

Contamination bactérienne d'une litière de stabulation libre paillée : effet de la fréquence de paillage et proposition d'une méthode pour son évaluation

J.L. MENARD (1), P. ROUSSEL (1), S. MASSELIN-SILVIN (2), R. PUTHOD (3), T. HETREAU (3), A. FORET (4), B. HOUSSIN (4), C. ARACIL (5), M. LE GUENIC (6)

(1) Institut de l'Elevage, Maison de l'Agriculture, 9 rue André Brouard, BP 70510, 49105 Angers Cedex 02

(2) ACTA Informatique, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

(3) Centre d'Elevage "Lucien Biset", Route d'Ecole, 74330 Poisy

(4) Ferme expérimentale de la Blanche Maison, Maison de l'Agriculture, Avenue de Paris, 50009 Saint Lô Cedex

(5) Groupement de Défense Sanitaire, La Quantinière, 49800 Trélazé

(6) EDE du Morbihan, BP 77, 56002 Vannes Cedex

RESUME - Afin d'apprécier l'effet de deux fréquences de paillage sur la contamination bactérienne de la litière, un essai a été mené en condition expérimentale dans deux troupeaux laitiers. En l'absence d'informations antérieures, les données acquises devaient aussi permettre de proposer une approche *a priori* de la puissance dans la problématique d'évaluation de la contamination de deux litières. L'étude montre que le niveau de contamination en surface de la litière avec un paillage bi-quotidien est faiblement inférieur à celui obtenu avec un paillage une fois par jour (- 0,5 log₁₀ / g pour *E. coli* et - 0,3 log₁₀ / g pour les streptocoques fécaux). Il est donc intéressant de pailler deux fois par jour afin de réduire la durée d'exposition des trayons après la traite à de fortes contaminations à la surface des litières. L'analyse statistique a permis de proposer une méthode d'évaluation originale de la contamination bactériologique des litières : écarts décelables entre traitements de 0,5 log₁₀, nombre optimal de répétitions, avec un risque α et β égaux à 5 %, variable selon le type de bactérie (6 répétitions pour les streptocoques fécaux et 13 répétitions pour *E. coli*).

Bacterial contamination of bedding of straw yards in loose housing : Effect of straw supply frequency and proposition of method for its evaluation

J.L. MENARD (1), P. ROUSSEL, S. MASSELIN-SILVIN, R. PUTHOD, T. HETREAU, A. FORET, B. HOUSSIN, C. ARACIL, M. LE GUENIC

(1) Institut de l'Elevage, Maison de l'agriculture, 9 rue André Brouard, BP 70510, 49105 ANGERS Cedex 02

SUMMARY - An experiment was led on two experimental dairy farms to compare the effect of one or two daily straw supplies on the bacterial contamination level of bedding. Given the absence of preliminary data, this experiment aimed also at providing elements for the *a priori* assessment of statistical power when comparing two types of bedding. The results show that with a twice-a-day straw supply, the contamination level of the top of the bedding is a little lower than with a once-a-day supply (- 0.5 log₁₀ / g for *E. coli* and - 0.3 log₁₀ / g for faecal streptococcus). It is interesting to bring straw twice-a-day to decrease the teat exposition period after milking to high contamination on the top of the bedding. Moreover, a statistical analysis permitted to propose an original method to evaluate the contamination of bedding : significant differences between treatments = 0.5 log₁₀, optimal number of trials with α and β risks = 5 % in accordance with the type of bacteria (6 trials for faecal streptococcus and 13 trials for *E. coli*).

INTRODUCTION

Malgré des améliorations importantes réalisées sur l'hygiène globale, en particulier du logement des animaux, la pathologie mammaire clinique est jugée élevée et en augmentation (Seegers *et al.*, 1997). Face à cette situation, il est important de préciser qu'un des principaux facteurs de risque des mammites "d'environnement" correspond au niveau de contamination des litières lié au développement des bactéries coliformes (*E. coli*, *Klebsiella*...) et de certains streptocoques (*Streptococcus uberis* et streptocoques fécaux) (Serieys, 1985).

