Comparison of the incidence of pathogenic and antibiotic-resistant *Escherichia coli* strains in adult cattle and veal calf slaughterhouse effluents highlighted different risks for public health." *Water Research* 88: 30-38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.09.029>.
- Ung, Aymeric, Amrish Y. Baidjoe, Dieter Van Cauteren, Nizar Fawal, Laetitia Fabre, Caroline Guerrisi, Kostas Danis, Anne Morand, Marie-Pierre Donguy, Etienne Lucas, Louise Rossignol, Sophie Lefèvre, Marie-Léone Vignaud, Sabrina Cadel-Six, Renaud Lailler, Nathalie Jourdan-Da Silva et Simon Le Hello. 2019. "Disentangling a complex nationwide *Salmonella* Dublin outbreak associated with raw-milk cheese consumption, France, 2015 to 2016." *Euro surveillance : bulletin Européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin* 24 (3): 1700703. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2019.24.3.1700703>.
- van Cauteren, D., N. Jourdan-da Silva, F. X. Weill, L. King, A. Brisabois, G. Delmas, V. Vaillant et H. de Valk. 2009. "Outbreak of *Salmonella enterica* serotype Muenster infections associated with goat's cheese, France, March 2008." *Euro Surveill* 14 (31). <https://doi.org/10.2807/es.14.31.19290-en>.
- Van Duynhoven, YTHP, LD Isken, K Borgen, M Besselse, K Soethoudt, O Haitsma, B Mulder, DW Notermans, R De Jonge et P Kock. 2009. "A prolonged outbreak of *Salmonella* Typhimurium infection related to an uncommon vehicle: hard cheese made from raw milk." *Epidemiology & Infection* 137 (11): 1548-1557.
- Vayssier-Taussat, Muriel, Emmanuel Albina, Christine Citti, Jean François Cosson, Marie-Agnès Jacques, Marc-Henri Lebrun, Yves Le Loir, Mylène Ogliastro, Marie-Agnès Petit et Philippe Roumagnac. 2014. "Shifting the paradigm from pathogens to pathobiome: new concepts in the light of meta-omics." *Frontiers in cellular and infection microbiology* 4: 29.
- Vernozy-Rozand, C, MP Montet, M Berardin, C Bavai et L Beutin. 2005. "Isolation and characterization of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* strains from raw milk cheeses in France." *Letters in applied microbiology* 41 (3): 235-241.
- Verraes, C., G. Vlaemynck, S. Van Weyenberg, L. De Zutter, G. Daube, M. Sindic, M. Uyttendaele et L. Herman. 2015. "A review of the microbiological hazards of dairy products made from raw milk." *International Dairy Journal* 50: 32-44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.05.011>.
- Vignaud, Marie-Léone, Emeline Cherchame, Muriel Marault, Emilie Chaing, Simon Le Hello, Valerie Michel, Nathalie Jourdan-Da Silva, Renaud Lailler, Anne Brisabois et Sabrina Cadel-Six. 2017. "MLVA for *Salmonella enterica* subsp. *enterica* Serovar Dublin: Development of a Method Suitable for Inter-Laboratory Surveillance and Application in the Context of a Raw Milk Cheese Outbreak in France in 2012." *Frontiers in microbiology* 8: 295-295. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00295>.
- Vilar, Mr J, E Yus, Mr L Sanjuan, FJ Diéguez et JL Rodríguez-Otero. 2007. "Prevalence of and risk factors for *Listeria* species on dairy farms." *Journal of dairy science* 90 (11): 5083-5088.
- Vivant, Anne-Laure, Dominique Garmyn et Pascal Piveteau. 2013. "*Listeria monocytogenes*, a down-to-earth pathogen." *Frontiers in cellular and infection microbiology* 3: 87.
- Voysey, Philip A, Patricia A Anslow, Kerry J Bridgwater, Brigitte Lavender et Leonie Watson. 2009. "The effects of butter characteristics on the growth of *Listeria monocytogenes*." *International journal of dairy technology* 62 (3): 326-330.

- WHO. 2017. *GLobal tuberculosis report 2017*. World Health Organisation.
- Whyte, P, K McGill, D Cowley, RH Madden, L Moran, P Scates, C Carroll, A O'leary, S Fanning et JD Collins. 2004. "Occurrence of *Campylobacter* in retail foods in Ireland." *International journal of food microbiology* 95 (2): 111-118.
- Wilhelm, Barbara J., Ian Young, Sarah Cahill, Rei Nakagawa, Patricia Desmarchelier et Andrijana Rajić. 2017. "Rapid systematic review and meta-analysis of the evidence for effectiveness of primary production interventions to control *Salmonella* in beef and pork." *Preventive Veterinary Medicine* 147: 213-225. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.12.004>.
- Wilson, Daniel J, Edith Gabriel, Andrew JH Leatherbarrow, John Cheesbrough, Steven Gee, Eric Bolton, Andrew Fox, Paul Fearnhead, C Anthony Hart et Peter J Diggle. 2008. "Tracing the source of campylobacteriosis." *PLoS genetics* 4 (9).
- Wisener, L. V., J. M. Sargeant, A. M. O'Connor, M. C. Faires et S. K. Glass-Kaasta. 2014. "The Evidentiary Value of Challenge Trials for Three Pre-harvest Food Safety Topics: A Systematic Assessment." *Zoonoses and Public Health* 61 (7): 449-476. <https://doi.org/10.1111/zph.12083>.
- Younis, Emad E., Ashraf M. Ahmed, Sabry A. El-Khodery, Salama A. Osman et Yasser F. I. El-Naker. 2009. "Molecular screening and risk factors of enterotoxigenic *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. in diarrheic neonatal calves in Egypt." *Research in Veterinary Science* 87 (3): 373-379. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2009.04.006>.
- Zhang, Shaokang, Shaoting Li, Weidong Gu, Henk den Bakker, Dave Boxrud, Angie Taylor, Chandler Roe, Elizabeth Driebe, David M Engelthaler et Marc Allard. 2019. "Zoonotic source attribution of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium using genomic surveillance data, United States." *Emerging Infectious Diseases* 25 (1): 82.

Annexe 1 Présentation des intervenants

Préambule

Ce rapport présente les éléments de réponse aux deux premières questions de la saisine. Les autres questions feront l'objet d'un second rapport et d'un avis de l'Anses.

Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Président

Mme Florence DUBOIS-BRISSONNET – AgroParisTech, Professeur de l'enseignement supérieur agronomique. Microbiologie des aliments, mécanismes d'adaptation au stress, biofilms, hygiène des surfaces et des procédés.

Membres

M. Frédéric AUVRAY – École nationale vétérinaire de Toulouse, Ingénieur de recherche. Biologie moléculaire, génétique microbienne, bactériologie.

M. Olivier CERF – École nationale vétérinaire d'Alfort, Professeur de l'enseignement supérieur agronomique, vétérinaire et du paysage émérite honoraire. Evaluation des risques microbiologiques, microbiologie des aliments.

Mme Céline DELBES – INRAE, Chargé de recherche. Ecologie microbienne, technologie fromagère.

M. Philippe FRAVALO – Conservatoire national des arts et métiers. Hygiène et microbiologie des aliments, méthodes de détection, de quantification et de caractérisation des micro-organismes, écologie des écosystèmes microbiens en agro-alimentaire.

M. Michel GAUTIER – Agrocampus Ouest, Professeur des universités. Microbiologie et hygiène des aliments, biologie moléculaire, bactériophages, aliments fermentés.

Mme Nathalie JOURDAN-DA SILVA – Santé publique France, Chargée de projet scientifique. Épidémiologie des maladies entériques et zoonoses.

M. Nicolas KORSACK KOULAGENKO – Enseignant chercheur, Université de Liège. Ecologie microbienne, contrôles des denrées alimentaires et des systèmes de production, risques microbiologiques.

Mme Florence MATHIEU – Toulouse-INP/ENSAT, Professeur des universités. Moisissures et mycotoxines, microbiologie des aliments.

M. Eric OSWALD – CHU Toulouse, Professeur des universités. Infectiologie clinique, écologie microbienne, *E. coli*.

M. Eric SPINLER – AgroParisTech, de l'enseignement supérieur agronomique, vétérinaire et du paysage.

Mme Régine TALON – INRAE, Directrice de recherche. Microbiologie des aliments, écologie microbienne, aliments fermentés d'origine animale.

RAPPORTEURS

Mme Hélène BERGIS – ANSES, Laboratoire de sécurité des aliments, Ingénieure d'études. Tests de croissance, microbiologie prévisionnelle, *L. monocytogenes*.

Mme Corine BAYOURTHE – Toulouse-INP/ENSAT Professeur des universités, Zootechnie, physiologie et nutrition des Ruminants.

M. Steven DURET – INRAE, Ingénieur de recherche. Modélisation, génie des procédés, transfert thermique.

Mme Nalini RAMA RAO – INRAE, Directrice de recherche. Microbiologie, interaction hôte/pathogène, microbiote intestinal.

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

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

- CES « Évaluation des risques biologiques liés aux aliments (BIORISK) – (2018-2021)

Président

M. Philippe FRAVALO – Conservatoire national des arts et métiers. Hygiène et microbiologie des aliments, méthodes de détection, de quantification et de caractérisation des micro-organismes, écologie des écosystèmes microbiens en agro-alimentaire.

Membres

Frédéric AUVRAY – École nationale vétérinaire de Toulouse, Ingénieur de recherche. Biologie moléculaire, génétique microbienne, bactériologie.

M. Frédéric CARLIN – INRA, Directeur de recherche. Bactéries sporulées, produits végétaux, microbiologie prévisionnelle.

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

M. Philippe DANTIGNY – LUBEM Brest, Professeur des universités. Moisissures, mycotoxines, génie des procédés (démissionnaire depuis septembre 2020).

Mme Florence DUBOIS-BRISSONNET – AgroParisTech, Professeur de l'enseignement supérieur agronomique. Microbiologie des aliments, biofilms, mécanismes d'adaptation des microorganismes au stress (conservateurs, désinfectants).

M. Steven DURET – INRAE, Ingénieur de recherche. Modélisation, génie des procédés, transfert thermique.

M. Michel GAUTIER – Agrocampus Ouest, Professeur des universités. Microbiologie et hygiène des aliments, biologie moléculaire, bactériophages, aliments fermentés.

Mme Malika GOUALI – Institut Pasteur, Chargée de mission. Microbiologie de l'eau et des aliments, méthodes de détection, de quantification et de caractérisation des micro-organismes, validation des méthodes (démissionnaire depuis décembre 2020).

M. Laurent GUILLIER (jusqu'en juin 2019) – Anses, Laboratoire de sécurité des aliments, Chargé de projet scientifique. Modélisation, appréciation quantitative des risques, écologie microbienne, génomique.

M. Stéphane GUYOT – AgroSup Dijon, Maître de conférences. Procédés de destruction des bactéries pathogènes, mécanismes d'adaptation aux stress environnementaux.

Mme Nathalie JOURDAN-DA SILVA – Santé publique France, Chargée de projet scientifique. Épidémiologie des maladies entériques et zoonoses.

M. Renaud LAILLER – Anses, Laboratoire de sécurité des aliments, Chef de projet. Surveillance, *Salmonella*, hygiène des aliments.

