Gestion des litières paillées en élevage caprin : un levier de maîtrise face au risque STEC en filière lait cru

LE CHENADEC H. (1), MINIER M. (1), MASSELIN-SILVIN S. (1), BOYER C. (1), CHAIX M. (1), DE CREMOUX R. (1), DEGABRIEL P. (3), FORRAY L. (5), LAITHIER C. (1), MORGE S. (4), POMMARET A. (2), PRADIER A. (2), RAYNAUD S. (1), ROUSSEL P. (1), SICURANI L. (5), ULRICH P. (2), YVOREL QUINCARD C. (3)
(1) Institut de l'élevage, Agrapole, 23, rue Jean Baldassini, 69364 LYON CEDEX 07
(2) Ferme expérimentale caprine du Pradel, 950 chemin du Pradel, 07170 Mirabel
(3) AGRIAL, 1 Rue Albert Fié, 26400 Crest
(4) Chambre d'Agriculture de l'Ardèche, 4 Av. de l'Europe Unie, 07000 Privas
(5) Fromagerie de la Drôme, 6 La Condamine, 26400 Aouste-sur-Sye

RESUME - Lors de certains épisodes de contamination par les STEC HP (*Escherichia coli* producteurs de shigatoxine hautement pathogène) en élevages caprins, l'entretien de la litière est apparu comme un levier essentiel de maîtrise. Cette étude avait pour objectif d'identifier des pratiques préventives favorisant le contrôle du risque de contamination fécale, puis d'objectiver en conditions expérimentales l'impact de deux pratiques identifiées : la quantité de paille et la fréquence de paillage. Pour cela, une méthodologie de caractérisation des litières caprines a été développée, permettant sur un cycle complet d'accumulation d'estimer la contamination fécale en surface et d'approcher les paramètres physico-chimiques de la litière. Les résultats ont montré une forte variabilité de la contamination fécale en surface des litières entre les différentes semaines d'accumulation, et aucun lien n'a pu être mis en évidence entre la quantité d'*E. coli* et les paramètres de la litière, notamment la température. Des pratiques en lien avec la contamination fécale des litières ont pu être mises en avant, telles que la densité de chèvre sur l'aire paillée, la fréquence de paillage ou encore la quantité de paille. Une augmentation progressive de la température de la litière avec sa durée d'accumulation a été observée, ainsi qu'un échauffement de la litière en cas de paillage trop abondant. Enfin, un paillage quotidien permet de limiter la contamination en *E. coli* (- 0,66 log) par rapport à un paillage de 3 fois par semaine. Ces résultats confortent les études sur les litières bovines, mais l'absence d'indicateur mesurable comme la température pour approcher le risque de contamination fécale fait défaut. Cependant, l'analyse de l'impact des pratiques de gestion de la litière en lien avec la contamination fécale conforte les messages sur les bonnes pratiques d'entretien, dont l'objectif est une litière propre et sèche.

Straw litter management in dairy goat cattle: a lever of control to face STEC risk in raw milk production

LE CHENADEC H. (1), MINIER M. (1), MASSELIN-SILVIN S. (1), BOYER C. (1), CHAIX M. (1), DE CREMOUX R. (1), DEGABRIEL P. (3), FORRAY L. (5), LAITHIER C. (1), MORGE S. (4), POMMARET A. (2), PRADIER A. (2), RAYNAUD S. (1), ROUSSEL P. (1), SICURANI L. (5), ULRICH P. (2), YVOREL QUINCARD C. (3)
(1) Institut de l'élevage, Agrapole, 23, rue Jean Baldassini, 69364 LYON CEDEX 07