Des études ont été publiées sur la contamination des litières afin de comparer différents matériaux (paille, sciure, copeaux, sable, papier...) (Fairchild *et al.*, 1982 ; Rendos *et al.*, 1975 ; Zehner *et al.*, 1986), ou d'évaluer des produits de traitement (Hogan *et al.*, 1999 ; Sevi *et al.*, 1999).

A partir des éléments méthodologiques de ces publications et de nos travaux préliminaires, un essai a été mené en condition expérimentale dans deux troupeaux, à la ferme expérimentale de la Blanche-Maison à Pont-Hébert "site50" et au Centre d'élevage Lucien Biset à Poisy "site 74". Les objectifs étaient :

- d'apprécier l'effet de deux fréquences de paillage sur le niveau de contamination en surface de la litière,

- de mettre au point une méthode d'évaluation de la contamination bactériologique d'une litière sur une aire paillée qui pourra être utilisée à l'avenir pour évaluer d'autres pratiques en optimisant le nombre de répétitions pour obtenir avec un nombre d'analyses optimal afin d'en maîtriser les coûts.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ESSAI EXPERIMENTAL SUR DEUX SITES

L'essai a été mené pour comparer deux fréquences de paillage avec un apport en une ou deux fois par jour de la même quantité de paille quotidienne. Sur le site 50, deux lots de 10 vaches ont été constitués équivalents sur le niveau de production, le stade et le numéro de lactation, le poids des animaux et la propreté visuelle initiale. Pour le site 74, la constitution de lots homogènes n'était matériellement pas possible. Pour équilibrer les effectifs de vaches, un fil électrique a été mis en place après la traite entre les deux aires paillées séparées physiquement par l'aire d'attente de la salle de traite. Le tableau 1 précise les conditions de couchage des vaches dans les deux sites.

L'essai a été conduit lors de trois accumulations de litière de 5 semaines : une sur le site 50 et deux sur le site 74.

La contamination en surface de la litière a été évaluée pour chaque fréquence de paillage et à deux stades d'accumulation de la litière (14 jours et 28 jours) à partir de deux prélèvements composites par aire paillée, deux échantillons par prélèvement composite et deux analyses par échantillon. Les deux prélèvements composites ont été réalisés avant le paillage, en l'absence des animaux, conjointement en utilisant deux sacs, avec un quadrillage de la litière pour obtenir 30 points de collecte de litière en surface, répartis sur l'aire paillée (trois localisations à 1 m 50 du bord de l'aire paillée, au milieu de l'aire paillée et au fond à 1 m 50 du mur, avec 10 points de prélèvement par localisation) et en choisissant chaque point sans bouse pour prendre deux petites poignées côte à côte de brins de paille.

Deux échantillons ont été réalisés après un mélange de chaque prélèvement composite dans un bac et un remplissage progressif à 10 reprises de chaque sac.

Les écarts de contamination obtenus entre des doubles de prélèvements, d'échantillons et d'analyses ont été évalués afin d'optimiser le plan d'échantillonnage et le nombre d'analyses. L'excrétion fécale a été évaluée à partir d'un échantillon réalisé sur un mélange d'au moins 15 bouses "fraîches". La contamination de la paille a été évaluée à partir d'un prélèvement composite après paillage.

Les dénombrements de *E. coli* et des streptocoques fécaux ont été réalisés par le laboratoire de l'Institut de l'Elevage à Villers-Bocage. Le dénombrement des streptocoques fécaux a été réalisé en deux étapes : dénombrement sur milieu *m-Enterococcus agar* et confirmation sur milieu bile-esculine-azide. Celui de *E. coli* a été fait avec la méthode normalisée NF V08-053.