Mme Sandra MARTIN-LATIL – Anses, Laboratoire de sécurité des aliments, Chargée de projet scientifique. Virologie, méthodes de détection.

Mme Florence MATHIEU – Toulouse-INP/ENSAT, Professeur des universités. Moisissures et mycotoxines, microbiologie des aliments.

Mme Jeanne-Marie MEMBRÉ – INRAE, Ingénieur de recherche. Appréciation quantitative du risque microbiologique, statistiques appliquées.

M. Eric OSWALD – CHU Toulouse, Professeur des universités. Infectiologie clinique, écologie microbienne, *E. coli*.

Mme Sabine SCHORR-GALINDO – Université Montpellier, Professeur des universités. Mycologie, écologie microbienne, biotechnologie.

Mme Nalini RAMA RAO – INRAE, Directrice de recherche. Microbiologie, interaction hôte/pathogène, microbiote intestinal.

Mme Régine TALON – INRAE, Directrice de recherche. Microbiologie des aliments, écologie microbienne, aliments fermentés d'origine animale.

Mme Muriel THOMAS – INRAE, Directrice de recherche. Microbiote intestinal et santé humaine, physiologie.

Membres du CES en potentiel conflit d'intérêt n'ayant pas participé à l'expertise

M. Michel FEDERIGHI – ONIRIS, Professeur de l'enseignement supérieur agronomique, vétérinaire et du paysage. Microbiologie, hygiène et qualité des aliments, analyse des dangers.

Mme Isabelle VILLENA – CHU Reims, Professeur des universités. Parasitologie, infectiologie.

PARTICIPATION ANSES

La coordination scientifique du projet a été assurée par l'Unité d'évaluation des risques liés aux aliments (UERALIM) sous la direction de M. Moez SANAA (Chef d'unité) et de Mme Nathalie ARNICH (adjointe au Chef d'unité).

Coordination et contribution scientifique

M. Laurent GUILLIER – Chef de projets scientifiques et techniques – UERALIM

Contribution scientifique

Mme Frédérique AUDIAT-PERRIN – Chargée de projets scientifiques et techniques – UERALIM

Mme Estelle CHAIX – Chef de projets scientifiques et techniques – UERALIM

Mme Pauline KOOH – Chef de projets scientifiques et techniques – UERALIM

M. Moez SANAA – Chef d'unité – UERALIM

Secrétariat administratif

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

Annexe 2 : Extrait de la classification des produits laitiers de FoodEx2 dans la hiérarchie « Zoonoses hierarchy »

- ▲ Milk and milk products (dairy) [A0BXZ]
 - Milk [A02LT]
 - Milk and dairy powders and concentrates [A02PD]
 - Fermented milk products [A0C69]
 - Cream and cream products [A02MK]
 - Sour cream products [A02NA]
 - Whey [A0EZB]
 - Buttermilk [A02MV]
 - Flavoured milks [A02MP]
 - Baked milk and similar [A065H]
 - Dairy snacks [A065Z]
 - Cheese [A02QE]
 - Fresh uncured cheese [A02QF]
 - Brined cheese (feta-type and similar) [A02RA]
 - Soft brined cheese (feta type) [A02RB]
 - Firm brined cheese (ricotta salata type) [A02RE]
 - Ripened cheese [A02RG]
 - Soft - ripened cheese [A02RH]
 - Soft-ripened washed-rind cheese (limburger type) [A02RJ]
 - Soft-ripened cheese with bloomy rind (white mould) (brie, camembert type) [A02RT]
 - Soft-ripened cheese veined with blue mould (blue bavarian, blue de graven type) [A02SG]
 - Soft-ripened cheese with white and blue mould (cambozola type) [A02SM]
 - Soft-ripened cheese with natural rind and other soft-ripened cheeses [A02SN]
 - Firm - ripened cheeses [A02ST]
 - Firm/semi-hard cheese (gouda and edam type) [A02SV]
 - Hard cheese (cheddar, emmental type) [A02YE]
 - Extra hard cheese (parmesan, grana type) [A02ZH]
 - Firm-ripened blue mould-veined cheese [A030B]
 - Firm-ripened bloomy (white mould) or washed rind cheese [A030P]
 - Firm-ripened cheese with added herbs, spices or other ingredients [A030Z]
 - Processed cheese and spreads [A031A]
 - Processed cheese, sliceable [A031B]
 - Processed cheese, spreadable [A031C]
 - Processed cheese wedges and similar [A031D]
 - Cheese rind [A0F1H]
 - Cheese powder [A16FE]

Annexe 3 : Données de productions des différentes dénominations de fromages et autres produits laitiers

FAMILLE TECHNOLOGIQUE SELON LE GT FALC	DENOMINATIONS	TYPE DE LAIT	TONNAGE (T)	SOURCES	PART LAIT CRU	REFERENCES	TONNAGE AU LAIT CRU (T)	TOTAL	
PLF		brebis	3418	Agreste (2018)	0,155	Agreste (2018)	530		
PLF		chèvre	28844	Agreste (2018)	0,100	Agreste (2018)	2884		
PLF		vache	605680	Agreste (2018)	0,000	Agreste (2018)	189	PLF	3603
PMCF	Chabichou du Poitou	chèvre	473	Fromages AOP (2017)	0,200	Syndicat de défense du Chabichou (2009)	95		
PMCF	Charolais	chèvre	57	Fromages AOP (2017)	1,000		57		
PMCF	Crottin de Chavignol	chèvre	1006	Fromages AOP (2017)	1,000		1006		
PMCF	Mâconnais	chèvre	64	Fromages AOP (2017)	1,000		64		
PMCF	Pélardon	chèvre	180	Fromages AOP (2017)	1,000		180		
PMCF	Picodon	chèvre	584	Fromages AOP (2017)	1,000	Cahier des charges de l'appellation d'origine protégée « Picodon » (2016) homologué par l'arrêté du 17 février 2016, JORF du 26 février 2016	584		
PMCF	Poulligny-Saint-Pierre	chèvre	287	Fromages AOP (2017)	1,000	Cahier des charges AOP (2018)	287		
PMCF	Rigotte de Condrieu	chèvre	79	Fromages AOP (2017)	1,000		79		
PMCF	Rocamadour	chèvre	1071	Fromages AOP (2017)	1,000		1071		
PMCF	Sainte-Maure de Touraine	chèvre	1300	Fromages AOP (2017)	1,000	Cahier des charges de l'appellation d'origine « Sainte-Maure de Touraine » (2019)	1300		
PMCF	Selles-sur-Cher	chèvre	875	Fromages AOP (2017)	1,000		875		
PMCF	Valençay	chèvre	350	Fromages AOP (2017)	1,000		350		
PMCF	Banon	chèvre	63	Fromages AOP (2017)	1,000		63		
PMCF	Hors AOP	chèvre	72211	Agreste (2018)	0,026		1849	PM CF chèvre	7860
PMCF	Chaource	vache	2441	Fromages AOP (2017)	0,150	Syndicat Chaource (2015)	366		

Avis de l'Anses
Saisine n°2019-SA-0033

FAMILLE TECHNOLOGIQUE SELON LE GT FALC	DENOMINATIONS	TYPE DE LAIT	TONNAGE (T)	SOURCES	PART LAIT CRU	REFERENCES	TONNAGE AU LAIT CRU (T)	TOTAL
PMCF	Brie de Meaux	vache	5785	Fromages AOP (2017)	1,000		5785	
PMCF	Brie de Melun	vache	213	Fromages AOP (2017)	1,000		213	
PMCF	Camembert de Normandie	vache	4280	Fromages AOP (2017)	1,000		4280	
PMCF	Neufchâtel	vache	1491	Fromages AOP (2017)	0,298	Part de la production fermière qui doit être au lait cru	445	PM CF vac he 11089
PMCL	Epoisses	vache	1045	Fromages AOP (2017)	0,054	Agreste 2018	56	
PMCL	Langres	vache	418	Fromages AOP (2017)	0,239	Chiffre du seul producteur 100 t/an	100	
PMCL	Livarot	vache	1205	Fromages AOP (2017)	0,054	Agreste 2018	65	
PMCL	Maroilles	vache	3843	Fromages AOP (2017)	0,054	Agreste 2018	208	
PMCL	Mont d'Or	vache	4328	Fromages AOP (2017)	1,000	Mais part consommé non cuit	4328	
PMCL	Munster	vache	8082	Fromages AOP (2017)	0,054	Agreste 2018	436	
PMCL	Pont l'Evêque	vache	2755	Fromages AOP (2017)	0,200	https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/pont-l-eveque-fermier-les-derniers-des-mohicans-6333650	551	PM CL vac he 5744
PPC	Beaufort	vache	4530	Fromages AOP (2017)	1,000		4530	
PPC	Comté	vache	48189	Fromages AOP (2017)	1,000		48189	PP C 52719
PPDC	Abondance	vache	1722	Fromages AOP (2017)	1,000		1722	PP DC 1722
PPNCC	Ossau Iraty	brebis	3217	Fromages AOP (2017)	0,101	Agreste (2008)	325	
PPNCC	Autres PPNCC	brebis	13065	Agreste (2018)	0,155		2025	PP NC C bre bis 2350
PPNCC	Chevrotin	chèvre	85	Fromages AOP (2017)	1,000		85	PP NC C che vro tin 85

Avis de l'Anses
Saisine n°2019-SA-0033

FAMILLE TECHNOLOGIQUE SELON LE GT FALC	DENOMINATIONS	TYPE DE LAIT	TONNAGE (T)	SOURCES	PART LAIT CRU	REFERENCES	TONNAGE AU LAIT CRU (T)	TOTAL
PPNCC	Morbier	vache	8514	Fromages AOP (2017)	1,000		8514	
PPNCC	Reblochon	vache	15358	Fromages AOP (2017)	1,000		15358	
PPNCC	Saint Nectaire	vache	13298	Fromages AOP (2017)	0,548	https://www.culture.gouv.fr/Media/Medias-creation-rapide/La-fabrication-du-fromage-Saint-Nectaire-fermier.pdf2	7283	
PPNCC	Tome des Bauges	vache	830	Fromages AOP (2017)	1,000		830	
PPNCC	Autres PPNCC (exemples Tommes de Savoie, des pyrénées)	vache	9066	Fromages AOP (2017)	0,196	Agreste (2018)	1777	PP NC C vac he
PPNCL	Cantal	vache	16676	Fromages AOP (2017)	0,240	Explication du décret AOC Cantal (2008)	4002	
PPNCL	Laguiole	vache	728	Fromages AOP (2017)	1,000		728	
PPNCL	Salers	vache	1440	Fromages AOP (2017)	1,000		1440	PP NC L vac he
PPS	Roquefort	brebis	17656	Fromages AOP (2017)	1,000		17656	PPS bre bis
PPS	Bleu d'Auvergne	vache	6358	Fromages AOP (2017)	0,031	Agreste (2018)	197	
PPS	Bleu de Gex	vache	569	Fromages AOP (2017)	1,000		569	
PPS	Bleu des Causses	vache	759	Fromages AOP (2017)	0,031	Agreste (2018)	24	
PPS	Bleu du Vercors Sassenage	vache	199	Fromages AOP (2017)	0,031	Agreste (2018)	6	
PPS	Fourme d'Ambert	vache	5854	Fromages AOP (2017)	0,031	Agreste (2018)	181	
PPS	Fourme de Montbrison	vache	465	Fromages AOP (2017)	0,201	https://www.paris-bistro.com/cuisine/produits/auvergne-rhone-alpes/fourme-de-montbrison "En deux ans, le tonnage a augmenté de 16% pour atteindre en 2014 533 tonnes dont 107 en lait cru."	93	PPS vac he
CREME	Crèmes AOP	vache	6341	Fromages AOP (2017)	0,100		634	
CREME	Crèmes fermières	vache	2000	EUROSTAT (2018)	1,000		2000	Crème