SUMMARY - During certain episodes of STEC HP (Shiga-toxin *Escherichia coli*) contamination in goat farms, litter management appeared to be an essential control lever. The objective of this study was to identify preventive practices to face the risk of fecal contamination, and then to objectivize under experimental conditions the impact of two identified practices: straw quantity and mulching frequency. For this, a methodology to characterize goat litter was developed, allowing the estimate of fecal contamination on the surface, and approaching the physico-chemical parameters of goat litter over a full accumulation cycle. The results showed a strong variability of fecal contamination on the surface of the litter between the different weeks of accumulation, and no link could be found between the quantity of *E. coli* and the parameters of the litter, including temperature. Practices related to fecal contamination were identified, such as goat density, frequency of mulching and amount of straw. A progressive increase of the litter temperature with the duration of accumulation was observed, as well as a heating of the litter in case of abundant mulching. Finally, daily mulching reduced *E. coli* contamination (- 0.66 log) compared to mulching 3 times per week. These results support the studies on cattle litter, but the lack of a measurable indicator such as temperature to approach the risk of fecal contamination is lacking. However, analysis of the impact of litter management practices in relation to fecal contamination supports messages about good litter management practices, leading to a clean and dry litter.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, les STEC HP, pouvant être responsables de graves pathologies chez l'Homme, menacent les filières au lait cru. D'origine fécale, ces bactéries appartenant à la famille des *Escherichia coli* (*E. coli)*, présentes dans le tube digestif des ruminants, peuvent se trouver accidentellement dans le lait via une contamination par les déjections des animaux, et potentiellement dans les produits laitiers non pasteurisés. Cette problématique préoccupe les acteurs de la filière, notamment caprine, qui sont en attente de leviers d'action concrets pour faire face à une contamination du lait. Le projet MaLiSTEC (Mamelle-Litière-STEC) a ainsi proposé d'étudier comment limiter le passage des STEC HP du tube digestif au lait, à deux niveaux, la litière et les trayons, par le suivi des *E. coli*, indicateur de contamination fécale. Les études menées ont mis en évidence que **l'entretien de la litière est un levier essentiel de maîtrise, ce que les suivis en élevages caprins confrontés aux STEC ont confirmé** (Raynaud *et al.*, 2022). Il était alors nécessaire de mieux connaître les caractéristiques des litières caprines, d'identifier des pratiques préventives favorisant le contrôle du risque de contamination fécale, et d'objectiver l'impact de ces pratiques en conditions expérimentales.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. CARACTERISATION DES LITIERES CAPRINES

1.1.1 Choix des exploitations enquêtées

Un questionnaire en ligne a permis de sélectionner 25 élevages caprins de la région Auvergne-Rhône-Alpes (AuRA), représentant des pratiques diversifiées d'entretien des litières paillées : fréquences de curage et de paillage, quantité de paille introduite, utilisation ou non de produits (larvicide, asséchant, désinfectant) après le paillage et/ou le curage, etc. Les caractéristiques des élevages et les pratiques pouvant avoir un impact sur la litière ont été détaillées lors des visites dans chacun des 25 élevages grâce à un second questionnaire. Les données récoltées, toutes qualitatives, ont fait l'objet d'une analyse descriptive (tris à plat et diagrammes circulaires à l'aide du logiciel Microsoft Excel®, version 2019) afin de caractériser l'échantillon.

1.1.2. Suivi des litières paillées sur un cycle complet d'accumulation

Pendant un cycle complet d'accumulation, de mi-mai à fin octobre 2020, des prélèvements et mesures au niveau de la litière ont été réalisés juste avant le paillage, à raison de trois à six suivis au maximum par élevage. La fréquence des suivis a été adaptée afin d'optimiser le nombre de semaines en commun pour les 25 élevages, sur des durées d'accumulation allant de 3 à 17 semaines (tableau 1). Ces suivis ont permis de récolter les données quantitatives suivantes : température et hygrométrie (à l'extérieur du bâtiment et à l'intérieur du bâtiment à 30 cm au-dessus de la litière) ; température de la litière (à 3,5 et 10 cm de profondeur) ; pH et matière sèche de la litière en surface ; dénombrement d'*E. coli* estimé par deux méthodes (pédichiffonnettes et prélèvement de litière avec broyat).