La température de la litière a été mesurée avant paillage, en surface avec un thermomètre infrarouge et à 10 cm de profondeur avec un thermomètre à sonde.

L'état de propreté de chaque animal a été apprécié à cinq reprises (une fois par semaine) uniquement sur le site 50 où les animaux ont été mis en lot. La notation a été réalisée sur les cuisses et la mamelle, à partir d'une échelle en 1/2 points de 0 (absence de souillures) à 2 (zone totalement souillée) proposée par Faye et Barnouin de l'INRA (1985).

Tableau 1 : conditions d'essai selon le site expérimental

	Site 50	Site 74
Quantité de paille quotidienne	1,1 kg / m ²	1,6 kg / m ²
Quantité de paille après curage	2,2 kg / m ²	3,2 kg / m ²
Surface d'aire paillée par VL	6,5 m ²	5,7 m ²
Nombre de vaches par lot	10	35

1.2. TRAITEMENT DES DONNEES

Dans le cas de cette étude, l'unité d'interprétation statistique est la litière dans sa globalité. Le traitement des données est donc basé sur 3 unités statistiques correspondant aux trois accumulations de litière.

Les analyses de variance sur les données de contamination bactérienne ont été réalisées avec la procédure MIXED de SAS. Les données de dénombrements bactériens ont été transformées au préalable en logarithme décimal (log10).

1.2.1. Modèle d'analyse et définition d'une méthode d'évaluation

La méthode doit être définie par un nombre de répétitions à mettre en place (n), un nombre de stade d'accumulation de la litière à contrôler (m) et un nombre d'analyses par litière (r = nombre de prélèvements x échantillons x analyses). Le

dépouillement a été réalisé à partir des données de l'essai avec un plan expérimental équilibré où n, m et r ont été fixés à titre exploratoire et respectivement à 3 répétitions, 2 stades d'accumulation et 8 analyses par litière (2 prélèvements composites x 2 échantillons par prélèvements x 2 analyses par échantillon). Le modèle défini ci-après ne comporte pas de covariables. La variance du contraste "Traitement" est ainsi plus simple à exprimer. Par ailleurs, on se place dans la situation la plus défavorable, en fournissant une borne supérieure de la variance du contraste et une puissance minimale. Equation du modèle :

$$y_{inmr} = \mu + \alpha_i + E_n + \alpha E_{in} + \theta_m + \theta E_{nm} + \alpha \theta_{im} + \varepsilon_{inmr}$$

α_i : effet traitement (i = 1 à 2)

E_n : effet répétition (n = 1 à 3)

θ_m : effet stade d'accumulation (m = 1 à 2)

r : nombre de résultats par litière (2 prélèvements x 2 échantillons x 2 analyses, soit k = 1 à 8)

Ce modèle a été utilisé pour faire le calcul du nombre de répétitions pour obtenir une puissance suffisante et de l'écart entre traitements pouvant être mis en évidence.

1.2.2. Essai concernant la fréquence de paillage

Le modèle défini précédemment a été utilisé pour tester l'effet du traitement "un paillage par jour" vs "deux paillages par jour". Il était possible de tester l'ajout au modèle de quatre covariables disponibles : contaminations des bouses et de la paille, températures de la litière en surface et à 10 centimètres.

2. RESULTATS

2.1. EFFET DE LA FREQUENCE DE PAILLAGE

2.1.1. Moyennes des variables et effet des covariables

Le tableau 2 présente les résultats bruts par site des variables et covariables quantitatives intégrées au modèle. La contamination des bouses est systématiquement inférieure à celle de la litière après utilisation (de l'ordre de 0,5 à 1,5 log10 / g). Par contre, la contamination de la litière après utilisation est très supérieure à celle de la paille (de l'ordre de 4 à 5 log10 / g). Ces résultats montrent l'importance du développement bactérien en surface d'une litière. La relation entre la contamination des bouses et celle de la litière est soit non significative pour *E.coli* (non retenu dans le modèle) soit significative mais négative pour les streptocoques fécaux (tableau 3).