FAMILLE TECHNOLOGIQUE SELON LE GT FALC	DENOMINATION	TYPE DE LAIT	TONNAGE (T)	SOURCES	PART LAIT CRU	REFERENCES	TONNAGE AU LAIT CRU (T)	TOTAL
								cru e
BEURRE	Beurres AOP	vache	32752	Fromages AOP (2017)	0,100		3275	
BEURRE	Beurre fermier	vache	6000	EUROSTAT (2018)	1,000		6000	Be urr e cru 9275

Annexe 4 : Justification du caractère pertinent ou potentiel des couples danger / produits laitier (fromages, crème, beurre) au lait cru

***Brucella* spp.**

Les bovins, les ovins et caprins sont des réservoirs de *Brucella* (*B. abortus* chez les bovins, *B. melitensis* chez les caprins et les ovins). Les animaux adultes brucelliques peuvent excréter la bactérie dans le lait, l'urine, les sécrétions génitales. La contamination de l'Homme se fait souvent par contact direct. Elle peut aussi se produire par consommation de lait cru et de produits à base de lait cru (fromages à pâte lactique fraîche, beurre, crèmes glacées) (Anses 2014b).

La contamination des produits laitiers concerne pour l'essentiel le fromage frais. Les animaux d'élevage laitiers élevés en France sont indemnes de brucellose. En Europe, des foyers de brucellose chez les ruminants persistent dans certains pays du pourtour méditerranéen, dans les Balkans et en Irlande. L'incidence des infections humaines en Europe est plus élevée en Grèce, en Italie et au Portugal (EFSA 2017). La quasi-totalité des infections diagnostiquées en France aujourd'hui surviennent chez des personnes contaminées lors d'un voyage à l'étranger. La réglementation européenne actuelle (règlement CE n°853/2004) impose l'utilisation de lait cru issu de troupeaux ou exploitations officiellement indemnes de brucellose. Pour ces raisons, aucun fromage ou autre produit laitier au lait cru, n'est considéré comme pertinent à ce jour pour ce travail de hiérarchisation. Toutes les catégories de produits laitiers au lait cru (sauf les fromages affinés plus de 60 jours) sont donc considérées comme potentielles.

Bacillus cereus sensu lato (Bacillus cereus, Bacillus thuringiensis, Bacillus cytotoxicus et Bacillus weihenstephanensis)

De par son abondance dans le sol, *B. cereus* peut contaminer le lait et se retrouver dans toutes les catégories de fromages et autres produits laitiers au lait cru (Verraes *et al.* 2015). Toutefois l'analyse des données d'épidémies d'origine alimentaire en France montre que *B. cereus* est rarement impliqué dans les produits laitiers au lait cru (Verraes *et al.* 2015). Pour ces raisons, aucun produit laitier au lait cru, n'est considéré comme pertinent à ce jour. Toutes les catégories de produits laitiers au lait cru sont donc considérées comme potentielles.

***Campylobacter* spp.**

Campylobacter spp. sont présents chez tous les ruminants (Wilson *et al.* 2008). Le portage par les animaux est digestif et peut être quantitativement très important (Ogden *et al.* 2009) ; les déjections animales sont donc à l'origine de réservoirs secondaires comme l'eau ou certaines surfaces de production des fermes laitières.

Le lait cru a été à l'origine d'épidémies (EFSA Panel on Biological Hazards 2015). Les produits laitiers au lait cru semblent cependant peu impliqués dans la transmission, selon les données épidémiologiques (cf. partie 3.4.2). A ce stade, toutes les catégories de produits laitiers au lait cru sont donc considérées comme potentielles pour le danger *Campylobacter* spp. Toutefois, ce point nécessite une certaine vigilance selon des données récentes d'attribution des sources des cas sporadiques de campylobactériose (Berthenet *et al.* 2019). L'analyse des données génomiques indique qu'une part importante des cas sporadiques en France aurait une origine bovine mais elle ne permet pas d'identifier le véhicule de transmission alimentaire de ces sources. *Campylobacter* présente de faible capacité de survie au cours des premières étapes de fabrication et de l'affinage des fromages au lait cru (Bachmann *et al.* 1995; Verraes *et al.* 2015). Enfin, les niveaux de prévalence de *Campylobacter* dans les fromages mis sur le

marché sont très faibles (Brooks *et al.* 2012; Whyte *et al.* 2004). *Campylobacter* est donc un danger potentiel pour les différents produits laitiers au lait cru et il n'est pas retenu pour la hiérarchisation.

EHEC

Les ruminants domestiques sont les principaux réservoirs des EHEC qu'ils hébergent dans leur tube digestif. Ce sont des porteurs sains, qui participent à la contamination de l'environnement par les bactéries présentes dans leurs fèces. Les EHEC sont un sujet de préoccupation majeure pour l'ensemble des produits laitiers au lait cru (ANSES 2020). Le bilan des épidémies (cf. 3.4) souligne la part importante des EHEC dans les épidémies en lien avec les fromages au lait cru. Tous les produits laitiers au lait cru sont classés dans les produits pertinents à l'exception des fromages à pâte pressée cuite et demi-cuite en raison de la faible activité de l'eau de la pâte, des durées d'affinage et des conditions de température rencontrées pendant le processus de fabrication. Ces produits sont classés en potentiel.

Histamine

L'histamine est produite par décarboxylation de l'histidine par des bactéries possédant une histidine décarboxylase. Les conditions de production et de stockage des fromages à affinage long comme les certains fromages à pâte pressée non cuite et les fromages à pâte pressée cuite et demi-cuite (pH, température, a_w , potentiel redox), la présence de protéines riches en histidine ainsi que la présence éventuelle de flores lactiques endogènes du lait cru possédant l'histidine décarboxylase permettent la production d'histamine. Ces fromages sont impliqués régulièrement dans des épidémies d'intoxication histaminique (ANSES, 2019). Ainsi, les fromages à pâte pressée non cuite et affinage long, à pâte pressée cuite et demi-cuite sont considérés pertinents pour l'histamine. Les autres catégories de produits laitiers au lait cru sont classées en potentiel.

Listeria monocytogenes

L. monocytogenes peut se développer dans une large gamme de pH et de température, et notamment aux températures de réfrigération. Les données de plans de surveillance suggèrent une contamination relativement fréquente des produits laitiers et de nombreuses catégories de fromages. Cependant leur présence n'est pas un critère suffisant pour identifier les aliments pertinents pour ce danger. Il est également nécessaire que les aliments soient favorables à sa multiplication. Ainsi les aliments appartenant à la catégorie 3 définie par la réglementation européenne (règlement CE 2073/2005 fixant les critères microbiologiques) ne sont pas considérés comme pertinents. Il s'agit des aliments prêts à être consommés et ne permettant pas le développement de *L. monocytogenes*. Parmi les produits laitiers au lait cru, pour le beurre au lait cru (AFSCA 2019) et certains fromages à pâte pressée non cuite (Anses 2015a), il existe un doute sur la catégorisation, mais à ce stade ils restent des aliments pertinents pour la hiérarchisation. Seuls les fromages à pâte pressée cuite et demi-cuite font partie des aliments ne permettant pas la croissance de *L. monocytogenes* d'après leurs valeurs de pH et d'activité de l'eau. Tous les autres produits laitiers au lait cru sont jugés pertinents pour *L. monocytogenes*.

Mycobacterium bovis

Mycobacterium bovis (*M. bovis*) est une bactérie responsable d'infections chez de nombreuses espèces animales (domestiques et sauvages) et chez l'Homme. Les ruminants domestiques le plus souvent infectés sont, par ordre de fréquence décroissante, les bovins, les caprins et les ovins.

M. bovis est responsable chez les bovins, réservoirs habituels de cette bactérie, d'une maladie appelée tuberculose bovine, principalement caractérisée par des atteintes de l'appareil respiratoire évoluant souvent de manière inapparente. La contamination du lait est la conséquence d'une infection mammaire, même en l'absence de lésion macroscopique. Chez les petits ruminants, les caractéristiques générales de la maladie sont identiques à celles de la tuberculose bovine (WHO 2017).

La France est considérée comme officiellement indemne de tuberculose bovine par l'Union européenne depuis 2001, malgré la persistance de quelques foyers en élevage, dont le nombre apparaît cependant en recrudescence depuis 2004 (Anses 2011). Le règlement CE 853/2004 stipule que le lait cru destiné à la fabrication de produits laitiers doit provenir de vaches ou de bufflonnes appartenant à un troupeau « *officiellement indemne de tuberculose ou de femelles d'autres espèces sensibles appartenant à un troupeau régulièrement contrôlé pour ces maladies dans le cadre d'un plan de surveillance approuvé par l'autorité compétente* ». Considérant le statut de la France concernant la tuberculose animale et la surveillance des élevages laitiers, l'ensemble des catégories de produits laitiers au lait cru est considéré comme potentiel pour le danger *M. bovis*.

Salmonella

Les ruminants producteurs de lait font partie des principaux réservoirs des salmonelles non typhiques. L'analyse des données épidémiologiques françaises montre toute l'importance des produits laitiers au lait cru dans les salmonelloses en France (cf. partie 3.4). Par ailleurs, la réglementation européenne (règlement CE 2073/2005) fixe un critère microbiologique de sécurité pour la plupart de ces produits.

Les fromages à pâte pressée cuite et demi-cuite, compte-tenu de leurs caractéristiques physico-chimiques et d'une assez longue durée d'affinage, ne permettent pas la survie de la bactérie. En France, à ce jour, il n'a pas été rapporté de cas causés par ces fromages et des cas n'ont été rapportés dans une TIAC que de façon exceptionnelle dans d'autres pays (Van Duynhoven *et al.* 2009). Les PPC et PPDC sont donc considérés comme des aliments potentiels. L'ensemble des autres produits laitiers au lait cru sont considérés comme pertinents.

Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus, est présent sur la peau, les muqueuses et dans le tube digestif des animaux. Présent dans la mamelle, *S. aureus* est responsable de mammite chez les ruminants).

Plusieurs voies d'introduction de la bactérie sont possibles au cours de la production du lait et de la fabrication des fromages, mais ces produits sont généralement contaminés suite à des mammites à *S. aureus* (Kümmel *et al.* 2016). La production de toxine dans les produits laitiers est associée à une multiplication observée quand les conditions de température (supérieures à 10°C) et physico-chimiques (notamment de pH) deviennent favorables. Compte-tenu des conditions de fabrication et des données sur les épidémies, l'ensemble des produits laitiers, à l'exception des fromages à pâte pressée cuite et demi-cuite (Cretenet *et al.* 2011), sont considérés pertinents pour *S. aureus*.