Les données de suivi ont fait l'objet d'une analyse descriptive (logiciel R®, version 3.5.3) avec pour objectif d'observer l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des litières au fil des semaines d'accumulation. Pour toutes les analyses, les paramètres bactériologiques (dénombrement d'*E. coli*) ont été convertis au préalable en logarithme base 10. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée sur les paramètres bactériologiques des litières (dénombrement d'*E. coli* par pédichiffonnette et par prélèvement), avec les données des semaines d'accumulation 1, 2, 3, 6 et dernière semaine avant curage (pouvant varier selon les élevages). Les pratiques d'élevage et les paramètres physico-chimiques des litières correspondent aux variables illustratives. Les résultats montrant que le nombre d'*E. coli* obtenu par pédichiffonnette est indépendant de celui prélevé par prélèvement, deux nouvelles ACP ont été réalisées : l'une sur les dénombrements d'*E. coli* obtenus par pédichiffonnette, l'autre sur ceux obtenus par prélèvement de litière et broyat. Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a été réalisée à la suite de chacune des deux ACP, permettant d'obtenir deux typologies classant les élevages selon le niveau de contamination bactériologique de leur litière. Les différentes classes d'élevage obtenues ont été caractérisées par les moyennes de toutes les variables, actives comme illustratives. Ces moyennes ont ensuite été comparées aux moyennes globales de l'échantillon grâce à un test de Student (seuil de signification $p < 0,1$). Plus l'écart entre la moyenne de la classe et la moyenne globale est élevé, plus la variable est caractéristique de la classe en question.

1.2. EVALUATION DE L'IMPACT DE PRATIQUES D'ENTRETIEN DES LITIERES EN STATION EXPERIMENTALE

À la suite du travail mené en 2020 sur les 25 élevages de la région AuRA, deux pratiques ont été sélectionnées par le comité de pilotage du projet, la quantité de paille et la fréquence de paillage, afin de mener des essais comparatifs à la ferme expérimentale du Pradel. Le plan expérimental mis en place est décrit dans le tableau 2. Deux lots de 48 chèvres ont été conduits sur deux aires paillées similaires (surface, nombre d'abreuvoirs et nature du sol), pendant trois périodes (P1, P2 et P3) d'accumulation de litière de 10 semaines, de mars à septembre 2021. La mise en lot a été effectuée, à chaque période, sur des critères connus, à savoir le stade physiologique, le poids, la parité et l'âge. Pour chaque période, tous les animaux ont eu un régime alimentaire similaire, avec le cas échéant lors des phases de pâturage, alternance de chaque lot sur les parcelles. Un lot a constitué le témoin de l'expérimentation et l'autre a permis de tester les deux changements de pratiques différentes sur les périodes successives. La comparaison s'est effectuée sur un cycle d'accumulation entre 2 curages, par rapport au lot témoin à la même période. Le suivi des litières a été effectué chaque semaine avant paillage, avec différentes mesures et prélèvements au niveau des litières : température et hygrométrie (à l'extérieur du bâtiment, à l'intérieur du bâtiment à 30 cm de la litière) ; température de la litière (à 3,5 cm de profondeur) ; dénombrement d'*E. coli* estimé par deux méthodes (pédichiffonnettes et prélèvement de litière avec broyat). En raison d'un problème sanitaire sur le troupeau nécessitant d'avancer la date du curage, la 3ème période a été écourtée à 6 semaines. Afin d'exploiter les données quantitatives, deux jeux de données ont alors été utilisés pour réaliser les analyses statistiques descriptives et analyses de la variance : jeu de données A : périodes P1, P2 et P3 et 6 semaines d'accumulation de litière ; jeu de données B : périodes P1 et P2 et 10 semaines d'accumulation de litière.

N° de la semaine d'accumulation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	17
Nombre d'élevages	25	25	25	4	4	20	10	5	8	4	3	1

Tableau 1 Nombre d'élevages par semaine d'accumulation

A titre d'exemple, tous les élevages (25) ont bénéficié d'un suivi les semaines 1, 2 et 3 ; un seul élevage pour la semaine 17.