Tableau 2 : valeur moyenne (écart-type) des contaminations des différentes sources et des températures de litière par site

		Site 50	Site 74
Cont. par <i>E.coli</i> (1)	- paille	2,73 (0,70)	1,00 (0,11)
	- bouses	5,68 (0,33)	5,42 (0,29)
	- litière	6,60 (0,20)	5,78 (0,58)
Cont. par Str. fécaux (1)	- paille	3,91 (0,48)	2,90 (0,47)
	- bouses	6,12 (0,18)	6,38 (0,47)
	- litière	7,81 (0,26)	7,65 (0,40)
Température (°C) - litière en surface		12,6 (2,7)	16,6 (4,2)
	- à 10 cm	31,6 (3,1)	36,3 (5,2)

(1) en log10 / g

Tableau 3 : effets des covariables sur la contamination de la litière

	Pente (1)	Test stat.
Covariables du modèle <i>E. coli</i>		
- Température en surface de la litière	+ 0,19	p = 0,02
- Température de la litière à 10 cm	- 0,30	p < 0,0001
Covariables du modèle Str. fécaux		
- Contamination des bouses	- 0,20	p = 0,01
- Température de la litière à 10 cm	- 0,10	p < 0,0001

(1) pente de la relation entre la covariable et la contamination de la litière

2.1.2. Effet sur la contamination de la litière par *E. coli*

Le "meilleur" modèle pour *E. coli* a retenu les deux covariables concernant la température. Les résultats présentés dans le tableau 4 montrent que le niveau de contamination par *E. coli* en surface de la litière est équivalent entre les deux fréquences de paillage. Bien que non significatif, l'écart de contamination entre les deux fréquences de paillage est évalué à 0,47 log₁₀ / g et est voisin aux deux stades d'accumulation. Le rapport du nombre d'*E. coli* par gramme de litière est donc évalué à 3 entre les deux fréquences de paillage (1,94 x 10⁶ pour la paillage quotidien et 0,66 x 10⁶ pour la paillage bi-quotidien).

Tableau 4 : contamination par *E. coli* (log₁₀ / g) selon les deux fréquences de paillage et le stade d'accumulation

Fréquence de paillage	Ensemble des données	Stade d'accumulation	
		2 semaines	4 semaines
1 fois / jour (T1)	6,29 ^a	6,18 ^a	6,39 ^a
2 fois / jour (T2)	5,82 ^a	5,67 ^a	5,97 ^a
Ecart T1-T2	0,47	0,51	0,42
(écart-type)	(0,36)	(0,40)	(0,40)

Différence significative (p<0,05) si lettre différente en colonne.

2.1.3. Effet sur la contamination de la litière par les streptocoques fécaux

Le "meilleur" modèle pour les streptocoques fécaux a retenu la contamination des bouses et la température à 10 cm. La contamination de la litière par les streptocoques fécaux semble peu influencée par la fréquence de paillage ou le stade d'accumulation (tableau 5). Bien que non significatif, l'écart de contamination entre les deux fréquences de paillage est évalué à 0,31 log₁₀ / g, soit un rapport des dénombrements de 2, en faveur du paillage bi-quotidien (35,5 x 10⁶ contre 72,1 x 10⁶).

Tableau 5 : contamination par les streptocoques fécaux (log₁₀ / g) selon les deux fréquences de paillage et le stade d'accumulation

Fréquence de paillage	Ensemble des données	Stade d'accumulation	
		2 semaines	4 semaines
1 fois / jour (T1)	7,86 ^a	7,76 ^a	7,95 ^a
2 fois / jour (T2)	7,55 ^a	7,54 ^a	7,56 ^a
Ecart T1-T2	0,31	0,22	0,40
(écart-type)	(0,22)	(0,23)	(0,22)