Yersinia entéropathogènes

Y. pseudotuberculosis et *Y. enterocolitica* sont les deux espèces les plus impliquées dans les cas de yersiniose. Même si le porc est considéré comme le principal réservoir, les ruminants peuvent héberger des souches de *Y. enterocolitica*. *Y. pseudotuberculosis* est également

retrouvée chez d'autres nombreuses espèces animales domestiques et de nuisibles qui peuvent alors être impliquées dans la contamination du lait à la ferme (Castro *et al.* 2019).

Les données épidémiologiques européennes et américaines ont parfois mis en cause des produits laitiers dans des épidémies, mais elles concernent essentiellement le lait cru à consommer en l'état (European Food Safety Authority *et al.* 2019; Castro *et al.* 2019). Par conséquent, les produits laitiers au lait cru sont des aliments potentiels et ne sont pas inclus dans la hiérarchisation.

Virus entériques

Les virus entériques (norovirus, hépatite A et rotavirus) ont été identifiés comme dangers potentiels dans les produits au lait cru dans l'avis de l'ANSES concernant la hiérarchisation des dangers et des aliments (Anses 2020a). Le mode de contamination est lié à la manipulation et ne relève pas spécifiquement de l'utilisation du lait cru. A ce stade, l'ensemble des catégories de produits laitiers au lait cru sont considérés comme des aliments potentiels.

Virus de l'encéphalite à tiques

Les infections au virus de l'encéphalite à tiques (« tick-borne encephalitis virus » (TBEV) sont rares en France. Quelques cas liés à la morsure de tiques infectées sont diagnostiqués par an essentiellement en Alsace. Quelques épidémies liées à la consommation de lait cru de chèvre ont été rapportées dans des pays d'Europe centrale (EFSA BIOHAZ Panel 2015). En France, un premier foyer de transmission alimentaire (fromage de chèvre au lait cru) a été identifié en avril 2020 (Santé publique France, 2020 ; plateforme Epidémiosurveillance santé animale (ESA, juillet 2020). Les infections par le virus de l'encéphalite à tiques par transmission alimentaire sont rares en France. L'acquisition de données sur la circulation du virus (distribution géographique, prévalence chez les tiques, prévalence dans les élevages) et sur le niveau de contamination des aliments (lait cru et produits au lait cru) est donc nécessaire avant d'envisager de considérer pertinent de retenir ce danger. Il reste donc à ce stade en danger « potentiel ».

Dangers parasitaires

Cryptosporidium spp. peut être hébergé par les espèces de ruminants productrices de lait (Robertson 2009; Lefay *et al.* 2000; Castro-Hermida *et al.* 2005). Le lait peut être contaminé par contact direct avec des fèces d'animaux excréteurs ou par l'environnement de ces derniers. Le lait cru a été à l'origine de plusieurs épidémies (Robertson *et al.* 2013). A ce jour, l'implication des fromages ou autres produits laitiers au lait cru dans des épidémies en France reste exceptionnelle (Loury, Gross, Dugast, Favennec et Dalle 2019). Aucune catégorie de produits laitiers au lait cru n'a été jugée pertinente pour ce parasite.

Toxoplasma peut également être hébergé par des ruminants d'élevage. Une méta-analyse des études épidémiologiques sur les cas sporadiques a identifié la consommation de lait cru comme un facteur de risque significatif pour la toxoplasmose (Anses 2018c). Cependant aucun cas de toxoplasmose lié à la consommation de fromages ou autres produits laitiers au lait cru n'a été rapporté. Aucun produit au lait cru n'est donc considéré comme pertinent pour ce parasite.

Annexe 5 : Renseignements des critères pour le calcul du nombre de cas associés à chaque couple aliment/danger

Tableau A5.1. Valeurs pour les couples concernant *Listeria monocytogenes*

Produits concernés	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Fromages à pâte molle et croute fleurie (au lait de bovin et de caprin)	Concentration (log10 ufc/g)	2,0		(EFSA Panel on Biological Hazards <i>et al.</i> 2018)	Faible	Valeur estimée par simulation
	Prévalence à la distribution	0,018		(DGAL 2016)	Faible	Plan de surveillance réalisé en France (catégorie PM et PPNC)
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	2,5		(Sanaa <i>et al.</i> 2004)	Faible	Croissance dans des mauvaises conditions de conservation issue de la modélisation
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage à pâte molle et croute fleurie au lait cru, contaminé par une souche virulente, mal conservé par un individu de la population sensible				
	Probabilité de la situation à risque	Population	0,2	(Pouillot <i>et al.</i> 2009)	Faible	Basée sur des données française
		Danger	0,24	(Fritsch, Guillier et Augustin 2018; Painset <i>et al.</i> 2019)	Moyen	Proportion de souches hypervirulentes au niveau européen dans les produits laitiers
		Pratique				
		Conservation	0,4	INCA 3	Faible	Données France représentative sur les pratiques de non respect des dates limites et des température

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Fromages à pâte molle et croute lavée	Concentration (log10 ufc/g)	2,0		(EFSA Panel on Biological Hazards <i>et al.</i> 2018)	Faible	Valeur estimée par simulation
	Prévalence à la distribution	0,018		(DGAL 2016)	Faible	Plan de surveillance réalisé en France (catégorie PM et PPNC)
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	2,5 – 3,5		(Augustin <i>et al.</i> 2015)	Faible	Données observées sur un fromage de la catégorie
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage à pâte molle et coute lavée au lait cru, contaminé par une souche virulente, mal conservé par un individu de la population sensible				
	Probabilité de la situation à risque	Population	0,2	(Pouillot <i>et al.</i> 2009)	Faible	Basée sur des données française
		Danger	0,24	(Fritsch, Guillier et Augustin 2018; Painset <i>et al.</i> 2019)	Moyen	Proportion de souches hypervirulentes au niveau européen dans les produits laitiers
		Pratique				
		Conservation	0,4	INCA 3	Faible	Données France représentative sur les pratiques de non respect des dates limites et des température

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Fromages à pâte persillée au lait d'ovin	Concentration (log10 ufc/g)	2,0		(EFSA Panel on Biological Hazards <i>et al.</i> 2018)	Faible	Valeur estimée par modélisation
	Prévalence à la distribution	0,024		(Martinez-Rios <i>et al.</i> 2018)	Moyen	Donnée issue d'une méta-analyse au niveau européen
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	0		(DGAL 2009)	Faible	Justification de l'appartenance à la catégorie 1.3 (aliments ne permettant pas la croissance de <i>L. monocytogenes</i>)
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage à pâte persillée au lait cru d'ovins, contaminé par une souche virulente par un individu de la population sensible				
	Probabilité de la situation à risque	Population	0,2	(Pouillot <i>et al.</i> 2009)	Faible	Basée sur des données française
		Danger	0,24	(Fritsch, Guillier et Augustin 2018; Painset <i>et al.</i> 2019)	Moyen	Proportion de souches hypervirulentes au niveau européen dans les produits laitiers
		Pratique				
		Conservation				

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Fromages à pâte persillée au lait de bovin	Concentration (log10 ufc/g)	2,0		(EFSA Panel on Biological Hazards <i>et al.</i> 2018)	Faible	Valeur estimée par modélisation
	Prévalence à la distribution	0,024		(Martinez-Rios et Dalgaard 2018)	Moyen	Donnée issue d'une méta-analyse au niveau européen
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		0 – 2.5	(Bernini <i>et al.</i> 2013; Rosshaug <i>et al.</i> 2012)	Forte	Pas de données spécifiques à des fromages français.
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage à pâte persillée au lait cru d'ovins, contaminé par une souche virulente, mal conservé par un individu de la population sensible				
	Population	0,2		(Pouillot <i>et al.</i> 2009)	Faible	Basée sur des données française
	Danger	0,24		(Fritsch, Guillier et Augustin 2018; Painset <i>et al.</i> 2019)	Moyen	Proportion de souches hypervirulentes au niveau européen dans les produits laitiers
	Probabilité de la situation à risque	Pratique				
	Conservation	0,4		INCA 3	Faible	Données France représentative sur les pratiques de non respect des dates limites et des température

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Fromages à pâte pressée non cuite et affinage court (au lait de bovin ou d'ovin)	Concentration (log10 ufc/g)	2,0		(EFSA Panel on Biological Hazards <i>et al.</i> 2018)	Faible	Valeur estimée par modélisation
	Prévalence à la distribution	0,018		(DGAL 2016)	Faible	Plan de surveillance réalisé en France (catégorie PM et PPNC)
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		-0,5-2,8	(Adhikari <i>et al.</i> 2018; Lahou <i>et al.</i> 2017; Leong <i>et al.</i> 2014)	Forte	Variabilité en fonction des publications
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage à pâte pressée non cuite et affinage court, contaminé par une souche virulente, mal conservé par un individu de la population sensible				
	Probabilité de la situation à risque	Population	0,2	(Pouillot <i>et al.</i> 2009)	Faible	Basée sur des données française
		Danger	0,24	(Fritsch, Guillier et Augustin 2018; Painset <i>et al.</i> 2019)	Moyen	Proportion de souches hypervirulentes au niveau européen dans les produits laitiers
		Pratique				
		Conservation	0,4	INCA 3	Faible	Données France représentative sur les pratiques de non respect des dates limites et des température

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Fromages à pâte pressée non cuite et affinage long	Concentration (log10 ufc/g)	1,0		(Anses 2015a)	Faible	Valeur estimée par modélisation
	Prévalence à la distribution	0,031		(Anses 2015a)	Faible	Données de la filière
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		-2 - 0	(Chatelard-Chauvin <i>et al.</i> 2015)	Faible	Variabilité en fonction des publications
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage à pâte pressée non cuite et affinage long contaminé par une souche virulente, par un individu de la population sensible				
	Probabilité de la situation à risque	Population	0,2	(Pouillot <i>et al.</i> 2009)	Faible	Basée sur des données française
		Danger	0,24	(Fritsch, Guillier et Augustin 2018; Painset <i>et al.</i> 2019)	Moyen	Proportion de souches hypervirulentes au niveau européen dans les produits laitiers
		Pratique				
		Conservation				

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Beurre	Concentration (log10 ufc/g)	1,0		(El-Hajjaji <i>et al.</i> 2020)	Faible	Enumeration de produits naturellement contaminés
	Prévalence à la distribution		0,046 - 0,187	(De Reu, Grijspeerd et Herman 2004; Little <i>et al.</i> 2009)	Moyen	Données hors France (UE)
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	2		(Maijala <i>et al.</i> 2001)	Moyen	Données issues d'une seule épidémie
	Définition de la situation à risque	Consommation de beurre au lait cru ne respectant les spécifications de pH (FNEC 2018) et mal conservé par un individu de la population sensible				
	Probabilité de la situation à risque	Population	0,2	(Pouillot <i>et al.</i> 2009)	Faible	Basée sur des données française
		Danger	0,24	(Fritsch, Guillier et Augustin 2018; Painset <i>et al.</i> 2019)	Moyen	Proportion de souches hypervirulentes au niveau européen dans les produits laitiers
		Pratique		0,001 - 0,1 Valeur élicitée	Forte	Pas de valeur documentée de la fréquence des beurres ne respectant pas le pH
		Conservation	0,4	INCA 3	Faible	Données France représentative sur les pratiques de non respect des dates limites et des température