		Période 1 (P1) Durée : 10 semaines	**Période 2 (P2)** Durée : 10 semaines	**Période 3 (P3)** Durée : 6 semaines
Lot Témoin	Fréquence de paillage	3 fois/semaine	3 fois/semaine	3 fois/semaine
	Quantité de paille par chèvre par semaine	5 kg/chèvre/semaine	5 kg/chèvre/semaine	5 kg/chèvre/semaine
Lot Expérimental	Fréquence de paillage	3 fois/semaine	1 fois/jour	1 fois/jour
	Quantité de paille par chèvre par semaine	7 kg/chèvre/semaine	5 kg/chèvre/semaine	7 kg/chèvre/semaine

Tableau 2 Plan expérimental des essais comparatifs sur les trois périodes

2. RESULTATS

2.1. CARACTERISATION DES LITIERES CAPRINES EN REGION AUVERGNE-RHONE-ALPES

2.1.1. Des pratiques de gestion des litières diversifiées

Après la phase de suivi des litières en 2020, les données qualitatives ont permis de caractériser l'échantillon des 25 élevages et de montrer la diversité au niveau des pratiques de gestion des litières (tableau 3). Les quantités de paille apportée par paillage variaient de 0,1 à 2,8 kg/m², et les quantités après curage de 0,7 à 5,6 kg/m². Sur les aires paillées suivies, la surface par chèvre variait de 1,2 à 3,8 m²/chèvre, avec une moyenne de 1,9 m²/chèvre.

Fréquence de paillage	Effectifs	Fréquence de curage	Effectifs
1 à 2 fois par jour	6	3 à 5 semaines	6
Tous les 2 jours	9	6 à 7 semaines	8
Tous les 3 jours	5	8 à 9 semaines	7
Tous les 5 à 7 jours	5	10 à 17 semaines	4

Tableau 3 Nombre d'exploitation (effectifs) par modalité pour la fréquence de paillage et de curage

2.1.2. Contamination en *E. coli* et paramètres physico-chimiques des litières régionales

L'analyse descriptive des données quantitatives a mis en évidence une forte variabilité de la contamination en *E. coli* des litières des 25 élevages régionaux. Aucun lien n'a pu être mis en évidence entre la contamination en *E. coli* des litières (pour les deux méthodes de prélèvement) et la température (figure 1), les autres paramètres physico-chimiques relevés en 2020 (matière sèche, pH), ni avec les paramètres d'ambiance (température et hygrométrie au niveau de la litière et à l'extérieur du bâtiment). Les résultats de caractérisation physico-chimique des litières ont permis pour la suite de l'étude de simplifier le protocole. Ainsi les mesures de pH et les analyses du taux de matière sèche en surface de la litière ne sont pas reconduites en 2021. La température de la litière à 10 cm de profondeur étant fortement corrélée à celle à 3,5 cm, seule cette dernière est conservée.

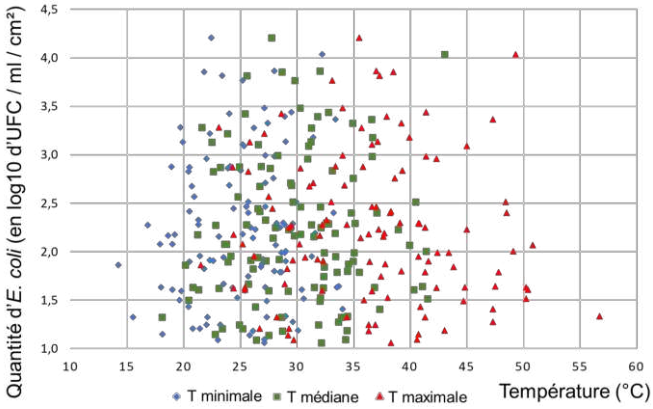

Figure 1 Quantité d'*E. coli* en fonction de la température (minimale, médiane et maximale) à 3,5 cm de profondeur