Différence significative (p<0,05) si lettre différente en colonne

2.1.4. Effet sur la propreté des animaux

L'état de propreté des animaux a tendance à être moins bon avec un paillage par jour, en particulier au niveau de la mamelle (tableau 6). Cependant, ces résultats ont été obtenus sur un faible effectif et sur une courte période. Il semble important de considérer aussi les observations réalisées par les personnes qui travaillent avec les animaux : - Sur le "site 50", les personnes chargées de la traite ont observé une amélioration de la propreté des trayons sur le lot bénéficiant d'un paillage bi-quotidien. Cet effet entre les deux lots d'animaux était visuellement appréciable sur l'état des lavettes après le nettoyage des trayons.

- Sur le "site 74", le paillage deux fois par jour est pratiqué depuis plusieurs années pour des raisons liées à la propreté des trayons et à la maîtrise de la qualité du lait et de la prévention sanitaire. La mise en place de l'essai pendant deux mois a dégradé globalement la propreté des mamelles et a eu pour conséquence d'augmenter le temps de nettoyage des trayons avant la traite. Dès la fin de l'essai, le paillage bi-quotidien a été remis en place pour retrouver une propreté homogène des animaux.

Tableau 6 : propreté des animaux et fréquence de paillage

Fréquence de paillage	Note de propreté (sur 2)	
	mamelle	cuisse
1 fois / jour (T1)	0,25	1,45
2 fois / jour (T2)	0,15	1,35
Test statistique	P = 0,09	P = 0,47

2.2. METHODE D'EVALUATION DE LA CONTAMINATION D'UNE LITIERE

2.2.1. Plan d'échantillonnage et d'analyses

Le tableau 7 présente les écarts moyens de contamination obtenus entre les prélèvements composites, les échantillons et les analyses. Il ne semble pas utile de faire deux analyses par échantillon avec des écarts de l'ordre de 0,10 log₁₀ en moyenne. Par contre, il est indispensable de maintenir les doubles prélèvements composites et les doubles échantillons à partir d'un prélèvement avec des écarts équivalents de 0,20 à 0,30 log₁₀ en moyenne.

Tableau 7 : écarts moyens de contamination (log₁₀ / g) entre les doubles prélèvements, les doubles échantillons par prélèvement et les doubles analyses par échantillon

	<i>E. coli</i>	Str. fécaux
Doubles prélèvements composites	0,25	0,21
Doubles échantillons	0,29	0,20
Doubles analyses	0,11	0,10

2.2.2. Composantes de la variance

L'analyse des données des trois répétitions avec le modèle retenu a permis d'établir les composantes de variance selon le type de bactérie. Les valeurs qui permettent de calculer le nombre d'essais et les écarts pouvant être mis en évidence entre deux traitements sont très différentes entre les deux types de bactéries (tableau 8). En particulier, l'écart-type de l'effet traitement est trois fois plus élevé pour *E. coli*, par rapport aux streptocoques. Les résultats ne seront donc pas équivalents entre les deux types de bactéries.

Tableau 8 : composantes de variance du modèle défini au § 1.2.1 selon le type de bactérie

Composantes de variance	<i>E. coli</i>	Str. fécaux
Nombre de répétitions (n)	0,174	/
Nb répétitions x stade d'accumulation	/	0,0170
Nb répétitions x traitement	0,0898	0,0244
Résiduelle	0,135	0,0667
Ecart-type de l'effet traitement	0,301	0,108

2.2.3. Ecarts entre traitements et nombre de répétitions

En considérant les composantes de variance (tableau 8) et en assumant un risque $\alpha = 5\%$, un abaque a été établi (tableau 9). Par exemple, avec 3 répétitions (situation de l'essai sur la fréquence de paillage), avec un risque $\alpha = 5\%$ et une puissance de 95 % ($\beta = 5\%$), la différence significative qui pouvait être mise en évidence entre traitements devait être supérieure à 1,85 log₁₀ / g pour *E. coli* et de 0,96 log₁₀ / g pour les streptocoques fécaux. Avec 15 répétitions, on aurait pu mettre en évidence une différence de 0,45 log₁₀ pour *E. coli* et de 0,23 log₁₀ / g pour les streptocoques fécaux.