Tableau A5.2. Valeurs pour les couples concernant *Salmonella*

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Beurre	Concentration (log10 ufc/g)	-1,4		Valeur élicitée	Forte	Absence de données de quantification
	Prévalence à la distribution	0,025		Pathogens-in-foods database ²³ (15 études)	Forte	Catégorie plus large que le beurre ("Dairy fats")
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		-4 à 0 log10	(Sims <i>et al.</i> 1969; Holliday <i>et al.</i> 2003)	Forte	Valeurs anciennes et obtenues à des températures de conservation différentes
	Définition de la situation à risque	Consommation de beurre au lait cru ne respectant les spécifications de pH (FNEC 2018)				
		Population				
		Danger				
	Probabilité de la situation à risque	Pratique	0,001 - 0,1	Valeur élicitée	Forte	Pas de valeur documentée de la fréquence des beurres ne respectant pas le pH
		Conservation				

²³ En date de juillet 2020

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification	
Crème	Concentration (log10 ufc/g)	-1,4		Valeur élicitée	Forte	Absence de données de quantification	
	Prévalence à la distribution	0,02		(Ghanadan <i>et al.</i> 2015; Busani <i>et al.</i> 2005; Soltan Dallal <i>et al.</i> 2020)	Forte	Catégorie plus large que la crème et données non françaises	
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		-3 à 1 log10	(Holliday, Adler et Beuchat 2003)	Forte	Valeurs hétérogènes en fonction des conditions de conservation	
	Définition de la situation à risque	Consommation de crème au lait cru ne respectant les spécifications de pH (FNEC 2018)					
	Population						
	Danger						
	Probabilité de la situation à risque			0,001 - 0,1	Valeur élicitée	Forte	Pas de valeur documentée de la fréquence des crèmes ne respectant pas le pH
	Pratique						
	Conservation						

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte lactique fraîche	Concentration (log10 ufc/g)	-1,4		Valeur élicitée	Forte	Absence de données de quantification
	Prévalence à la distribution	0,009		DGAL (2016)	Moyen	Prévalence supposée identique à celle des catégories de fromage à PM
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		0 log10	(Sims <i>et al.</i> 1989)	Forte	Une seule étude
	Définition de la situation à risque	Consommation de PLF contaminé par <i>Salmonella</i>			Faible	
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger				
		Pratique				
		Conservation				

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte molle et croute fleurie (lait de vache ou lait de chèvre)	Concentration (log10 ufc/g)	-1,4		(Fares 2007)	Faible	Valeur issue du travail de modélisation de la contamination du lait cru jusqu'à la fabrication de fromage PMCF
	Prévalence à la distribution	0,009		DGAL (2016)	Faible	Données nationales issues des plans de surveillance
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		0 log10	(Fares 2007)	Faible	Absence de croissance expliquée par les modèles de microbiologie prévisionnelle
	Définition de la situation à risque	Consommation de PMCF contaminé par Salmonella			Faible	
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger				
		Pratique				
		Conservation				

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte molle et croute lavée	Concentration (log10 ufc/g)	-1,4		(Fares 2007)	Moyen	Extrapolation aux PMCL du comportement de Salmonella dans les PMCF
	Prévalence à la distribution	0,009		DGAL (2016)	Faible	Données nationales issues des plans de surveillance
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		0 log10	(Fares 2007)	Moyen	Absence de croissance expliquée par les modèles de microbiologie prévisionnelle
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage PMCL contaminé par Salmonella			Faible	
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger				
		Pratique				
		Conservation				

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte persillée (au lait de bovin et d'ovins)	Concentration (log10 ufc/g)	-1,4		(Fares 2007)	Moyen	Extrapolation aux PPS du comportement de Salmonella dans les PMCF
	Prévalence à la distribution	0,009		DGAL (2016)	Faible	Données nationales issues des plans de surveillance
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		-2 - 0 log10	(Schaffer, Tatini et Baer 1995)	Forte	Une seule étude.
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage PPS contaminé par Salmonella			Faible	
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger				
		Pratique				
		Conservation				

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte pressée non cuite à affinage court	Concentration (log10 ufc/g)	-1,4		(Anses 2018d)	Faible	Valeur estimée par modélisation
	Prévalence à la distribution	0,009		(Anses 2018d)	Faible	Données des auto-contrôles sur des fromages de la catégorie
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	0		(Anses 2018d)	Faible	Valeur justifiée par les modèles de microbiologie prévisionnelle.
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage PPNC contaminé par Salmonella			Faible	
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger				
		Pratique				
		Conservation				

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte pressée non cuite à affinage long	Concentration (log10 ufc/g)	-1,4		Valeur élicitée	Moyen	Hypothèse liée au comportement de Salmonella pendant l'affinage (décroissance)
	Prévalence à la distribution	0,006		DGAL (2016)	Faible	Données de plan de surveillance national
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		-3 à -1	(Shrestha <i>et al.</i> 2011; Leong <i>et al.</i> 2014)	Forte	Pas de données sur les fromages français. Analogie avec les fromages de type cheddar (extrait sec et pH analogues). Fromages inoculés post-fabrication
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage PPNCL contaminé par Salmonella			Faible	
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger				
		Pratique				
		Conservation				

Tableau A5.3. Valeurs pour les couples concernant *Staphylococcus aureus*

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Beurre	Concentration (log10 ufc/g)	2,5		(AFSCA 2015)	Faible	Produit présentant des caractéristiques similaires au beurre français
	Prévalence à la distribution	0,125		(AFSCA 2015)	Moyen	Méta-analyse réalisée au niveau européen
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	1		(Minor et Marth 1972)	Fort	Valeurs anciennes et obtenues à des températures de conservation différentes
	Définition de la situation à risque	Consommation de beurre au lait cru ne respectant les spécifications de pH (FNEC 2018) et contaminé avec une souche enterotoxinogène				
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger	0,12-0,625	(Jørgensen <i>et al.</i> 2005; Riva <i>et al.</i> 2015; Rosec <i>et al.</i> 1997)	Faible	Proportion variable de souches entérotoxinogènes
		Pratique	0,001 - 0,1	Valeur élicitée	Forte	Pas de valeur documentée de la fréquence des beurres ne respectant pas le pH
		Conservation				

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Crème	Concentration (log10 ufc/g)	3,2		Pathogens-in-foods database ²⁴ (23 études)	Moyen	Méta-analyse
	Prévalence à la distribution	0,025		Pathogens-in-foods database ²⁵ (23 études)	Moyen	Méta-analyse
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	1		(Ikram <i>et al.</i> 1977)	Forte	Une seule étude
	Définition de la situation à risque	Consommation de crème au lait cru ne respectant les spécifications de pH (FNEC 2018) et contaminée avec une souche enterotoxinogène				
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger	0,12-0,625	(Jørgensen <i>et al.</i> 2005; Riva <i>et al.</i> 2015; Rosec <i>et al.</i> 1997)	Faible	Proportion variable de souches entérotoxinogènes
		Pratique	0,001 - 0,1	Valeur élicitée	Forte	Pas de valeur documentée de la fréquence des crèmes ne respectant pas le pH
		Conservation				

²⁴ En date de juillet 2020

²⁵ En date de juillet 2020

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte lactique fraîche	Concentration (log10 ufc/g)	5		(DGAL 2005)	Faible	Valeur retenue en cohérence avec la prévalence
	Prévalence à la distribution	0,014		(DGAL 2005)	Moyen	Plan de surveillance national, données spécifiques aux PLF mais anciennes
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	0		(Lindqvist <i>et al.</i> 2002)	Faible	Pas de croissance et de production d'entérotoxine pour des températures de conservation usuelles
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage à pâte lactique fraîche et contaminé avec une souche enterotoxinogène				
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger	0,12-0,625	(Jørgensen <i>et al.</i> 2005; Riva <i>et al.</i> 2015; Rosec <i>et al.</i> 1997)	Faible	Proportion variable de souches entérotoxigènes
		Pratique				
		Conservation				

Produits concernés	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte molle à croute fleurie (au lait de vache et de chèvre) Pâte molle à croute lavée Pâte pressée non cuite à affinage court Pâte persillée (au lait de vache et de brebis)	Concentration (log10 ufc/g)	5,0		(DGAL 2005)	Faible	Valeur retenue en cohérence avec la prévalence
	Prévalence à la distribution	0,023		(DGAL 2005)	Moyen	Plan de surveillance national, mais les données sont anciennes concernant un ensemble de catégories de fromages (PMCF, PMCL, PPNCC)
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	0		(Meyrand <i>et al.</i> 1998; Delbes <i>et al.</i> 2006)	Faible	La production d'enterotoxine a lieu pendant les premières heures de la fabrication
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage contaminé par une souche enterotoxinogène				
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger	0,12-0,625	(Jørgensen <i>et al.</i> 2005; Riva <i>et al.</i> 2015; Rosec <i>et al.</i> 1997)	Faible	Proportion variable de souches entérotoxinogènes
		Pratique				
		Conservation				

Produits concernés	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte pressée non cuite à affinage long	Concentration (log10 ufc/g)	5,0			Faible	Valeur retenue en cohérence avec la prévalence
	Prévalence à la distribution	0,002		(Ganz <i>et al.</i> 2020)	Forte	Données hors UE sur des fromages de type
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	0		(Delbes <i>et al.</i> 2006)	Faible	La production d'enterotoxine a lieu pendant les premières heures de la fabrication
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromage PPNCL contaminé par une souche enterotoxinogène				
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger	0,12-0,625	(Jørgensen <i>et al.</i> 2005; Riva <i>et al.</i> 2015; Rosec <i>et al.</i> 1997)	Faible	Proportion variable de souches entérotoxinogènes
		Pratique				
		Conservation				

Tableau A5.4. Valeurs pour les couples concernant les *EHEC*

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Beurre	Concentration (log10 ufc/g)	-1,0			Faible	Présence dans 10 g
	Prévalence à la distribution	0,003		(DGAL 2016)	Moyen	La prévalence dans les beurres est considérée à la prévalence dans les fromages au lait cru
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	0		(Adler <i>et al.</i> 2002; Holliday, Adler et Beuchat 2003)	Moyen	Pas de croissance attendue
	Définition de la situation à risque	Consommation de beurre au lait cru ne respectant les spécifications de pH (FNEC 2018) par un individu de la population sensible				
	Population	0,1		(Anses 2020a)	Faible	Basée sur des données française
	Danger					
	Probabilité de la situation à risque		0,001 - 0,1	Valeur élicitée	Forte	Pas de valeur documentée de la fréquence des beurres ne respectant pas le pH
	Pratique					
	Conservation					

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Crème	Concentration (log10 ufc/g)	-1,0			Faible	Présence dans 10 g
	Prévalence à la distribution	0,003		(DGAL 2016)	Moyen	La prévalence dans les crèmes est considérée à la prévalence dans les fromages au lait cru
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	1		(Holliday, Adler et Beuchat 2003)	Forte	Résultat d'une étude obtenu sur un produit proche mais non identique au crème crue
	Définition de la situation à risque	Consommation de crème crue ne respectant les spécifications de pH (FNEC 2018) par un individu de la population sensible				
	Population	0,1		(Anses 2020a)	Faible	Basée sur des données française
	Danger					
	Probabilité de la situation à risque		0,001 - 0,1	Valeur élicitée	Forte	Pas de valeur documentée de la fréquence des crèmes crues ne respectant pas le pH
	Pratique					
	Conservation					