2.1.3. Pratiques en lien avec la contamination en *E. coli* des litières

Les typologies issues des CAH classant les élevages selon le niveau de contamination bactériologique de leur litière (d'après les deux méthodes de prélèvement) ont permis de dégager des pratiques apparaissant à risque - *pratiques chez des groupes d'élevages avec des contaminations en* E. coli *plus élevées que la moyenne* - et des pratiques permettant a priori de limiter le risque de contamination fécale - *pratiques chez des groupes d'élevages avec des contaminations en* E. coli *moins élevées que la moyenne*. À l'aide de ces résultats (tableau 4), le comité de pilotage du projet a sélectionné deux pratiques, la quantité de paille et la fréquence de paillage, afin de mener des essais comparatifs à la ferme expérimentale du Pradel. Ce choix résulte d'un compromis entre les résultats, les attentes des acteurs de la filière caprine et la faisabilité du dispositif expérimental, à la fois technique et analytique.

2.2. RESULTATS EN CONDITIONS EXPERIMENTALES

2.2.1. Température et hygrométrie d'ambiance

À la suite de l'essai comparatif de 2021, il a été montré que les températures mesurées à l'extérieur du bâtiment suivent la même évolution que celles à l'intérieur du bâtiment au niveau de l'aire paillée (coefficient de corrélation $r^2>0,8$). Il en est de même pour l'hygrométrie. Nous parlons alors de température et d'hygrométrie d'ambiance. Les trois périodes sont difficilement caractérisées par l'hygrométrie, les variations intra-période de cette variable étant plus importantes qu'entre les périodes. Concernant les températures d'ambiance, la P1 peut être décrite comme plutôt printanière, tandis que les P2 et P3, qui sont similaires, sont plutôt estivales. L'analyse de la variance vient conforter cette descriptive : la température au niveau de l'aire paillée est en moyenne significativement plus élevée (test de Student $p < 0,05$) de respectivement 8,5 °C et 8,4 °C pour les P2 et P3 par rapport à la P1.

2.2.2. Température de la litière

Pour les trois périodes, on observe une augmentation progressive de la température de la litière avec la durée d'accumulation (figure 2). L'analyse de la variance vient conforter ces observations : le facteur semaine, correspondant à la durée d'accumulation, est significatif (test de Student $p < 0,05$), et les différences de températures de la litière entre deux semaines sont significatives principalement en début de période d'accumulation. La tendance est donc à l'augmentation de la température de la litière sur l'ensemble de la période d'accumulation (figure 2). On observe également que 1/ la température de la litière du lot expérimental est supérieure à celle du lot témoin pour la P1 et P3 (ce qui correspond à la quantité de paille de 7 kg/chèvre/semaine) et 2/ la température de la litière du lot expérimental est comparable à celle du lot témoin pour la P2 (ce qui correspond à la quantité de paille de 5 kg/chèvre/semaine). L'analyse de la variance montre en effet de façon significative qu'un **paillage plus abondant entraine une augmentation de la température de la litière**. Ainsi les températures de litière mesurées au niveau des abreuvoirs étaient plus élevées de 3,6 °C en moyenne lorsque la quantité de paille apportée par paillage était la plus importante (7 kg par chèvre et par semaine contre 5 kg).

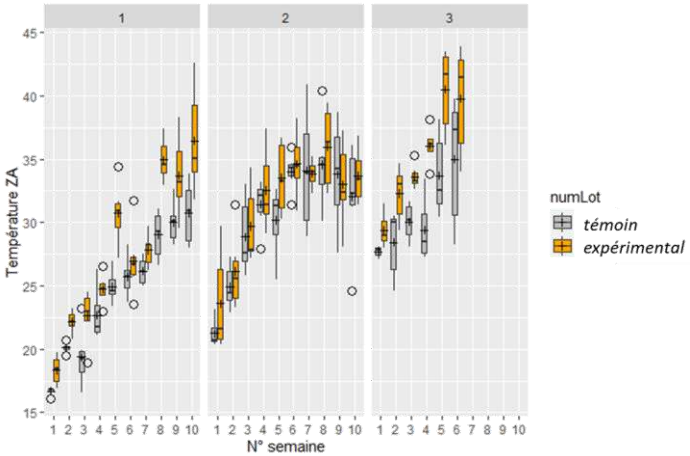

Figure 2 Évolution des températures de la litière (en °C) durant les 3 périodes d'accumulation, au niveau des abreuvoirs