Tableau 9 : écarts de contamination pouvant être mis en évidence entre deux traitements et nombre de répétitions nécessaires

Nombre de répétitions (n)	Ecarts (log ₁₀ / g) avec $\alpha = 5\%$ et $\beta = 5\%$		Ecarts (log ₁₀ / g) avec $\alpha = 5\%$ et $\beta = 10\%$	
	<i>E. coli</i>	Str. Féc.	<i>E. coli</i>	Str. Féc.
3	1,85	0,96	1,58	0,82
4	1,23	0,64	1,07	0,56
5	0,97	0,51	0,85	0,44
6	0,83	0,43	0,73	0,38
10	0,57	0,30	0,51	0,27
11	0,54	0,28	0,48	0,25
12	0,51	0,27	0,46	0,24
13	0,49	0,25	0,43	0,23
14	0,47	0,24	0,42	0,22
15	0,45	0,23	0,40	0,21
20	0,38	0,20	0,34	0,18

3. DISCUSSION - CONCLUSION

Pour interpréter les résultats d'un essai comparatif de différents traitements sur la contamination bactérienne d'une litière, il serait important de connaître des seuils par type de bactérie au delà desquels le risque sanitaire serait connu. Or, la bibliographie est quasi absente sur le sujet. Il est donc nécessaire d'apprécier la signification biologique des écarts de contamination entre traitements. Nos résultats montrent que des écarts de contamination cumulés entre prélèvements composites, entre échantillons et entre analyses sont de $0,5 \log_{10} / \text{g}$ pour les streptocoques fécaux et de $0,65 \log_{10} / \text{g}$ pour *E. coli* (tableau 8). Nous proposons donc de retenir un écart minimum de $0,5 \log_{10} / \text{g}$ décelable entre deux traitements. Cette valeur est conforme aux études menées sur la nature des litières qui aboutissent à des écarts significatifs supérieurs à $1 \log_{10} / \text{g}$ (Fairchild *et al.*, 1982 ; Hogan *et al.*, 1999). Un écart significatif de contamination par les streptocoques de $0,7 \log_{10} / \text{g}$ a été mis en évidence par Rendos *et al.* (1975) entre des litières à base de sciure ($7,04 \log_{10} / \text{g}$) et celles à base de paille ($7,72 \log_{10} / \text{g}$). Malgré le manque de puissance de l'essai, il a été possible d'estimer l'effet de deux fréquences de paillage sur la contamination en surface de la litière. La contamination de la litière avant un paillage bi-quotidien par rapport à celle obtenue avant un paillage une fois par jour est très faiblement inférieure de l'ordre de $0,5 \log_{10} / \text{g}$ pour *E. coli* et de $0,3 \log_{10} / \text{g}$ pour les streptocoques fécaux. Ces très faibles écarts entre les deux fréquences de paillage, comparés à une contamination de la paille très inférieure à celle de la litière après utilisation (de l'ordre de $4 \log_{10} / \text{g}$ pour les 2 types de bactéries) tendent à montrer que le développement bactérien en surface des litières est rapide dans les 12 premières heures après paillage. En fait, le paillage bi-quotidien est d'autant plus intéressant que l'écart de contamination entre les deux fréquences de paillage est faible. Ainsi, le paillage bi-quotidien permet de limiter la durée d'exposition des trayons à une forte contamination de la litière obtenue 12 heures après un paillage. Cet effet positif du paillage bi-quotidien est d'autant plus intéressant s'il est réalisé avant le retour des animaux de la traite. En effet, le risque de nouvelles infections mammaires en lien avec l'ouverture du sphincter et la pénétrabilité des germes à l'intérieur de la mamelle est plus élevé à la sortie de la traite (Schultze et Bright, 1983).