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte lactique fraîche	Concentration (log10 ufc/g)	-0,7			Moyen	Concentration similaire à celle retrouvée dans les pâte molle à croute fleurie
	Prévalence à la distribution	0,003		(DGAL 2016)	Moyen	La prévalence dans les PLF est considérée à la prévalence dans les fromages au lait cru
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	-2		(Lekkas <i>et al.</i> 2006)	Forte	Valeur d'inactivation dans la situation à risque (1 seule étude)
	Définition de la situation à risque	Consommation de PLF ayant un défaut d'acidification par un individu de la population sensible				
	Population	0,1		(Anses 2020a)	Faible	Basée sur des données française
	Danger					
	Probabilité de la situation à risque		0,001 - 0,1	Valeur élicitée	Forte	Pas de valeur documentée de la fréquence de défaut d'acidification dans les PLF
	Pratique					
	Conservation					

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte molle croute fleurie (au lait de vaches ou de chèvres)	Concentration (log10 ufc/g)	-0,7		(Perrin <i>et al.</i> 2015)	Faible	Concentration estimée à partir de modèle prévisionnelle de la contamination au cours de la fabrication
	Prévalence à la distribution	0,003		(DGAL 2016)	Faible	Plan de surveillance national
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	0		(Miszczych <i>a et al.</i> 2016)	Faible	Données de challenge-test spécifique aux fromages PMCF
	Définition de la situation à risque	Consommation de PMCF contaminé par une souche d'EHEC par un individu de la population sensible				
	Population	0,1		(Anses 2020a)	Faible	Basée sur des données française
	Danger					
	Probabilité de la situation à risque	Pratique				
	Conservation					

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte molle croute lavée	Concentration (log10 ufc/g)	-0,7		(Perrin <i>et al.</i> 2015)	Moyenne	Le comportement des EHEC est considéré comme étant le même que les fromages à croute fleurie
	Prévalence à la distribution	0,003		(DGAL 2016)	Faible	Plan de surveillance national
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	0		(Miszczych <i>a et al.</i> 2016)	Moyenne	Le comportement des EHEC est considéré comme étant le même que les fromages à croute fleurie
	Définition de la situation à risque	Consommation de PMCL contaminé par une souche d'EHEC par un individu de la population sensible				
	Population	0,1		(Anses 2020a)	Faible	Basée sur des données française
	Danger					
	Probabilité de la situation à risque					
	Pratique					
	Conservation					

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte persillée (au lait de bovin ou d'ovin)	Concentration (log10 ufc/g)	-0.3		(Miszczych a <i>et al.</i> 2013)	Faible	Niveau déduit des données de challenge-tests réalisés dans les fromages de la catégorie
	Prévalence à la distribution	0,003		(DGAL 2016)	Faible	Plan de surveillance national
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	-	-1 - 0	(Miszczych a <i>et al.</i> 2013)	Faible	Données de challenge-test sur des fromages de la catégorie
	Définition de la situation à risque	Consommation de PPS contaminé par une souche d'EHEC par un individu de la population sensible				
	Population	0,1		(Anses 2020a)	Faible	Basée sur des données française
	Danger					
	Probabilité de la situation à risque	Pratique				
	Conservation					

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte pressée non cuite à affinage court	Concentration (log10 ufc/g)		-1 - 0.5	(Frétin <i>et al.</i> 2020)	Faible	Niveau déduit des données de challenge-tests réalisés dans les fromages de la catégorie
	Prévalence à la distribution	0,003		(DGAL 2016)	Faible	Plan de surveillance national
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	-	0	(Frétin <i>et al.</i> 2020; Miszczycha <i>et al.</i> 2013)	Faible	Données de challenge-test sur des fromages de la catégorie
	Définition de la situation à risque	Consommation de PPNCC contaminé par une souche d'EHEC par un individu de la population sensible				
	Population	0,1		(Anses 2020a)	Faible	Basée sur des données française
	Probabilité de la situation à risque	Danger Pratique Conservation				

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte pressée non cuite à affinage long	Concentration (log10 ufc/g)	-1		(Miszczych <i>a et al.</i> 2013)	Faible	Niveau déduit des données de challenge-tests réalisés dans les fromages de la catégorie
	Prévalence à la distribution	0,003		(DGAL 2016)	Faible	Plan de surveillance national
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)		-4 à -2	(Miszczych <i>a et al.</i> 2013)	Faible	Données de challenge-test sur des fromages de la catégorie
	Définition de la situation à risque	Consommation de PPNCL contaminé par une souche d'EHEC par un individu de la population sensible				
	Population	0,1		(Anses 2020a)	Faible	Basée sur des données française
	Probabilité de la situation à risque	Danger Pratique Conservation				

Tableau A5.5. Valeurs pour les couples concernant l'histamine

Produit concerné	Critères	Valeur	Gamme	Reference	Niveau d'incertitude	Justification
Pâte pressée cuite, demi-cuine et non cuite à affinage long	Concentration (log10 ufc/g)		6-8	(Joosten et al. 1996)	Faible	Niveau de contamination associé aux niveaux correspondant à la prévalence
	Prévalence à la distribution	0,06		(Rauscher-Gabernig et al. 2009)	Moyen	La prévalence dans les beurres est considérée à la prévalence dans les fromages au lait cru
	Potentiel d'évolution pendant la distribution (log10)	0		(Joosten et Nunez 1996)	Faible	La formation atteint son maximum au cours de l'affinage. Les durées de conservation sur les niveaux d'histamine sont sans effet sur ces niveaux.
	Définition de la situation à risque	Consommation de fromages PPC, PPDC, et PPNCL où la flore majoritaire lactique intervenant pendant l'affinage est une flore possède un fort pouvoir histaminogène				
	Probabilité de la situation à risque	Population				
		Danger	0,1	(Ascone et al. 2017)	Moyen	Part des laits contaminés par des souches à fort potentiel histaminogène. Une seule étude apporte cette information
		Pratique				
		Conservation				

Annexe 6 : Mesures applicables dans les exploitations agricoles pour la maîtrise des dangers

Tableau A6.1. Mesures applicables au niveau des exploitations agricoles pour la maîtrise de *S. aureus*

Compartiment	Espèce animale	Facteur de risque	Que peut-on faire ?	Quelle finalité de la mesure maîtrise ?	Quantification de la mesure de maîtrise	Référence bibliographique
#2 Animaux	Agneaux, Chevreaux	Portage nasal important (transmission potentielle à la mère lors de la tétée)	Séparer les animaux	Limiter la circulation		(Rainard <i>et al.</i> 2018)
#2 Animaux	Bovins Ovins Caprins	Portage	Vacciner les animaux	Limiter la circulation		(Rainard <i>et al.</i> 2018; Peton et Le Loir 2014)
#2 Animaux	Bovins Ovins Caprins	Portage	Sélectionner les animaux sur le caractère de résistance aux mammites	Limiter la circulation		(Peton et Le Loir 2014)
#2 Animaux	Bovins Ovins Caprins	Mammites cliniques	Traitement des animaux par antibiotique	Limiter la circulation		(Peton et Le Loir 2014)
#2 Animaux	Bovins	Introduction dans les élevages d'animaux porteurs	Tester les animaux à l'entrée	Limiter l'introduction		(Rainard <i>et al.</i> 2018)
#4. Logement, conduite du pré-troupeau (phase d'élevage)	Bovins	Mauvais niveau d'hygiène à la ferme (associé au portage nasal chez les veaux)	Maintenir l'hygiène des locaux	Limiter la circulation, la persistance	²⁶ OR=0,3 pour le portage dans les élevages avec une bonne hygiène	(Graveland <i>et al.</i> 2010)
#4. Logement, conduite du pré-troupeau (phase d'élevage)	Bovins	Taille importante des élevages (associée au portage nasal chez les veaux)	Cloisonner les groupes d'animaux	Limiter la circulation	OR = 2,7 pour les fermes avec beaucoup de veaux	(Graveland <i>et al.</i> 2010)
#5. Alimentation, abreuvement	Vaches laitières	Qualité de l'eau d'abreuvement associée à des mammites	Contrôler l'accès aux points d'eau	Limiter la circulation	Augmentation de 23% de la prévalence de mammites quand les bovins consomment l'eau des fossés (pour les SCN)	(Sampimon <i>et al.</i> 2009)
#6. Logement, conduite du troupeau (phase de production)	Bovins laitiers	Présence de lésions (quelle que soit la zone)	Surveiller et traiter toute lésion Examen clinique de la mamelle	Limiter la circulation, la persistance		(Larsen <i>et al.</i> 2000)
#6. Logement, conduite du troupeau (phase de production)	Divers	Evolution de la diversité des clones présents (sous-types et profil d'antibiorésistance)	Surveiller les différents clones (sous-type et profil d'antibio-résistance)	Limiter la circulation, la persistance		(Fitzgerald 2012) (Bergonier <i>et al.</i> 2014)
#6. Logement, conduite du troupeau (phase de production)	Bovins Ovins Caprins	Survie dans la litière et sur les surfaces des équipements d'élevage	Nettoyage et désinfection du matériel et des locaux	Limiter la persistance		(Rainard <i>et al.</i> 2018)
#6. Logement, conduite du troupeau (phase de production)	Bovins Ovins Caprins	Présence de mouches	Propreté des abords et des bâtiments d'élevage Brasseur d'air en salle de traite	Limiter la persistance		(Rainard <i>et al.</i> 2018; Anderson <i>et al.</i> 2012)

²⁶ OR « Odd Ratio » : les valeurs rapportées sont significatives (intervalle de confiance à 95% différent de 1). Les valeurs <1 mettent en évidence un effet protecteur, les valeurs supérieures à 1 un facteur de risque.