2.2.3. Dénombrement d'*E. coli*

Tout comme les résultats obtenus en 2020 (*cf. 2.1.2.*), l'essai mené en 2021 n'a pas permis de mettre en évidence de lien entre les températures et hygrométries au niveau de la litière et la contamination en *E. coli* (corrélation variant de 0,15 à 0,51), pour les deux méthodes de prélèvement. Les variations du nombre d'*E. coli* intra-périodes sont plus importantes qu'entre les périodes 1, 2 et 3.

L'impact des pratiques testées (fréquence et quantité de paille) sur la contamination en *E. coli* n'a pas pu être démontré de façon significative avec le jeu de données A (*cf. 1.2.*) : la variation entre les différentes semaines d'accumulation est plus importante que l'écart entre lot témoin et lot expérimental. Cependant, on observe tout de même en tendance que la contamination en *E. coli* est moins élevée (de l'ordre de 0,1 à 0,3 log selon les zones de la litière et la méthode de prélèvement) avec une fréquence de paillage d'une fois par jour. La 2ème analyse réalisée (jeu de données B) a cette fois permis de montrer de façon significative l'impact de la fréquence de paillage sur la contamination en *E. coli* (estimée par pédichiffonnette). Ainsi

un paillage quotidien permet de limiter la contamination en *E. coli* (- 0,66 log par rapport à un paillage de 3 fois par semaine, tableau 5). Toutefois cette 2ème analyse ne permet pas de tester l'interaction quantité de paille avec fréquence de paillage (en ne travaillant que sur P1 et P2, on ne teste pas la combinaison 7kg/chèvre/semaine, 1 fois/jour).

Pratiques apparaissant « à risque »	Pratiques permettant potentiellement de limiter la contamination
- **Moins de surface par chèvre** (<1,93 m²/chèvre *) - **Fréquence de paillage supérieure ou égale à 3 jours** - Pas de sortie libre ou sortie à la journée des chèvres ** - Quantité de paille par paillage plus élevée (>0,92 kg/m² *)	- **Fréquence de paillage inférieure ou égale à 2 jours** - **Sortie libre des chèvres** ** - Quantité de paille plus élevée au curage (>2,5 kg/m² *) - Utilisation d'un produit au curage - Sous-sol en terre battue

Tableau 4 Pratiques ayant un impact significatif sur la contamination en *E. coli* des litières. **En gras** les pratiques ressorties dans la caractérisation des groupes issus des deux CAH (deux méthodes de prélèvement : pédichiffonnette et prélèvement)

** moyenne des 25 élevages caprins ** Sortie libre : les chèvres sortent librement 24 h sur 24 sur une aire d'exercice. Sortie à la journée / Sortie à la demi-journée : sortie une demi-journée au pâturage et/ou sur une aire d'exercice.*

Fréquence de paillage	Estimation	Écart-type	ddl	Intervalle de confiance 95 %	
1 fois / jour	3,51	0,18	20	3,14	3,89
3 fois / semaine	4,17	0,11	20	3,94	4,40

Tableau 5 Moyennes ajustées de la contamination en *E. coli* (log) par fréquence de paillage