D'après les observations de terrain, il semble que le passage à un paillage bi-quotidien puisse améliorer la propreté des trayons. La méthode de notation de la propreté des animaux n'était sans doute pas suffisamment sensible pour évaluer l'effet de cette pratique. Des observations à la traite auraient été sans doute plus pertinentes avec par exemple la mesure de la durée de nettoyage des trayons ou la notation de la propreté des lavettes après utilisation. Le paillage bi-quotidien représente aussi des contraintes pratiques : un temps de travail supplémentaire, une nouvelle organisation du travail avec un paillage avant le retour des animaux de la

traite, une mise en place facilitée si l'éleveur utilise plusieurs bottes de paille par jour, ce qui n'est pas toujours le cas. Compte tenu de ces contraintes, la pratique du paillage bi-quotidien doit être recommandée de manière ciblée notamment dans les élevages qui souhaitent améliorer l'hygiène de traite et mieux maîtriser les risques liés au logement des animaux sur la qualité du lait ou la pathologie mammaire d'origine environnementale.

Avec un risque α et β égaux à 5 % et un écart décelable de $0,5 \log_{10} / \text{g}$, le dispositif expérimental doit comprendre un nombre optimal de répétitions de 13 pour *E. coli* et de 6 pour les streptocoques fécaux (tableau 9). Ceci montre l'importance du choix des indicateurs bactériens sur le dispositif expérimental et son coût. Le nombre et la nature des prélèvements de litière ainsi que le nombre de stades d'accumulation sont aussi proposés pour optimiser les coûts expérimentaux. La conduite d'un essai doit être complétée par la mesure d'autres paramètres à intégrer comme covariables dans le modèle d'analyse de la variance : la contamination des bouses et de la paille, la température de la litière, voire les conditions d'ambiance si elles ne sont pas homogènes entre les aires paillées d'une même répétition au sein d'un élevage. L'analyse statistique de l'essai et les éléments de discussion ont permis de proposer une méthode d'évaluation originale de la contamination bactériologique des litières, sous réserve d'être dans des situations de variabilité comparable entre répétitions. Il serait intéressant de mettre en place ce type d'essai sur différents thèmes comme l'efficacité de produits à épandre sur les litières ou la comparaison de différents matériaux de litière. Le coût d'un essai basé sur cette méthode d'évaluation est facile à calculer selon les options choisies et peut être fourni aux partenaires intéressés.

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'ONILAIT, de la région Rhône-Alpes (dans le cadre du PEP Bovins Lait) et du Conseil Régional des Pays de la Loire. Les auteurs remercient le personnel des sites expérimentaux ainsi que Christophe Denoyelle et Valérie Pichon du laboratoire de l'Institut de l'Elevage à Villers-Bocage pour leur appui sur les méthodes et la réalisation des analyses.

Fairchild T.P., McArthur B.J., Moore J.H., Hylton W.E., 1982. J. Dairy Sci. 65, 1029-1035

Hogan J.S., Bogacz V.L., Thompson L.M., Romig S, Schoenberger P.S., Weiss W.P., Smith K.L., 1999. J Dairy Sci. 82, 1690-1695

Rendos J.J., Eberhart R.J., Kesler E.M., 1975. J. Dairy Sci., 58, 1492-1500

Schultze W.D., Bright S.C., 1983. Am. J. Vet. Res., 44, 2373-5

Seegers H., Menard J.L., Fourichon C., 1997. Renc. Rech. Ruminants, 4, 233-242

Serieys F., 1985. Rec. Méd. Vét., 161 (6-7), 519-528

Sevi A., Musico A., Casamassima D., Albenzio M., Fiume G., 1999. Renc. Rech. Ruminants, 6, 320

Zehner M.M., Farnsworth R.J., Appleman R.D., Larntz K., Springer J.A., 1986. J. Dairy Sci. 69, 1932-1941