Compartiment	Espèce animale	Facteur de risque	Que peut-on faire ?	Quelle finalité de la mesure maîtrise ?	Quantification de la mesure de maîtrise	Référence bibliographique
			Utilisation de pièges à insecte			
#6. Logement, conduite du troupeau (phase de production)	Vaches laitières	Déséquilibre du microbiote des trayons	Préserver le microbiote du trayon Utiliser des probiotiques	Limiter la persistance		(Falentin <i>et al.</i> 2016; Peton et Le Loir 2014)
#6. Logement, conduite du troupeau (phase de production)	Vaches laitières	Proximité entre les vaches tarées et les vaches en production	Séparer les groupes	Limiter la circulation	Augmentation de 11% de la prévalence de mammites quand les bovins des deux groupes ne sont pas séparés (pour les SCN)	(Sampimon <i>et al.</i> 2009)
#7.Traite	Bovins Ovins Caprins	Animaux avec des mammites sub-cliniques	Surveiller les cellules somatiques dans le lait	Réduire la contamination du lait		(Merz <i>et al.</i> 2016; Jørgensen <i>et al.</i> 2005)
#7.Traite	Bovins Ovins Caprins	Animaux avec des mammites cliniques	Examen clinique de la mamelle Examen de la sécrétion lactée Examen de l'état général des animaux Surveiller les cellules somatiques dans le lait Réforme de l'animal concerné	Réduire la contamination du lait		(Merz, Stephan et Johler 2016; Bosquet <i>et al.</i> 2013; Jørgensen <i>et al.</i> 2005)
#7.Traite	Bovins Ovins Caprins	Contamination fécale du pis et des trayons	Nettoyage des trayons (lavettes individuelles, pré-trempage et essuyage, lingettes, ...) Désinfection (post-trempage ou pulvérisation)	Réduire la contamination du lait		(Rainard <i>et al.</i> 2018)
#8.Stockage du lait	Bovins Ovins Caprins	Perte de maîtrise de la température du lait pendant son stockage et son transport	Assurer un refroidissement rapide et un maintien à des températures basses (<6°C)	Réduire la contamination du lait	On peut mesurer la perte de maîtrise (temps/température) à l'aide des modèles de microbiologie prévisionnelle	(EFSA Panel on Biological Hazards 2015)

Tableau A6.2. Mesures applicables dans les exploitations agricoles pour la maîtrise de *Salmonella*

Compartiments	Espèce animale	Danger	Facteur de risque	Que peut-on faire ?	Quelle finalité de la mesure maîtrise ?	Quantification de la mesure de maîtrise	Référence bibliographique
#1. (Réception)/Stockage/Gestion des aliments		<i>Salmonella</i>	S. Mbandaka, S. Braenderup sont les sérovars les plus fréquents dans l'alimentation animale	Réaliser le serotypage les souches dans les laits (considérer la possibilité d'introduction par l'aliment)	Limiter l'introduction		(Anses 2018b)
#2 Animaux	Bovins	<i>Salmonella</i> Dublin	Introduction de bovins dans l'élevage	Contrôler le portage de salmonelles sur les animaux à l'entrée dans la ferme	Limiter l'introduction	Modèle quantitatif permettant de mesurer l'impact de ces introductions (scénarios)	(Jordan <i>et al.</i> 2008)
#2 Animaux	Bovins	<i>Salmonella</i> Dublin et Typhimurium	Portage	Vaccination	Limiter l'introduction	Pas d'efficacité pour les bovins laitiers	(Wilhelm <i>et al.</i> 2017)
#2 Animaux	Bovins	<i>Salmonella</i> Dublin	Animaux à risque élevé de portage (Génisses, vaches au moment de la parturition) Période d'excrétion plus importante . Fin d'hiver début du printemps	Surveiller les catégories d'animaux à risque Renforcement des mesures d'hygiène et de la surveillance des animaux pendant les périodes à risque	Limiter l'excrétion		(Nielsen <i>et al.</i> 2004)
#4.Logement, soins aux animaux (phase d'élevage)	Bovins	<i>Salmonella</i>	Hygiène dans les élevages	Entretien des stabulations Paillage suffisant	Limiter la circulation et la persistance	Pas d'effet détecté	(Dewell <i>et al.</i> 2008)
#4.Logement, soins aux animaux (phase d'élevage)	Bovins	<i>Salmonella</i>	Zone de vêlage	Disposer d'une zone de vêlage dédiée	Limiter la circulation et la persistance	OR = 0,53 (quand l'élevage dispose d'une zone de vêlage dédiée)	(Losinger <i>et al.</i> 1995)
#5 Alimentation / abreuvement (phase de production) #10 Qualité de l'eau	Bovins	<i>Salmonella</i>	Abreuvoirs peuvent être une source de contamination dans un élevage	Vidange et nettoyage des abreuvoirs	Limiter la persistance		(Adam <i>et al.</i> 2010)
#5 Alimentation / abreuvement (phase de production)	Bovins	<i>Salmonella</i>	Forte excrétion	Utilisation de probiotiques Utilisation de ionophores	Limiter l'excrétion	Pas d'effet significatif	(Wilhelm <i>et al.</i> 2017)
#6. Logement, soins aux animaux (phase de production)	Bovins	<i>Salmonella</i>	Taille du troupeau	Réfléchir à l'allotement et aux mouvements d'animaux dans l'exploitation	Limiter la circulation et la persistance	Les élevages de plus de 400 bovins sont plus touchés (rapporté le différentiel de prévalence)	(Nielsen <i>et al.</i> 2013; Cummings <i>et al.</i> 2009)
#6. Logement, soins aux animaux (phase de production)	Bovins	<i>Salmonella</i> Dublin	Hygiène dans les élevages	Entretien des stabulations Paillage quotidien et suffisant (1 à 1,2 kg/m ²)	Limiter la circulation et la persistance	OR = 0,63 pour les élevages avec un bon niveau d'hygiène	(Davison <i>et al.</i> 2006; Younis <i>et al.</i> 2009)
#7. Traite	Bovins, Caprins, Ovins	<i>Salmonella</i>	Animaux avec mammites cliniques ou sub-cliniques	Examen à chaque traite des trayons, du lait Suivi des concentrations en cellules somatiques	Réduire la contamination du lait		(Ramond 2015; Angoujard 2015)

#7. Traite	Bovins	Salmonella	Hygiène des trayons	Utilisation de lavettes individuelles	Réduction de la contamination du lait	(Ruzante <i>et al.</i> 2010)
#9 Gestion des effluents	BBovins	Salmonella	Le fumier peut être une source de contamination dans un élevage	Prévoir un temps entre l'épandage et le pâturage	Limiter l'introduction	(Adam et Brülisauer 2010)
#9 Gestion des effluents	Bovins	Salmonella	Le stockage ou l'achat d'effluents (lisiers, fumiers) peut être un facteur de risque d'acquisition de Salmonella dans une exploitation	Eviter l'utilisation d'effluents provenant d'une exploitation à antécédents de salmonellose	Limiter l'introduction	(Kirchner <i>et al.</i> , 2012)

Tableau A6.3. Mesures applicables dans les exploitations agricoles pour la maîtrise de *L. monocytogenes*

Intrant / étape / sous-produit	Espèce animale	Facteur de risque	Que peut-on faire ?	Quelle finalité de la mesure maîtrise ?	Quantification de la mesure de maîtrise	Référence bibliographique
#1. Alimentation #9 Gestion des effluents	Bovins Caprins Ovins	Au niveau des champs et prairies : l'utilisation de produits issus du traitement des eaux usées et du fumier animal dans les sols et les cultures agricoles	Utiliser du fumier correctement composté (et donc assaini) sur les champs et prairies destinés à récolter le fourrage.	Limiter la circulation et la persistance dans l'environnement		(Heinonen-Tanski <i>et al.</i> 2006; Locatelli <i>et al.</i> 2013; Castro <i>et al.</i> 2018; Matto <i>et al.</i> 2017; Mcauley <i>et al.</i> 2014; Strawn <i>et al.</i> 2013)
#1. Alimentation		Facteurs météorologiques associés à une plus forte contamination des champs	Reporter la récolte d'ensilage s'il y a une vitesse du vent élevée ou des précipitations abondantes dans les jours précédant la fauche de l'herbe			(Pang <i>et al.</i> 2017; Ivanek <i>et al.</i> 2009; Strawn <i>et al.</i> 2013)
#1. Alimentation	Bovins Caprins Ovins	Accès au stockage de céréales par les oiseaux et rongeurs	Protéger les aliments stockés des oiseaux et rongeurs			(Schoder <i>et al.</i> 2011)
#1. Alimentation	Bovins	Mauvaise gestion de l'ensilage	Maintenir le pH<4,5	Limiter la circulation /la persistance	OR - 6,3 (pour la prévalence dans les ensilages)	(Vilar <i>et al.</i> 2007)
#1. Alimentation	Bovins	Mauvaise gestion de l'ensilage	Maintenir le pH à coeur <4,0	Limiter la circulation /la persistance	OR – 6.9 (prévalence dans le lait)	(Sanaa <i>et al.</i> 1993)
#1. Alimentation	Bovins	Mauvaise gestion de l'ensilage	Maintenir le pH en surface <4,0	Limiter la circulation /la persistance	OR – 2.9 (prévalence dans le lait)	(Sanaa <i>et al.</i> 1993)
#1. Alimentation	Bovins	Mauvaise gestion de l'ensilage	Assurer le maintien de l'anaérobiose	Limiter la circulation /la persistance	OR – 3,1 (prévalence dans le lait)	(Sanaa <i>et al.</i> 1993)
#2 Naissance / achat	bovins	Introduction de nouvelles vaches dans la collecte de lait	Renforcer la surveillance des indicateurs quand on introduit de nouvelles vaches	Limiter la circulation /la persistance	OR – 4,5	(Antognoli <i>et al.</i> 2009)

Intrant / étape / sous-produit	Espèce animale	Facteur de risque	Que peut-on faire ?	Quelle finalité de la mesure maîtrise ?	Quantification de la mesure de maîtrise	Référence bibliographique
			dans la collecte de lait			
#4. Logement, soins aux animaux (phase d'élevage)	Bovins	Propreté des parcours extérieurs	Promouvoir une bonne hygiène de l'exploitation en nettoyant régulièrement	Réduire la contamination du lait	OR - 5,8 (prévalence dans le lait)	(Sanaa <i>et al.</i> 1993)
#4. Logement, soins aux animaux (phase d'élevage)	Bovins	Propreté de la salle d'attente	Promouvoir une bonne hygiène de l'exploitation en nettoyant régulièrement	Réduire la contamination du lait	OR - 2,1 (prévalence dans le lait)	(Sanaa <i>et al.</i> 1993)
#4. Logement, soins aux animaux (phase d'élevage)	Bovins	Propreté des animaux	Améliorer le paillage	Réduire la contamination du lait	OR – 5,8 (prévalence dans le lait)	(Sanaa <i>et al.</i> 1993)
#4. Logement, soins aux animaux (phase d'élevage)	Bovins	Gestion des fumiers	Stockage des fumiers à l'extérieur	Limiter la circulation	OR – 6,1 (prévalence dans le lait)	(Antognoli <i>et al.</i> 2009)
#4. Logement, soins aux animaux (phase d'élevage)	Bovins	Taille du troupeau	Cloisonner les animaux	Limiter la circulation	OR – 5,1 (prévalence dans le lait augmentée pour les troupeaux de plus de 500 bovins au regard de ceux de moins de 100 bovins)	(Antognoli <i>et al.</i> 2009)
#5 Alimentation / abreuvement	Bovins	Nettoyage peu fréquent des auges d'alimentation La pratique des refus d'alimentation	Nettoyage correct et fréquent des auges Ne pas proposer aux bovins les refus d'aliments	Limiter la circulation et la persistance dans l'environnement		(Hassan, Mohammed et McDonough 2001)
#5 Alimentation / abreuvement	Bovins Ovins	Propreté des abreuvoirs	Maintenir les abreuvoirs propres	Limiter la persistance dans l'environnement Limiter la circulation		(Fox <i>et al.</i> 2009; Papić <i>et al.</i> 2019; Dreyer <i>et al.</i> 2015)
#6. Logement, soins aux animaux (phase de production)	Bovins	Etat de propreté des animaux	Bonne qualité de la litière utilisée (éviter d'utiliser des litières humides) Renouvellement plus fréquent de la litière	Réduire la contamination du lait Limiter la persistance dans l'environnement		(Bradley <i>et al.</i> 2018; Giacometti <i>et al.</i> 2012; Murinda <i>et al.</i> 2004)
#6 .Logement, soins aux animaux (phase de production)	Bovins	Présence de nuisibles	Empêcher l'accès des oiseaux aux silos pour le stockage des céréales. Établir un plan de lutte contre les rongeurs dans les fermes	Limiter la circulation et la persistance dans l'environnement		(Fenlon 1985; Murinda <i>et al.</i> 2004; Schoder <i>et al.</i> 2011)