3. DISCUSSION

Plusieurs résultats de cette étude sont en accord avec les éléments de littérature en litière bovine. Le niveau de contamination en surface de la litière caprine avec un paillage quotidien est inférieur à celui obtenu avec un paillage de 3 fois par semaine (- 0,66 log10/g). Pour les litières bovines, Ménard *et al.* ont également montré qu'un paillage plus régulier (biquotidien contre quotidien) permettait de diminuer la contamination en surface de la litière, un écart de 0,5 log10/g minimum étant proposé. Des études similaires (Ménard *et al.*, 2001, 2003) ont également montré que la température augmente avec le stade d'accumulation de la litière en bovin, ainsi qu'en cas de paillage plus abondant, ce qui est confirmé pour les litières caprines avec notre étude. Cependant, aucun lien entre la température de la litière caprine et le nombre d'*E. coli* n'a pu être mis en évidence, ni avec aucun autre paramètre physico-chimique de la litière (pH, matière sèche). L'optimum de croissance de cette bactérie (35 à 40 °C) a pourtant bien été atteint à plusieurs reprises à différents endroits des litières, en particulier en fin de période d'accumulation. Cette observation laisse supposer que d'autres facteurs influencent la quantité d'*E. coli* en surface, notamment les pratiques d'élevage avec, pour notre étude, la fréquence de paillage dont l'impact est significatif. D'autres pratiques à risque vis-à-vis de la contamination fécale ont également été mis en évidence, comme une forte densité des chèvres sur la litière. La température de la litière est pourtant un indicateur fréquemment utilisé en litière bovine, afin d'optimiser les apports de paille et pour rechercher la durée d'accumulation optimum entre 2 curages. Bien qu'aucune étude n'ait encore statué de seuil pour les litières caprines, la température est parfois utilisée comme indicateur de déclenchement du curage. D'autres paramètres doivent cependant intervenir dans la décision de curer : humidité, hauteur de la litière, approche de période particulière (période chaude, mise-bas), etc. Les résultats de dénombrements en *E. coli* ne sont pas corrélés entre les deux méthodes de prélèvement, une différence importante étant que la méthode de prélèvements de litière inclus des prélèvements de fèces et de paille, ce qui n'est pas le cas des pédichiffonnettes. Concernant ces dernières, leur utilisation s'est avérée bien adaptée pour échantillonner les litières des petits ruminants dans l'étude STECAMONT (Raynaud *et al.*, 2018). Bien qu'elles soient davantage utilisées pour évaluer la présence ou l'absence d'un pathogène, et non pour effectuer des dénombrements, elles sont faciles à mettre en œuvre en élevage et sont plus représentatives de la zone en contact direct avec la mamelle des chèvres, et donc du risque de contamination fécale. D'après Raynaud *et al.*, elles permettraient d'ailleurs d'approcher davantage le risque STEC HP, ces derniers étant plus fréquemment retrouvé à partir des pédichiffonnettes que des fèces des animaux.

CONCLUSION

Les résultats de ces essais ont montré qu'un paillage quotidien permet de limiter la contamination en *E. coli,* mais le lien supposé entre les paramètres de la litière (température, pH, matière sèche) et la quantité d'*E. coli* n'a pas pu être démontré. Une augmentation progressive de la température de la litière avec sa durée d'accumulation a été observée, ainsi qu'un échauffement de la litière lors de paillage trop abondant, ce qui est en accord avec les observations sur les litières bovines. Si pour les éleveurs caprins, l'identification d'un indicateur tel que la température pour approcher le risque de contamination fécale peut faire défaut, le lien entre les pratiques d'entretien de la litière et la contamination fécale en surface renforce les messages techniques sur les bonnes pratiques d'entretien des litières, à savoir une litière propre et sèche.

Le projet MaLiSTEC (2020-2021) a bénéficié du soutien financier de la région AuRA et de l'ANICAP. Nous remercions les éleveurs caprins ayant participé à cette étude en 2020, ainsi que l'ensemble des techniciennes ayant effectué les suivis, et la ferme expérimentale du Pradel, pour la bonne mise en œuvre de ce projet.

Collectif Idele, 2022. Projet CASTEC. Maîtrise des Escherichia coli productrices de shiga-toxines (STEC) en élevage caprin. 6 pages.

Ménard J.L, Roussel P., Masselin-Silvin S., Puthod R., Hetreau T., Foret A., Houssin B., Aracil C.,Le Guenic M., 2004. Renc. Rech. Ruminants, 11 : 333-336

Raynaud S., Ganet S., Michel V., Brugère H., Auvray F., Bergonier D., Forray L., Brasseur F., Bourreau P., Roussel P., Bailly C., Le Barillec K., Chaucheyras-Durand F., Picant P., Sergentet D., 2005. Renc. Rech. Ruminants, 24 : 408-411