Intrant / étape / sous-produit	Espèce animale	Facteur de risque	Que peut-on faire ?	Quelle finalité de la mesure maîtrise ?	Quantification de la mesure de maîtrise	Référence bibliographique
#7. Traite	Bovins	Hygiène de la salle de traite	Réduire la contamination du lait	Réduire la contamination du lait	OR – 4,9	(Sanaa et al., 1993)
#7. Traite	Bovins	Eclairage de la salle de traite	Bon éclairage de la salle de traite (moins bonne détection des souillures)	Réduire la contamination du lait	OR – 4,5	(Sanaa et al., 1993)
#7. Traite	Bovins	Hygiène des trayons	Utilisation de lavettes individuelles	Réduction de la contamination du lait	OR – 2,20	(Sanaa et al., 1993)
#7. Traite	Bovins	Hygiène des trayons	Désinfection des lavettes entre deux traites	Réduction de la contamination du lait	OR – 2,1	(Sanaa et al., 1993)
#7. Traite	Bovins	Système de traite	Utilisation d'une trayeuse automatique	Réduire la contamination du lait	OR – 3,9	(Antognoli et al., 2009)
#7. Traite	Bovins	Contamination fécale du pis et des trayons	Nettoyage des trayons (lavettes individuelles, pré-trempage et essuyage, lingettes, ...)	Réduire la contamination du lait	Effet protecteur du nettoyage des trayons (OR = 0,26)	(Hassan, Mohammed et McDonough 2001)
#7. Traite	Bovins	Animaux atteints de mammites	Examen de la sécrétion lactée	Réduire la contamination du lait	OR = 0,4 (Effet protecteur de l'examen du lait)	(Hassan, Mohammed et McDonough 2001)
#7. Traite	Bovins Petits ruminants	Mauvaise hygiène du banc de travail, du collecteur de lait, des tapis de décrochage, des supports de gobelet trayeur, des gobelets à lait et d'autres parties du système de traite.	Bon plan d'hygiène des installations de traite Renouveler régulièrement les composants en caoutchouc. Assurer la maintenance correcte du matériel	Réduire la contamination du lait	non	(Castro <i>et al.</i> 2018; Schoder <i>et al.</i> 2011)
#8. Stockage du lait	Bovins Ovins Caprins	Perte de maîtrise de la température du lait pendant son stockage et son transport	Assurer un refroidissement rapide et maintien à des températures basses (<6°C)	Réduire la contamination du lait	Quantifiable à l'aide des modèles de microbiologie prévisionnelle	(EFSA Panel on Biological Hazards 2015; Albert, Pouillot et Denis 2005)
#10 Qualité des eaux	Bovins Ovins	Accès des animaux à des points d'eau non maîtrisés Points d'eau contaminés par les effluents	Établir des zones de protection le long des cours d'eau de surface, à l'intérieur des exploitations Éliminer, stocker et gérer correctement les déjections et le fumier d'animaux frais, afin d'éviter les contaminations des eaux de surfaces Effectuer une analyse de routine de l'eau, afin d'avoir un meilleur contrôle	Limiter la persistance dans l'environnement Limiter la circulation		(Fox <i>et al.</i> 2009; Papić <i>et al.</i> 2019; Dreyer <i>et al.</i> 2015)

Intrant / étape / sous-produit	Espèce animale	Facteur de risque	Que peut-on faire ?	Quelle finalité de la mesure maîtrise ?	Quantification de la mesure de maîtrise	Référence bibliographique
			de la qualité de l'eau Etablir des plans d'assainissement de l'eau dans les exploitations			

Tableau A6.4. Mesures applicables dans les exploitations agricoles pour la maîtrise des EHEC

Compartiment	Espèce animale	Danger	Facteur de risque	Que peut-on faire ?	Quelle finalité de la mesure maîtrise ? (	Quantification de la mesure de maîtrise	Référence bibliographique
#2 Animaux	bovins	E. coli EHEC Top5	Prévalences différentes entre les catégories de bovins et les périodes de l'année	Connaître les prévalences chez les bovins et être attentifs au niveau de l'évolution dans le temps de ces prévalences		Données	(Bibbal et al., 2015)
#2 Animaux	bovins	EHEC	Présence d'animaux super-excréteurs (« super-shedders »)	Dépister les forts excréteurs	Limiter la persistance		(Stein et al. 2017)
#2 Animaux	bovins	EHEC	Facteurs de risques associés à la super-excrétion : stress	Faire attention aux conditions de manipulation des animaux	Limiter l'excrétion		(Chase-Topping et al. 2007)
#2 Animaux	ovins	EHEC	Facteurs de risques associés à la super-excrétion : stress	Faire attention aux conditions de manipulation des animaux	Limiter l'excrétion		(Ogden et al. 2005)
#3 alimentation / abreuvement (phase d'élevage)	bovins	E. coli O157	Diminution de l'excrétion chez les veaux (lactoreplaceurs diminuent le pH au niveau de la caillette)	Maintenir le plus longtemps possible une alimentation, chez le veau, à base de lactoreplaceurs	réduire l'excrétion		(Cobbaut et al., 2009)
#3 alimentation / abreuvement (phase d'élevage)	bovins	E. coli O157	Mauvaise conduite d'ensilage d'enrubanage	Respecter les bonnes pratiques d'ensilage/enrubanage	Limiter la circulation		(Anses 2020b)
#4 alimentation / abreuvement (phase d'élevage)	Bovins (jeunes 3-18 mois)	STEC O157	Gestion des aires de couchage et répartition des animaux dans des groupes fixes	Prévoir une aire de couchage sèche et propre. Ne pas mélanger les animaux (ni introduire de nouveaux animaux).	Limiter la circulation et la persistance dans l'environnement	Réduction du nombre d'échantillons fécaux positifs de 48,5% sur 4,5 mois	(Ellis-Iversen et al. 2008)
#5 alimentation / abreuvement (phase de production)	bovins	EHEC	Alimentation riche en céréales est un facteur de risque	Passage à une alimentation riche en foin	limiter l'excrétion	non	(FAO 2011)
#5 alimentation / abreuvement (phase de production)	bovins	E. coli O157	Forte excrétion chez les bovins	Utilisation d'un probiotique (Non autorisé en Europe)	limiter l'excrétion	Efficacité à mieux évaluer	(Wisener et al. 2014; FAO 2011)
#5 alimentation / abreuvement (phase de production)	bovins	E. coli O157	Forte excrétion chez les bovins	Utilisation d'un probiotique (Lactobacillus acidophilus (NP51) et Propionibacterium freudenreichii (NP24))	Non autorisé en Europe	74%	Stephens et al. 2007
#5 alimentation / abreuvement (phase de production)	bovins	EHEC	Une alimentation plus riche en foin peut diminuer l'excrétion des EHEC (passage	Effet controversé de l'alimentation	limiter l'excrétion		(Adam & Brülisauer, 2010)

Compartiment	Espèce animale	Danger	Facteur de risque	Que peut-on faire ?	Quelle finalité de la mesure maîtrise ? (	Quantification de la mesure de maîtrise	Référence bibliographique
			d'une alimentation composée de céréales à une alimentation basée sur du foin)				
#5 alimentation / abreuvement (phase de production) #10. Qualité de l'eau	bovins	EHEC	Abreuvoirs	Ajout de chlore	Limiter la persistance	Pas d'effet sur la prévalence	(LeJeune <i>et al.</i> 2001)
#5 alimentation / abreuvement (phase de production)	bovins	EHEC	Manque d'eau	Quantité d'eau dans les abreuvoirs	Limiter la persistance	Diminution prévalence O 157	(Beauvais <i>et al.</i> 2018)
#5 alimentation / abreuvement (phase de production)	bovins	EHEC	E coli O157 peut survivre dans les sédiments présents dans les abreuvoirs (possibilité de contamination pendant plusieurs mois)	nettoyage et inspection des abreuvoirs et des systèmes d'adduction d'eau	Limiter la persistance		(LeJeune, Besser et Hancock 2001; Adam et Brülisauer 2010)
#5 alimentation / abreuvement (phase de production)	bovins	VTEC O157	Abreuvoirs peuvent être une source de contamination dans un élevage	Vidange et nettoyage des abreuvoirs réguliers	limiter la persistance	non	(Adam et Brülisauer 2010)
#5 alimentation / abreuvement (phase de production)	Caprins	EHEC top5	Litière = type de prélèvement à la ferme le plus souvent positif. Conditions physico-chimiques des litières propices à la multiplication des EHEC.	Pédichiffonnettes au niveau des litières pour évaluer la pression de contamination d'un élevage. Maîtrise de la qualité des litières.	Réduire la contamination des animaux (et de leurs mamelles)		Rapport Stecamont, 2019
#5 alimentation / abreuvement (phase de production)	bovins	EHEC	Contamination de l'environnement en exploitation	nettoyage / hygiène de l'exploitation	limiter la persistance		(Polifroni <i>et al.</i> 2012; Fremaux <i>et al.</i> 2006)
#6.logement, soins aux animaux (phase de production)	bovins	VTEC O157	Les aires de couchage peuvent être une source de contamination dans un élevage	Prévoir une aire de couchage sèche et propre	limiter la persistance		(Adam & Brülisauer, 2010)
#7. Traite	bovins	STEC	Animaux avec mammites cliniques ou subcliniques	Examen des trayons, du lait Suivi des concentrations en cellules somatiques	Réduire la contamination du lait	Importance relative faible au regard de la contamination fécale	(Ramond 2015; Angoujard 2015)
#7. Traite	Plusieurs	STEC	Contamination des trayons	Nettoyage de la peau des trayons	réduire la contamination du lait au moment de la traite		(EFSA Panel on Biological Hazards 2015)
#8. Stockage du lait	Caprins	EHEC top5	Filtres à lait plus souvent positifs que le lait	Analyse des filtres à lait	Détection des élevages livrant du lait contaminé		Rapport Stecamont, 2019

Compartiment	Espèce animale	Danger	Facteur de risque	Que peut-on faire ?	Quelle finalité de la mesure maîtrise ? (	Quantification de la mesure de maîtrise	Référence bibliographique
#8. Stockage du lait	Bovins	STEC	Filtres à lait plus souvent positifs que le lait	Analyse des filtres à lait	Détection des élevages livrant du lait contaminé		(Lambertini <i>et al.</i> 2015)
#9 Gestion des effluents	Bovins	EHEC	Les EHEC peuvent persister plus de 7 semaines dans les effluents	Gérer les effluents : éviter les écoulements de fumier vers les aliments et attention lors des épandages en prairies	Limiter l'introduction		(Adam et Brülisauer 2010)
#9 Gestion des effluents	Bovins	STEC	STEC dans les effluents d'abattoirs		Limiter l'introduction		(Bibbal <i>et al.</i> 2018; Um <i>et al.</i> 2016)
#9 Gestion des effluents		EHEC0157	Présence possible dans les boues d'épuration	Eviter l'introduction de ces boues dans les prairies ou les champs destinés à la récolte fourragère	Limiter l'introduction		(Um <i>et al.</i> 2016)